

Collection

Biología, Química y Ciencias de la Vida TI

OLIVES-MALDONADO, Juan Carlos

Coordinador



ECORFAN-México

Coordinador

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando

Editor en Jefe

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Biología, Química y Ciencias de la Vida

Ninguna parte de este escrito amparado por la Ley de Derechos de Autor, podrá ser reproducida, transmitida o utilizada en cualquier forma o medio, ya sea gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo, pero sin limitarse a lo siguiente: Citas en artículos y comentarios bibliográficos, de compilación de datos periodísticos radiofónicos o electrónicos. Visite nuestro sitio WEB en: www.ecorfan.org

Primera Edición

ISBN: 978-607-8695-11-9

Sello Editorial ECORFAN: 607-8695

Número de Control C: 2019-01

Clasificación C (2019): 160919-0101

A los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, 168, 169, 209, y otra fracción aplicable III de la Ley del Derecho de Autor

Collections

Definición de Collections

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en las Áreas de investigación CONACYT y PRODEP.

ECORFAN-Mexico S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

Alcances, Cobertura y Audiencia

Collections es un Producto editado por ECORFAN-Mexico S.C en su Holding con repositorio en México, es una publicación científica arbitrada e indizada. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de las Área de investigación CONACYT y PRODEP respectivamente con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias. El horizonte editorial de ECORFAN-Mexico® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

NUÑEZ - SELLES, Alberto Julio. PhD
Instituto Central de Análisis de Alimentos Utrecht

ESCAMILLA - GARCÍA, Erandi. PhD
Université de Bourgogne

NAVARRO - FRÓMETA, Amado Enrique. PhD
Instituto de Petróleo y Química Azerbaiján

ARMADO - MATUTE, Arnaldo José. PhD
Universidad de los Andes

RIVERA - BECERRIL, Facundo. PhD
Institut National de la Recherche Agronomique

CHEW - HERNÁNDEZ, Mario Luis. PhD
University of Nottingham

SOTERO - SOLIS, Victor Erasmo. PhD
Universidade de São Paulo

CORNEJO - BRAVO, José Manuel. PhD
University of California

OROPEZA - GUZMÁN, Mercedes Teresita. PhD
National Polytechnique de Toulouse

PINA - LUIS, Georgina Esther. PhD
Universidad de la Habana

CARVAJAL - MILLAN, Elizabeth. PhD
École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier

CRUZ - REYES, Juan. PhD
Instituto de Catálisis y Petroleoquímica

STILIANOVA - STOYTCHEVA, Margarita. PhD
Universidad de Tecnología Química y Metalurgia de Sofia

CASTRO - CECENÑA, Ana Bertha. PhD
University of California

CÓRDOVA - GUERRERO, Iván. PhD
Universidad de la Laguna

MELÉNDEZ - LÓPEZ, Samuel Guillermo. PhD
University of California

FRÍAS - DE LEÓN, María Guadalupe. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

RAMÍREZ - LEAL, Roberto. PhD
Centro de Investigación en Materiales Avanzados

GAMBOA - HERNÁNDEZ, Adriana. PhD
Instituto Tecnológico de Saltillo

HERNANDEZ - HERNANDEZ, Francisca. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

CASTAÑÓN - OLIVARES, Laura Rosio. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

OCHOA - TERÁN, Adrián. PhD
Tecnológico Nacional de México

SANTACRUZ - ORTEGA, Hisila del Carmen. PhD
Instituto Tecnológico de Tijuana

VALDEZ - SALAS, Benjamín. PhD
Universidad Autónoma de Guadalajara

FRONTANA - VAZQUEZ, Carlos Eduardo. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

Comité Arbitral

PALOS - PIZARRO, Isidro. PhD
Centro de Investigación en Química Aplicada

VALDÉS - ORDOÑEZ, Alejandro. PhD
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

HERRERA - PÉREZ, Gabriel. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

RIOS - DONATO, Nely. PhD
Universidad de Guanajuato

ALVARADO - FLORES, Jesús. PhD
Universidad Autónoma de Aguascalientes

DE LEON - FLORES, Aned. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

MARTÍNEZ - HERRERA, Erick Obed. PhD
Universidad Autónoma Metropolitana

DUARTE - ESCALANTE, Esperanza. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

SALAZAR - HERNÁNDEZ, Ma. Mercedes. PhD
Universidad de Guanajuato

GARCÍA - ORTEGA, Héctor. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

RANGEL - VILLALOBOS, Héctor. PhD
Universidad de Guadalajara

QUIROZ - CASTILLO, Jesús Manuel. PhD
Universidad de Sonora

CERTUCHA - BARRAGÁN, María Teresa. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

SUÁREZ - ALVAREZ, Roberto Osvaldo. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

CALVA - BENÍTEZ, Laura Georgina. PhD
Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca

LÓPEZ - MALDONADO, Eduardo Alberto. PhD
Tecnológico Nacional de México

MAGANA - BADILLA, Héctor Alfonso. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

MARTÍNEZ - QUIROZ, Marisela. PhD
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

LÓPEZ - URETA, Luz Cecilia. PhD
Universidad de Guadalajara

DEL VALLE - GRANADOS, José Mario. PhD
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada

HURTADO - AYALA, Lilia Angélica. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

RIVERA - ITURBE, Fernando Felipe. PhD
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

VALDEZ - CASTRO, Ricardo. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

VILLARREAL - GÓMEZ, Luis Jesús. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

COTA - ARRIOLA, Octavio. PhD
Universidad de Sonora

LOUVIER-HERNANDEZ, José. PhD
Instituto Tecnológico de Celaya

BONILLA - BARBOSA, Jaime Raúl. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

LOPEZ - ZAMORA, Leticia. PhD
Instituto de Tecnología de Orizaba

LUNA - ARIAS, Juan Pedro. PhD
Instituto Politécnico Nacional

MENDOZA - CASTILLO, Didilia Ileana. PhD
Instituto Tecnológico de Aguascalientes

RAMÍREZ - JIMÉNEZ, Sandra Ignacia. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

GONZALEZ - HERRERA, Lizbeth. PhD
Universidad Autónoma de Yucatán

BURGOS, Armando. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

MARTINEZ - DUNCKER, Iván. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

GADEA, José Luis. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

GARCIA - BETANCOURT, María Luisa. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

SALDARRIAGA, Hugo. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Morelos

LOPEZ - REVILLA, Rubén. PhD
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica

JIMÉNEZ - MOLEÓN, María Del Carmen. PhD
Universidad Autónoma del Estado de México

MORÁN - MARTÍNEZ, Javier. PhD
Universidad Autónoma de Coahuila

Cesión de Derechos

El envío de una Obra Científica a ECORFAN Collections emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones científicas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Obra Científica.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Obra Científica se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding México considere pertinentes para divulgación y difusión de su Obra Científica cediendo sus Derechos de Obra Científica.

Declaración de Autoría

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación de la Obra Científica y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Autor ID - PubMed Autor ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor de la Obra Científica.

Detección de Plagio

Todas las Obras Científicas serán testeadas por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandará a arbitraje y se rescindirán de la recepción de la Obra Científica notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todas las Obras Científicas se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homologo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del ECORFAN Collections con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de la Obra Científica Modificado para Edición-Publicación.

Biología, Química y Ciencias de la Vida

Biology, Chemistry and Life Sciences

OLIVES-MALDONADO, Juan Carlos

ID 1er Autor: *Juan Carlos, Olives-Maldonado*

Biología, Química y Ciencias de la Vida

El Collection ofrecerá los volúmenes de contribuciones seleccionadas de investigadores que contribuyan a la actividad de difusión científica en sus áreas de investigación en Biología, Química y Ciencias de la Vida. Además de tener una evaluación total, se colabora con calidad y puntualidad en sus capítulos, cada contribución individual fue arbitrada a estándares internacionales (RESEARCH GATE, MENDELEY, GOOGLE SCHOLAR y REDIB), el Collection propone así a la comunidad académica, los informes recientes sobre los nuevos progresos en las áreas más interesantes y prometedoras de investigación en la función de la Universidad ante los retos de la Sociedad del Conocimiento.

Prólogo

En **ECORFAN®** estamos adscritos al **RENIECYT-CONACYT / 1702902** e integrados en el Sistema Nacional de Investigadores –**SNI**- en los Niveles I-II y III en las áreas de Físico Matemáticas y Ciencias de la Tierra -Biología y Química- Medicina y Ciencias de la Salud- Humanidades y Ciencias de la Conducta- Ciencias Sociales- Biotecnología y Ciencias Agropecuarias e Ingenierías , estamos conscientes que para construir la Identidad Digital Científica de Autores en México , debemos incrementar la asignación optima de la producción científica, tecnológica y de innovación para solventar las necesidades del País.

Establecer las instancias y los mecanismos de coordinación con los gobiernos de las entidades federativas, así como de vinculación y participación de la comunidad científica y académica de las instituciones de educación superior, de los sectores público, social y privado para la generación y formulación de políticas de promoción, difusión, desarrollo y aplicación de la ciencia en las áreas prioritarias de México.

Promover el desarrollo, la vinculación y disseminación de la investigación científica que se derive de las actividades de investigación básica y aplicada, el desarrollo tecnológico de calidad y la innovación, asociados a la actualización y mejoramiento de la educación y la expansión de las fronteras del conocimiento apoyándonos en las nuevas tecnologías de la información, de acuerdo al orden de prioridad e indización científica internacional , es por ello que presentamos los resultados de nuestra Gira Nacional en beneplácito de nuestro Décimo Aniversario del capítulo México haciendo ciencia, tecnología e innovación en toda la República Mexicana de forma libre - crítica y gratuita.

*María, Ramos-Escamilla. PhD
CEO-ECORFAN-Mexico*

Contenido

Análisis estructural, propiedades fisicoquímicas y principales aplicaciones de lacasas fúngicas del género <i>Trametes</i>	1
Abstract	2
Introducción	2
Lacasas en el género <i>Trametes</i>	2
Actividad y estructura de las lacasas en el género <i>Trametes</i>	2
Propiedades Fisicoquímicas de las lacasas fúngicas en el género <i>Trametes</i>	4
Catálisis de las lacasas	5
Isoenzimas presentes en <i>Trametes</i>	6
Sustratos que pueden degradar las lacasas del género <i>Trametes</i>	7
Aplicaciones de las lacasas fúngicas del género <i>Trametes</i>	8
Conclusiones	10
Referencias	10
Nanopartículas de Oro como transportadores para el tratamiento y diagnóstico de cáncer	16
Abstract	17
Introducción	17
Propiedades de las NPsAu	18
Las NPsAu como transportadores de fitoquímicos anticancerígenos	18
Las NPsAu como transportadores de fármacos anticancerígenos	19
Las NPsAu como transportadores de biofármacos anticancerígenos	22
NPsAu como transportadores de bifármacos proteicos	23
NPsAu como transportadores de RNA antisentido	23
NPsAu como transportadores de DNAsimas	23
Las NPsAu en los métodos de diagnóstico de tumores	24
Conclusiones	24
Agradecimiento	24
Referencias	24
Efecto de abonos orgánicos en <i>Raphanus sativus</i> en Mexcaltepec, Guerrero, México	28
Resumen	29
Abstract	29
Introducción	29
Materiales y métodos	30
Resultados y discusión	32
Conclusiones	36
Referencias	37
Consumo dendroenergético en la Comunidad de Apantla, Municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero	38
Resumen	39
Abstract	39
Introducción	39
Objetivos	40

Objetivo General.	40
Objetivos Específicos.	40
Marco de referencia	41
Metodología	41
Población	41
Diseño de muestreo	41
Tamaño de la muestra	42
Aplicación de las encuestas	42
Cálculo del volumen de consumo de leña en metros cúbicos	42
Resultados	43
Anexos	45
Agradecimiento	46
Contribución	46
Conclusiones	46
Referencias	46

Capítulo 1 Análisis estructural, propiedades fisicoquímicas y principales aplicaciones de lacasas fúngicas del género *Trametes*

Chapter 1 Structural analysis, physicochemical properties and principal uses of fungal laccases from genus *Trametes*

ANDUCHO-REYES, Miguel Angel†*, HERNÁNDEZ-LÓPEZ, Fanny Gabriela y LÓPEZ-GIL, Carlos Iván

Universidad Politécnica de Pachuca, Departamento de Biotecnología, Hidalgo, México

ID 1^{er} Autor: *Miguel Angel, Anducho-Reyes* / **ORC ID:** 0000-0003-2401-6608, **CVU CONACYT ID:** 89678

ID 1^{er} Coautor: *Fanny Gabriela, Hernández-López* / **ORC ID:** 0000-0001-9550-4129, **CVU CONACYT ID:** 940062

ID 2^{do} Coautor: *Carlos Iván, López-Gil* / **ORC ID:** 0000-0002-0539-5983, **CVU CONACYT ID:** 940116

M. Aducho, F. Hernández y C. López

*anducho@upp.edu.mx

J. Olives. (AA.). Biología, Química y Ciencias de la Vida TI. Collection-©ECORFAN-Mexico, CDMX, 2019

Abstract

Laccase is an extracellular enzyme secreted by white root fungi acting oxidizing phenolic substrates, using a catalyst system involves four copper ions present in the enzyme. Its glycoprotein has a wide range of biotechnological applications, in this way it is so important to highlight some of the main features of laccases from fungi of the genus *Trametes* to compare their properties and help find appropriate use in some different biotechnology industries.

Laccase, Phenols, *Trametes*

Introducción

Las lacasas fúngicas, son enzimas clasificadas numéricamente conforme a la Enzyme Commission como EC 1.10.3.2. Esto indica que se caracterizan por ser proteínas polifenoloxidasas glicosidasas, con cobre en su sitio activo, cuya actividad es oxígeno oxido reductasas (*p*-difeno), debido a que no requieren H₂O₂, pero catalizan la oxidación de *o*- y *p*-difenoles mediante la obtención de un electrón y de un protón desde un hidroxilo fenólico, generando oxígeno molecular, H₂O y radicales fenoxi (Thurston, 1994), radicando su importancia en la degradación de estos compuesto debido a la alta toxicidad que presentan frente a organismos vivos y su impacto negativo ambiental, considerando a los compuestos fenólicos uno de sus principales sustratos.

En el reino fungi, estas glicoproteínas se distribuyen principalmente en los hongos que producen la podredumbre blanca (Kunamneni *et al*, 2007). Se han reportado varias funciones que involucran fenómenos de morfogénesis, interacción hongo fitopatógeno/huésped, defensa contra estrés y en la degradación de la lignina presente en la pared celular de las células de material vegetal muerto (Thurston, 1994). Específicamente las lacasas producidas por el género *Trametes* tienen amplias aplicaciones en la industria de la pulpa y el papel, textil y alimentaria, así como en procesos biotecnológicos de síntesis orgánica, remediación ambiental, farmacéuticos y nanotecnología (Kunamneni *et al*, 2008; Bertrand *et al*, 2013). No obstante, su empleo en estos últimos campos ha sido limitada debido a la falta de proyección comercial (Imran *et al*, 2012; Bertrand *et al*, 2013).

Tomando en cuenta esta limitación, la mayoría de las investigaciones de estas lacasas fúngicas se han enfocado en su estructura y propiedades fisicoquímicas (Shleev *et al*, 2004; Asgher *et al*, 2012; Tong *et al*, 2007), esto con el fin de comprender su funcionamiento en diferentes parámetros y condiciones, para que en un futuro, estas enzimas se puedan implementar en procesos específicos de la industria.

Lacasas en el género *Trametes*

El análisis filogenético de las lacasas basado en el alineamiento de secuencias nucleotídicas y aminoácidas, en los diferentes Reinos, muestran dominios de unión al cobre altamente conservadas, aun cuando el resto de la molécula presenta una amplia variabilidad (Alcalde, 2007). En este contexto, la construcción y la topología de árboles filogenéticos permite mostrar que estas enzimas, son un grupo monofilético (Valderrama *et al*, 2003).

Su alta actividad oxidativa y versatilidad, ha sido demostrada en grupos taxonómicos como los Ascomycetos, Deuteromicetos y Basidiomicetos, particularmente en hongos de podredumbre blanca que están involucrados en la degradación de la lignina, en donde destaca el género *Trametes*, mismo que se considera uno de los principales productores de lacasas y mnp (Stoilova *et al*, 2010; Moldes *et al*, 2012; Pardo y Camarero, 2015). Sus características bioquímicas, estructurales e *in silico* han sido estudiadas en diferentes especies de este género (Shleev *et al*, 2004; Kumar *et al*, 2003; Mot y Silaghi, 2012; Díaz *et al*, 2018) presentando un alto potencial redox (~785 mv), isoenzimas y gran termoestabilidad.

Actividad y estructura de las lacasas en el género *Trametes*

Catalíticamente las lacasas, se caracterizan por contener cuatro átomos de cobre distribuidos en su sitio activo como un cúmulo trinuclear (Schuckel *et al*, 2011). Esta actividad, inicia con la reducción del átomo de cobre tipo 1 (T1) por acción del sustrato reductor.

Los análisis espectrofotométricos, han permitido describir que el átomo cobre T1, es el responsable del intenso color azul de la enzima, con una absorbancia de 605 nm. Posteriormente, el electrón sustraído se transfiere al átomo de cobre tipo 2 (T2) y dos átomos de cobre tipo 3 (T3), lo que promueve la reducción del oxígeno molecular (O_2) (Lyashenko *et al*, 2006). La transferencia de electrones desde el sustrato al sitio del cobre T1, es controlada por una diferencia en el potencial redox, el cual, según se ha mencionado anteriormente es alto en lacasas fúngicas (+800 mv) (Nityanand y Desai, 2006; Thurston, 1994; Brijwani *et al*, 2010).

Pocas investigaciones han sido dedicadas al análisis estructural detallado de las lacasas, entre estas destaca la de Piontek *et al* (2002), quienes demostraron por medio de análisis cristalográfico para una de las isoenzimas purificada de la cepa de *T. Versicolor* (ATCC 20869), que se constituye de un monómero, organizado en tres dominios y con dimensiones de $65 \times 55 \times 45 \text{ \AA}^3$ (Figura 1a). Cada uno, de los tres dominios presentan una arquitectura de estructura β -barril.

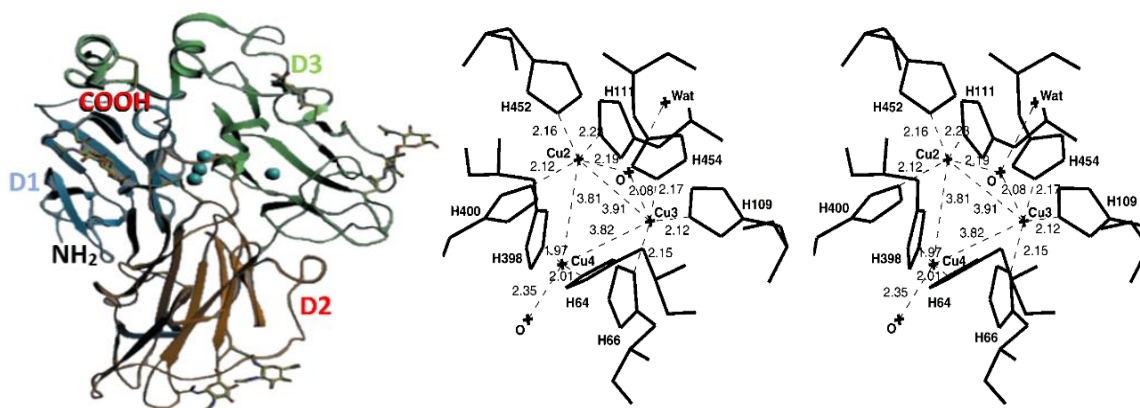
El dominio 1 se conforma por 2 cadenas de 4 hebras de β -hojas complementadas y hélices- 3_{10} . Tres de las hélices 3_{10} están conectadas por péptidos entre las β -hebras, y una está en un segmento entre el dominio 1 y 2. El segundo dominio tiene dos β -hojas, una formada por seis hebras y la otra por 5 hebras. Tres de las helice- 3_{10} están conectando mediante péptidos β -hebras individuales, con los dominios 1 y 3. Una helice- 3_{10} entre los dominios 2 y 3 forman parte de una región bucle extendida de 40 residuos de largo. El dominio 3 consiste en una estructura β -barril formada por 2 de 5 hebras de β -hojas y 1 de 2 hebras de β -hojas que junto con una α -hélice y una β -giro, para formar la cavidad en la cual el cobre T1 está localizado.

El arreglo trinuclear de cobre (T2/T3) esta embebido entre los dominios 1 y 3 (Figura 1b); y básicamente el dominio 3 se caracteriza por mantener un alto contenido de estructuras helicoidales con una 3_{10} -helice y dos α -hélice localizadas en regiones que conectan diferentes β -hojas. Una α -hélice de 13 aminoácidos de longitud en la porción C-terminal es estabilizada por un puente disulfuro en el dominio 1 (Cis85-Cis488), y un segundo puente disulfuro (Cis117-Cis205) conectando los dominios 1 y 2.

Ambos aminoácidos N-terminal y C-terminal estabilizan al resto de la proteína por la formación de puentes de hidrógeno, generando suficiente rigidez. Finalmente, el arreglo trinuclear, localizado entre los dominios 1 y 3, tiene 12 \AA de profundidad, formando un triángulo regular perfecto con distancias promedio de 3.85 \AA (Piontek, 2002).

De igual forma, en el trabajo de Bertrand *et al* (2012), se presenta el análisis estructural cristalográfico de una lacasa aislada y purificada del hongo *Trametes versicolor*, que se presenta como 5 diferentes isoenzimas dependiendo del sitio de glicosilación.

Figura 1a Estructura de *Trametes versicolor*.



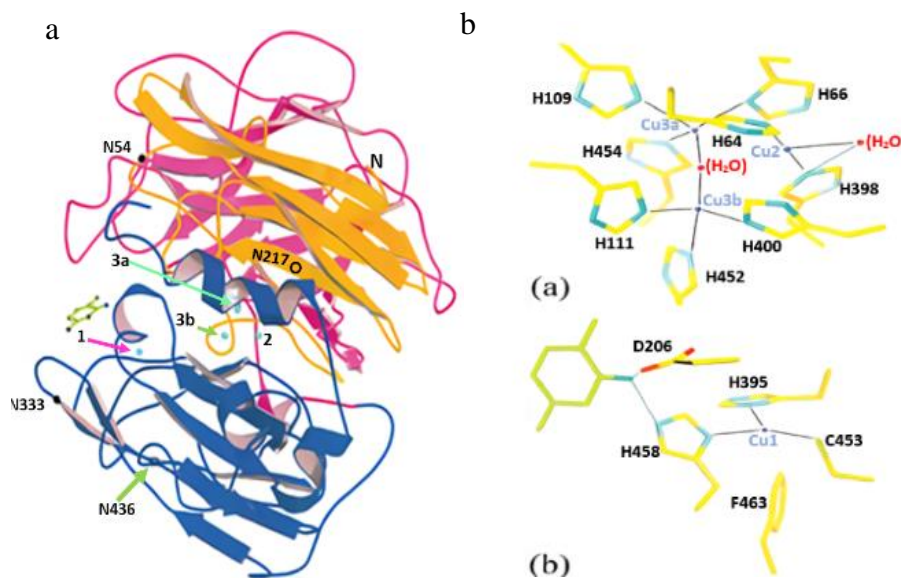
Los dominios se representan en colores diferentes (D1: azul, D2: Anaranjado y D3: verde), los iones de cobre están representados como esferas azules. Figura 1b, vista estereo de los cobres T2 / T3 y su entorno cercano en tv1. Los enlaces están representados por líneas finas y discontinuas. Las longitudes se muestran en \AA . (Tomada de Piontek y col., 2002).

Esta glicoproteína mostró una estructura globular con dimensiones aproximadas de 70 x 50 x 50 Å (Figura 2a), la cual se constituye en mayor proporción estructuras β -barril antiparalelas. Asimismo, este análisis demostró que se conforma de tres dominios tipo cupredoxina, con una distribución de átomos de cobre T1 en el dominio 3 y los cobres T2/T3 en la interfase de los otros dos dominios. El centro trinuclear de cobre (T2/T3) es estabilizado por ocho histidinas, de las cuales, seis coordinan a los cobres T3a (histidinas 66, 109 y 454) y T3b (histidinas 111, 400 y 452). Un átomo de oxígeno, perteneciente a un grupo funcional hidroxilo actúa como puente en la unión equidistante de los átomos de cobre T3a y T3b. El cobre T2 es estabilizado por las histidinas 64 y 398 y una molécula de H₂O a una distancia asimétrica de (2.3 -2.9 Å). La *N*-glicosilación de la molécula se describió como la unión en seis posibles sitios específicos que corresponden a aminoácidos de asparaginas, con una secuencia consenso -Asn-X-Thr- en los sitios 51, 54, 208, 217, 333.

Propiedades Fisicoquímicas de las lacasas fúngicas en el género *Trametes*

La mayoría de las lacasas fúngicas, son glicoproteínas monoméricas con ~520-550 aminoácidos y un peso molecular de 25 a 81 kda en su forma glicosilada (Sleev *et al*, 2004; Bourbonnais *et al*, 1995; Rukmankesh *et al*, 2018; Díaz *et al*, 2018a), con un punto isoeléctrico promedio de 4.0, ph óptimos en el rango de 2.0 a 7.0, y con temperaturas óptimas de actividad que varían desde 50°C hasta 70°C (Baldrian, 2006; Díaz *et al*, 2018b) (Tabla 1). Particularmente se ha sugerido en diferentes trabajos, que la glicosilación le confiere su termoestabilidad, no obstante, también se ha relacionado con fenómenos de secreción, susceptibilidad a la degradación proteolítica y la retención de cobre (Li y Eriksson, 1999).

Figura 2a Pliegue global de lacasa de *T. Versicolor* (laciib)



Las cintas muestran las estructuras secundarias. El dominio 1 es de color amarillo, el dominio 2 es magenta y el dominio 3 es azul oscuro. Los átomos de cobre se indican como esferas cian, y se etiquetan: 1 para el cobre “azul” del sitio T1, 2 para el cobre agotable del sitio T2, 3a y 3b para los cobres acoplados del sitio T3. Los cuatro sitios de glicosilación se indican mediante círculos. Figura 2b. Los sitios de cobre de laciib y su entorno. (a) El sitio trinuclear T2/T3. Las cadenas laterales de histidina involucradas en la unión del cobre (los átomos de cobre son azules) están en barras (los átomos de C son amarillos, los átomos de N son azules). Los átomos de oxígeno involucrados en la coordinación de cobre son rojos. (Tomada de Bertrand *et al*, 2002).

Tabla 1 Propiedades fisicoquímicas de lacasas en diferentes géneros de *Trametes*

Lacasa	Peso molecular (kda)	Pi	Ph óptimo	Contenido de carbohidratos (%)	Iones de Cobre	Vida media	Referencia
<i>T. Ochracea</i> 92-78	64 ± 2	4.7 ± 0.1	3.7 ± 4.9	10 ± 1	4	56	(Shleev <i>et al</i> , 2004)
<i>T. Hirsuta</i> 56	70 ± 2	4.2 ± 0.1	3.5 ± 4.5	12 ± 1	4	65	(Shleev <i>et al</i> , 2004)
<i>T. Versicolor</i> IBL-04	63	-	5	-	4	-	(Asgher <i>et al</i> , 2012)
<i>T. Villosa</i> Laci	63	3.5	5-5.5	14	3.6		(Yaver <i>et al</i> , 1996)
Lacii	63	5-6	5-5.5	14	-	-	
Laciii	63	6-6.5	5-5.5	14	2.2		
<i>T. Sanguinea</i> M85-2	62	3.5	5.0	9.1	3.3	60	(Nishizawa <i>et al</i> , 1995)
<i>Trametes sp.</i> 420 (lace)	62.8	4.6	5-9	-	4	70	(Tong <i>et al</i> , 2007)
<i>Trametes</i> C30 LAC1	63	3.6	4.5-5.0	12	-		(Shleev <i>et al</i> , 2007)
LAC2	65	3.2	5.5-6.0	12		-	
LAC3	65	4.0	5.5-6.0	-			
<i>Trametes sp.</i> Hal Laci	62	3.0	5.0	-	-	<65	(Nakatani <i>et al</i> , 2010)
Lacii	62	5.9	5.0			<55	
<i>T. Troggi</i> 201	70	3.6	3.0-3.5	12	4	-	(Garzillo <i>et al</i> , 1998)
<i>T. Troggi</i> B6J Laci	62	4.3	2.5-3	-	4	50°C (24h)	(Zovari <i>et al</i> , 2006)
Lacii	62	4.5	2.5-3		4	50°C (24h)	
<i>T. Troggi</i> BAFC 463 Laci	60	-	3.4	-	4	30°C	(Zovari <i>et al</i> , 2006)
Lac2	38				4	(5d)	
<i>T. Pubescens</i> MB 89 Lacasa II (LAP2)	65	2.6	3-4.5	18	4	-	(Galhaup <i>et al</i> , 2002)
<i>T. Pubescens</i> (Schumach) VSB 923-2 Lc1	067	5.3	4.0-4.5	13	3.9	-	(Nikitina <i>et al</i> , 2005)
Lc2	67	5.1	4.0-4.5	13	3.8		
<i>Trametes gallica</i> Lac I	60	3.1	6-9	3.6	3.9	-	(Dong y Zhang, 2004)
Lac II	60	3.0	4-9	4	3.9		

Catálisis de las lacasas

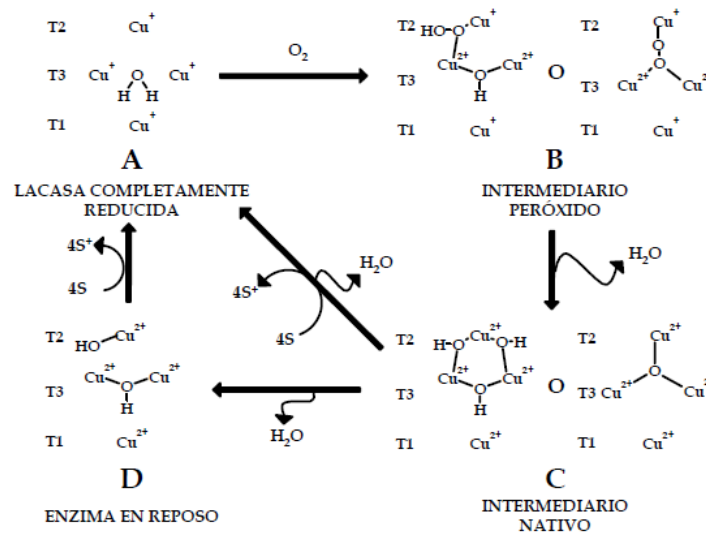
En general, estas glicoproteínas llevan a cabo un ciclo catalítico de oxido-reducción mediante un mecanismo *ping-pong* (Petersen y Degn, 1978; Stines *et al*, 2017), es decir, los iones cobre transfieren los electrones desde un sustrato reductor hasta una molécula de oxígeno. Para ello, se realizan cuatro oxidaciones del sustrato, las cuales se producen en el centro de cobre T1 (Solomon y Machokin, 1996; Xu, 1996). El ión cobre T1, posteriormente transfiere los electrones hasta el centro trinuclear de cobre T2/T3, donde se realiza la reducción del O₂ a H₂O (mcguirl y Dooley, 1999). Una vez reducido completamente el arreglo trinuclear T2/T3 con el oxígeno, se da lugar a un intermediario tipo peróxido: es decir, dónde el ion de cobre T2 y uno de los iones de cobre T3 están unidos mediante un enlace hidroperóxido.

El intermediario se activará para llevar a cabo una reducción adicional, dando lugar a otro intermediario tipo nativo donde los dos iones de cobre anteriores estarán unidos mediante un producto tipo *-oxo* o tipo hidroxilo. Así, el intermediario nativo se relajaría lentamente dando lugar a la enzima en estado de reposo, o bien, serían rápidamente reducidos por el sustrato (Figura 3).

Isoenzimas presentes en *Trametes*

Las lacasas han sido aisladas y purificadas a partir de varias especies y géneros de hongos. Sin embargo, es importante mencionar que estas pueden ser secretadas en múltiples isoformas con diferentes características fisicoquímicas y catalíticas (Moldes *et al*, 2004). Lo que lleva a deducir que la producción de isoenzimas y su proporción depende de la composición del medio de cultivo y las condiciones operacionales empleadas (Heinzkill *et al*, 1998; Moldes *et al*, 2004; Klonowska *et al*, 2001).

Figura 3 Ciclo catalítico de la lacasa. Tomada de Solomon y col., 2001



Los análisis filogenéticos y genéticos han demostrado que las isoenzimas pueden ser expresadas por el mismo gen o en diferentes genes dentro del genoma (Archibald *et al*, 1997; Castanera *et al*, 2012; Bertrand *et al*, 2013). En el género *Trametes* se han logrado identificar varias de ellas; Preussler *et al*, (2009) reportaron tres isoformas de lacasas en *T. Versicolor*, mientras que, Kilaru *et al*, (2006), lograron identificar 5 diferentes mRNAs codificantes a isoformas de lacasas para *Trametes villosa*. En este contexto, se puede concluir que el número de genes e isoenzimas expresadas difiere por especie y si la enzima está siendo inducida o no.

Asimismo, se ha observado que, en diferentes sustratos, las isoformas pueden comportarse fisicoquímicamente de distinta manera con respecto a su estabilidad, pH óptimo, temperatura y afinidad (Tabla 2). El empleo de herramientas de ingeniería genética como la expresión heteróloga, la cual presenta la ventaja de manipular y crecer microorganismos modelo bajo condiciones controladas, ha sido empleada en *T. Versicolor*, hongo típico de la podredumbre blanca con excelente rendimiento para la producción de isoenzimas lacasas, permitiendo que la isoenzima lcca se logre clonar y sobreexpresar en *P. Pastoris* X33 (Bertrand *et al*, 2013). Otro aspecto importante es el estudio en la expresión, la regulación y las regiones promotoras de genes.

Por ejemplo, existen trabajos de investigación que han logrado identificar y regular las funciones de activadores y represores bajo condiciones fisiológicas muy específicas que permiten la regulación de la expresión de genes de lacasas, tal es el caso de *T. Pubescens*, en donde la región promotora de la isoenzima LAP 2, la cual se extiende 1420 pb “agua arriba” del codón de inicio ATG, mostró ser modulada por respuesta a elementos metálicos (MRE), secuencias consenso crea (relacionadas con el metabolismo del carbón) y elementos de choque térmico (HSE) (Piscitelli *et al* 2011; Bertrand *et al*, 2013).

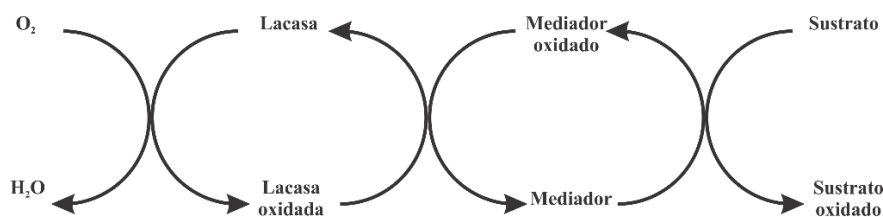
Tabla 2 Isoenzimas de lacasas en diferentes géneros de *Trametes*

Organismo	Isoenzimas	Comentarios	Referencia
<i>Trametes versicolor</i> CBS100.29	Lac I Lacii	En presencia de metales produce dos isoenzimas	(Lorenzo y Sanromán, 2004)
<i>Trametes pubescens</i> MB 89	LAP1 LAP2	Altas concentraciones de cobre	(Galhaup <i>et al</i> , 2002)
<i>T. Pubescens</i> (Schumach) VSB 923-2	Lc1 Lc2	-	(Nikitina <i>et al</i> , 2005)
<i>T. Troggi</i> B6J	Laci Lacii	Presencia de Sulfato de cobre (cuso ₄) como inductor	(Zouari <i>et al</i> , 2006)
<i>T. Troggi</i> BAFC 463	Laci Lac2	Presencia de cuso ₄ como inductor	(Levin <i>et al</i> , 2002)
<i>Trametes gallica</i>	Lac I Lac II	En presencia de Triptófano y Glucosa	(Dong y Zhang, 2004)
<i>Trametes</i> C30	LAC1 LAC2 LAC3	-	(Shleev <i>et al</i> , 2007)
<i>Trametes sp.</i> Ha1	Laci Lacii	Inducción de Lac II con p-xilidina	(Nakatani <i>et al</i> , 2010)
<i>Trametes sp.</i> AH28-2	Laca Lacb Lacc	O-toluidina induce la expresión de laca, 3,5-dihiroxitolueno estimula la producción de lacb y bajas concentraciones de Cu ²⁺ induce laca y lacc	(Xiao <i>et al</i> , 2006)
<i>T. Villosa</i>	Laci Lacii Laciii	Presencia de cuso ₄	(Yaver <i>et al</i> , 1996)

Sustratos que pueden degradar las lacasas del género *Trametes*

El potencial de las lacasas fúngicas es empleado para transformar numerosos sustratos, como los polifenoles, poliaminas, o-, p-difenoles, aminofenoles, aril-diaminas y ferrocianidas (Camarero *et al*, 2005; Xu, 1996; Gorbacheva *et al*, 2009), mediante una reacción de oxidación monoelectrónica, eliminando un electrón y un protón del grupo hidroxilo para generar radicales.

No obstante, también se ha descrito que un sistema de un complejo lacasas-mediador, es capaz de oxidar componentes no fenólicos. En estos complejos, un mediador se considera a una molécula pequeña que actúa como lanzadera de electrones. Una vez que el mediador es oxidado por la enzima, se genera un intermediario oxidante, este se difunde lejos del surco enzimático y oxida cualquier sustrato, que debido a su tamaño o conformación entra directamente en el sitio activo (Kunamneni *et al*, 2007). Por esta razón, el mediador oxidado se basa en un mecanismo de sustracción de electrones que no puede realizar la enzima por sí sola, extendiendo así la variedad de sustratos (Figura 4). Se han descrito más de 100 compuestos mediadores, siendo los más utilizados el ABTS (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico) y el triazol 1-hidroxibenzotriazol (HBT) (Camarero *et al*, 2005).

Figura 4 Ciclo catalítico del sistema lacasa-mediador (Banci y col., 1999)

Algunos de los sustratos que pueden oxidar y de los que se han tenido resultados en diferentes especies del género *Trametes*, se presentan en la siguiente tabla (Tabla 3). La oxidación de los compuestos que se mencionan en la tabla 3, es importante debido a que son tóxicos para la biota y los seres humanos. Un ejemplo está los efluentes de la industria textil, ya que algunos pueden contener colorantes polifenólicos los cuales son absorbidos principalmente por vía respiratoria, digestiva o cutánea, lo que desembocaría en problemas de salud humana o animales (Huachi, 2014)

Tabla 3 Constantes cinéticas con respecto a la oxidación de algunos sustratos

Lacasa	Sustrato	Km (μM)	Vmax ($\mu\text{M min}^{-1}$)	Kcat (S^{-1})	Kcat/Km (S^{-1} μM^{-1})	Referencia
<i>T. Ochracea</i> 92-78	Catecol	110		80		(Shleev <i>et al</i> , 2004)
	Guayacol	90		90		
	Hidroquinona	74	-	110	-	
	Ácido	11		170		
	Sinapínico	96		150		
	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$					
<i>T. Hirsuta</i> 56	Catecol	142		390		(Shleev <i>et al</i> , 2004)
	Guayacol	63		430		
	Hidroquinona	61	-	450	-	
	Ácido	24		580		
	Sinapínico	180		400		
	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$					
<i>T. Versicolor</i> IBL-04	ABTS	73	780 U/ml		-	(Asgher <i>et al</i> , 2012)
<i>Trametes sp.</i> 420 (lace)	Guayacol	245	38	40	0.16	(Tong <i>et al</i> , 2007)
	ABTS	35	390	406	11.8	
	2,6-	41	26	28	0.7	
	Dimetoxifenol	5	34	35	7.5	
	Siringaldazina					
<i>Trametes C30</i> LAC1	Guayacol	71	-	38	0.5	(Shleev <i>et al</i> , 2007)
	ABTS	2.9		10	3.5	
<i>Trametes C30</i> LAC2	Guayacol	1006	-	1261	1.3	(Shleev <i>et al</i> , 2007)
	ABTS	536		683	1.3	
<i>Trametes C30</i> LAC3	Guayacol	1600	-	721	0.5	(Shleev <i>et al</i> , 2007)
	ABTS	280		944	3.4	
<i>T. Troggi</i> 201	2-Metoxifenol	5120		115		(Garzillo <i>et al</i> , 1998)
	2,6-	410		109		
	Dimetoxifenol	40	-	145	-	
	Ácido ferúlico	3		198		
	ABTS			min-1		
<i>T. Pubescens</i> MB 89 Lacasa II (LAP2)	ABTS	43		350	8.1	(Galhaup <i>et al</i> , 2002)
	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	43		850	20	
	Catecol	470		460	0.97	
	Hidroquinona	390	-	320	0.82	
	Guayacol	360		180	0.51	
	2,6-DMP	72		400	5.6	
	P-Anisina	1600		130	0.078	
	Siringaldazina	6		280	47	
<i>T. Pubescens</i> (Schumach) VSB 923-2 Lc1	Hidroquinona	500		240	0.48	(Nikitina <i>et al</i> , 2005)
	Catecol	200		60	0.30	
	ABTS	50	-	150	3	
	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	700		280	0.4	
<i>T. Pubescens</i> (Schumach) VSB 923-2 Lc2	Hidroquinona	200		170	0.85	(Nikitina <i>et al</i> , 2005)
	Catecol	600		160	0.26	
	ABTS	60	-	400	6.70	
	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	200		370	1.85	

Aplicaciones de las lacasas fúngicas del género *Trametes*

En la industria alimentaria, estas proteínas han sido útiles en ciertos procesos que mejoran la apariencia del color de comidas o bebidas por medio de la eliminación de compuestos fenólicos indeseables, responsables de un ennegrecimiento. Asimismo, se han empleado en la formación de turbidez en jugos de frutas claros, cerveza y vinos (Couto, 2006). Estas enzimas también han sido utilizadas en la determinación de ácido ascórbico, durante la solidificación de pectina obtenida de la remolacha, en la panificación para generar una máxima resistencia de la masa y disminuir la extensibilidad en harina y gluten.

Otra aplicación, es en el tratamiento de aguas residuales resultado de la producción de aceite de oliva (Dana *et al*, 2017, Pannu *et al*, 2014). En la industria de la pulpa y papel, las lacasas permiten despolimerizar la lignina y de esta forma deslignificar la pulpa de madera, fibras en pulpa kraft y en el proceso de biopulpación libre de cloro (Messner y Srebotnik, 1994; Bourbonnais, 1997; Dana *et al*, 2017, Pannu *et al*, 2014).

En la industria textil, han sido empleadas como una solución al problema de los efluentes alcalinos y coloreados de la industria textil (Correia, 1994; Dana *et al*, 2017; Pannu *et al*, 2014). La secreción de lacasas por *Trametes* sp, han sido utilizadas en procesos de decoloración de efluentes, por acción de la oxidación de colorantes tipo -azo y en la disminución de la carga DQO y DBO (Nyanhongo *et al*, 2002).

En procesos de biorremediación, tienen la capacidad de degradar compuestos xenobióticos, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), derivados de depósitos de aceites naturales o combustibles fósiles, así como de contaminantes fenólicos y fenólicos clorados, incluido el diésel (Pollegioni *et al*, 2015; Zarinkamar *et al*, 2014; Dana *et al*, 2017). En este caso, se han empleado extractos enzimáticos, obtenidos de *Trametes versicolor*, para degradar hidrocarburos policíclicos aromáticos (PHA's) (Johannes y col., 1996; Böhmer y col., 1998) (Tabla 4).

En la industria farmacéutica y cosmética aprovechan su baja especificidad enzimática para utilizarlas en procesos químicos de síntesis de compuestos medicinales complejos como anestésicos, antiinflamatorios, antibióticos y sedantes. (Nicotra *et al*, 2004; Xu, 1999; Molino *et al*, 2004; Stahl, 2002; Roman *et al*, 2010; Maestre *et al*, 2015).

En la industria cosmética, se emplean como componentes de formulaciones para aclarar la piel o sustituyendo al H₂O₂ en tintes para el cabello, haciéndolos menos irritantes y más seguros. También se ha descrito que, sometidas a ingeniería de proteínas, podrían ser utilizadas como aditivos en desodorantes, pasta de dientes, enjuague bucal, detergentes, jabones y pañales disminuyendo su reacción alérgica (Dana *et al*, 2017).

Tabla 4 Aplicación de lacasas de *Trametes* en la Industria

Hongo	Aplicación	Referencia
<i>Trametes versicolor</i>	Industria textil, mejoramiento de vinos, degradación de xenobióticos, biosensores, tratamiento de efluentes, biopulpeo, síntesis orgánica y alimentos	(Wesenberg <i>et al</i> , 2002; Minussi <i>et al</i> , 2007); Roy <i>et al</i> , 2005; Schäfer <i>et al</i> , 2001).
<i>T. Versicolor</i> ATCC 20869	Degradación de colorantes en efluentes	(Amaral <i>et al</i> , 2004)
<i>T. Versicolor</i> ATCC 42530	Industria textil	(Srikanlayanukul <i>et al</i> , 2006)
<i>T. Versicolor</i> IBL-04	Industria textil	(Gómez <i>et al</i> , 2008)
<i>T. Pubescens</i> MUT 2400	Degradación de colorantes	(Sangeeta <i>et al</i> , 2011)
<i>T. Hirsuta</i>	Mejoramiento de masas en panadería, degradación de colorantes, degradación de xenobióticos, biopulpeo y alimentos	(Rodríguez <i>et al</i> ; Kuuva <i>et al</i> , 2003)
<i>T. Trogii</i>	Degradación de colorantes	(Levin <i>et al</i> , 2005)
<i>T. Villosa</i>	Degradación de colorantes, degradación de xenobióticos y síntesis orgánica	(Knuton y Ragauskas, 2004; Kang <i>et al</i> , 2002; Uchida <i>et al</i> , 2001)
<i>T. Modesta</i>	Degradación de colorantes.	(Nyanhongo <i>et al</i> , 2002)

Otras aplicaciones por resaltar se asocian a fenómenos de protección a antifúngicos y sustancias oxidantes producidas por macrófagos; en la producción de catecolaminas inmunomoduladores en el cerebro. Potencialmente se ha sugerido como indicador de salud, ya que su actividad es un marcador de estrés que se correlaciona con la inanición de sustrato y la toxicidad por metales (Panepinto *et al*, 2006). Se han empleado en el desarrollo de biosensores para sustratos fenólicos y la reducción electrocatalítica de oxígeno (Gupta *et al*, 2003; Dana *et al*, 2017). En la medicina herbaria, ayudan a inhibir las tasas de replicación del virus de la Hepatitis C (Munir *et al*, 2010).

En la síntesis de vainilla natural, proceso basado en la degradación de curcumina por un sistema de tres enzimas y en la síntesis de melaninas (eumelanina DOPA-melanina y alomelanina DHN-melanina) (Esparan *et al*, 2015; Sapmak *et al*, 2015; Dana *et al*, 2017).

Conclusiones

Las lacasas del género *Trametes* tienen gran potencial en la industria biotecnológica, esto debido a que pueden transformar y degradar una amplia gama de compuestos fenólicos y compuestos no fenólicos, por este motivo es importante realizar trabajos de ingeniería de proteínas en microorganismos modelo que nos permitan obtener una mayor producción y mejor estabilidad de las lacasas para adecuarse a las necesidades de la industria.

Referencias

- Alcalde M. (2007). Laccases: Biological functions, molecular structure and industrial applications. *Industrial Enzyme*. 461-476.
- Amaral P. F. F., Fernandes D. L. A., Tavares A. P. M., Xavier A. B. M. R., Cammarota M. C., Coutinho J. A. P. Coelho, M. A. Z., (2004). Decolorization of dyes from textile wastewater by *Trametes versicolor*. *Environmental Technology*. 25: 1313-1320.
- Archibald F. S., Bourbonnais R., Jurasek L., Paice M. G., Reid I. D. (1997). Kraft pulp bleaching and delignification by *Trametes versicolor*. *Journal of Biotechnology*. 53: 215-236.
- Asgher M., Iqbal H. M. N., Asad M. J. (2012). Kinetic characterization of purified laccase produced from *Trametes versicolor* IBL-04 in solid state bio-processing of corncobs. *Bioresources*. 7: 1171-1188
- Baldrian P. (2006). Fungal laccases occurrence and properties. *FEMS Microbiology Reviews*. 30: 215-242.
- Banci L., Ciofi B. S., Tien M. (1999). Lignin and Mn peroxidase catalyzed oxidation of phenolic lignin oligomers. *Biochemistry*. 38: 3205-3210.
- Bertrand B., Martínez M. F. A., Trejo H. M. R. (2013). Lacasas fúngicas: Inducción y producción. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 12: 473-488.
- Bertrand T., Jolivald C., Briozzo P., Caminade E., Joly N., Madzak C., Mougín C. (2002). Crystal structure of a four-copper laccase complexed with an arylamine: insights into substrate recognition and correlation with kinetics. *Biochemistry*. 41: 7325-7333.
- Böhmer S., Messner K., Srebotnik E. (1998). Oxidation of phenanthrene by a fungal laccase in the presence of 1-hydroxybenzotriazole and unsaturated lipids. *Biochemical and biophysical research communications*. 244: 233-238.
- Bourbonnais R., Paice M. G., Reid I. D., Lanthier P., Yaguchi M. (1995). Lignin oxidation by laccase isozymes from *Trametes versicolor* and role of the mediator 2, 2'-azinobis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonate) in kraft lignin depolymerization. *Applied and Environmental Microbiology*. 61: 1876-1880.
- Bourbonnais R., Paice M. G., Freiermuth B., Bodie E., Borneman S. (1997). Reactivities of various mediators and laccases with kraft pulp and lignin model compounds. *Applied and Environmental Microbiology*. 12: 4627-4632.
- Brijwani K., Rigdon A., Vadlani P. V. (2010). Fungal laccases: Production, function, and applications in food processing. *Enzyme Research*. 2010: 1-10.
- Camarero S., Ibarra D., Martínez M. J., Martínez A. T. (2005). Lignin-derived compounds as efficient laccase mediators for decolorization of different types of recalcitrant dyes. *Applied and Environmental Microbiology*. 71: 1775-1784.

- Castanera R., Perez G., Omarini A., Alfaro M., Pisabarro A. G., Faraco V., Amore A., Ramirez L. (2012). Transcriptional and enzymatic profiling of *Pleurotus ostreatus* laccase genes in submerged and solid-state fermentation cultures. *Applied and Environmental Microbiology*. 78: 4037-4045.
- Correia V. M., Stephenson T., Judd S. J. (1994). Characterization of textile wastewaters: a review. *Environmental Technology*. 15: 917-9.
- Couto S. R., Herrera J. L. T. (2006). Industrial and biotechnological applications of laccases: a review. *Biotechnology Advances*. 24: 500-513.
- Dana M., Khaniki G. B., Mokhtarieh A. A., Devarpanah S. J. (2017). Biotechnological and industrial applications of laccase: A Review. *Journal of Applied Biotechnology Report*. 4: 675-679.
- ^Adíaz R., Díaz G. G., Anducho R. M. A., Mercado F. Y., Herrera Z. L. D. (2018). *In silico* design of Laccase thermostable mutants from Lacc 6 of *Pleurotus ostreatus*. *Frontier in Microbiology*. 9: 2743. Doi:10.3389/fmicb.2018.02743.
- ^Bdíaz R., Mercado F. Y., Díaz G. G., Herrera Z. L. D., Álvarez C. J., Anducho R. M. A. (2018). *In silico* generation of Laccase mutants from Lacc 6 of *Pleurotus ostreatus* and bacterial enzymes. *Bioresources*. 13: 8113-8131.
- Dong J. L., Zhang Y. Z. (2004). Purification and characterization of two laccase isoenzymes from a ligninolytic fungus *Trametes gallica*. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*. 34: 179-194.
- Esparan V., Krings U., Struch M., Berger R.G. (2015). A three enzyme-system to degrade curcumin to natural vanillin. *Molecules*. 20: 6640-6653.
- Galhaup C., Goller S., Peterbauer C. K., Strauss J., Haltrich D., (2002). Characterization of the major laccase isoenzyme from *Trametes pubesens* and regulation of its synthesis by metal ions. *Microbiology*. 148: 2159-2169.
- Garzillo A. M. V., Colao M. C., Caruso C., Caporale C., Celletti D., Buonocore, V. (1998). Laccase from the white-rot fungus *Trametes trogii*. *Applied microbiology and biotechnology*. 49: 545-551.
- Gómez B. S., Amaya B. D., Maldonado S. C., Martínez S. M. M., Quevedo H. B., Soto G. A. B. Pedroza-R. A. M. (2008). Evaluación de tres hongos lignolíticos y de *Aspergillus niger* como alternativa para el tratamiento de aguas residuales del curtido de pieles. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 24: 93-106.
- Gorbacheva M., Morozova O., Shumakovich G., Streltsov A., Shleev S., Yaropolov A. (2009). *Bioorganic Chemistry*. 37: 1-5.
- Gupta G., Rajendran V., Atanassov P. (2003). Laccase biosensor on monolayer-modified gold electrode. *Electroanalytical*. 15: 1577-1583.
- Heinzkill M., Bech L., Halkier T., Schneider P., Anke T. (1998). Characterization of laccases and peroxidases from wood-rotting fungi (family *Coprinaceae*). *Applied and Environmental Microbiology*. 64: 1601-1606.
- Huachi L., Macas A., Méndez G. (2014). Biodegradación de los fenoles presentes en el extracto de guarango (*Caesalpinia spinosa*) y en los colorantes índigo carmín, naranja II y rojo fenol a través de *Trametes versicolor* y *Aspergillus niger*. *La Granja Revista de Ciencias de la Vida*. 20:39-35.
- Imran M., Asad M. J., Hadri S. H., Mehmood S. (2012). Production and industrial applications of laccase enzyme. *Journal of Cell and Molecular Biology*. 10: 1-11.
- Johannes C., Majcherczyk A., Hüttermann A. (1996). Degradation of anthracene by laccase of *Trametes versicolor* in the presence of different mediator compounds. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 46: 313-317.

- Kang K. H., Dec J., Park H., Bollag J. M. (2002). Transformation of the fungicide cyprodinil by a laccase of *Trametes villosa* in the presence of phenolic mediators and humic acid. *Water Research*. 36: 4907–15.
- Kilaru S., Hoegger P., Kues U. (2006). The laccase multi-gene family in *Coprinopsis cinerea*; it has seventeen different members that divide into two distinct subfamilies. *Current Genomics*. 50: 45-60.
- Klonowska A., Le Petit J., Tron T. (2001). Enhancement of minor laccases production in the basidiomycete *Marasmius quercophilus* C30. *FEMS Microbiology Letters*. 200: 25–30.
- Knutson K., Ragauskas A. (2004). Laccase-mediator biobleaching applied to a direct yellow dyed paper. *Biotechnology Program*. 20: 1893–6.
- Kumar S. V., Phale P. S., Durani S., Wangikar P. P. (2003). Combined sequence and structure analysis of the fungal laccase family. *Biotechnology and Bioengineering*. 83: 386-394.
- Kunamneni A., Ballesteros A., Plou F. J., Alcalde M. (2007). Fungal laccase a versatile enzyme for biotechnological applications. *Communicating current research and educational topics and trends in applied microbiology*. 1: 233-245.
- Kuuva T., Lantto R Reinikainen T., Buchert J., Autio K. (2003). Rheological properties of laccase-induced sugar beet pectin gels. *Food Hydrocoll*.17: 679–84.
- Levin L., Forchiassin F., Ramos A. M. (2002). Copper induction of lignin-modifying enzymes in the white-rot fungus *Trametes trogii*. *Mycologia*. 94: 377-383.
- Levin L., Forchiassin F., Viale A. (2005). Ligninolytic enzyme production and dye decolorization by *Trametes trogii*: application of the Plackett- Burman experimental design to evaluate nutritional requirements. *Process Biochemistry*. 40: 1381–7.
- Li K., Xu F., Eriksson K. E. L. (1999). Comparison of fungal laccases and redox mediators in oxidation of a nonphenolic lignin model compound. *Applied and environmental microbiology*. 65: 2654-2660.
- Lorenzo M., Moldes D., Sanromán M. Á. (2006). Effect of heavy metals on the production of several laccase isoenzymes by *Trametes versicolor* and on their ability to decolourise dyes. *Chemosphere*. 63: 912-917.
- Lyashenko A.V., Bento I., Zaitsev V. N., Zhukhlistova N. E., Zhukova Y. N., Gabdoulkhakov A. G., Morgunova E. Y., Voelter W., Kachalova G. S., Stepanova E. V., Koroleva L., V.S., Tishkov V. I., Betzel C., Lindley P.F., abm M. (2006). X-ray structural studies of the fungal laccase from *Cerrena maxima*. *Journal of Biological Inorganic Chemistry*. 11: 963–973.
- Mcguirl M. A. Dooley D. M. (1999). Copper-containing oxidases. *Current Opinion in Chemical Biology*. 3: 138-144.
- Messner K., Srebotnik E. (1994). Biopulping: an overview of developments in an environmentally safe paper-making technology. *FEMS Microbiology Reviews*. 13: 351-364.
- Minussi R. C., Rossi M. L., Bologna D., Rotilio G. M., Pastore D.N. (2007) Phenols removal in musts: strategy for wine stabilization by laccase. *Journal of Molecular Catalysis B*. 45: 102–107.
- Moldes D., Fernández F. M., Sanromán M. Á. (2012). Role of laccase and low molecular weight metabolites from *Trametes versicolor* in dye decolorization. *The Scientific World Journal*. 2012: 1-9.
- Moldes D., Lorenzo M., Sanromán M. A. (2004). Different proportions of laccase isoenzymes produced by submerged cultures of *Trametes versicolor* grown on lignocellulosic wastes. *Biotechnology Letters*. 26: 327-330.

- Molino B.F., Haydar S.N., Yang Z., Michels P.C., Hemenway M.S., Rich J.O., Khmelnsky Y. (2004). Patent WO2004082629 A2.
- Mot A. C., Silaghi D. R. (2012). Laccases: complex architectures for one-electron oxidations. *Biochemistry (Moscow)*. 77: 1395-1407.
- Munir S., Saleem S., Idrees M., Tariq A., Butt S., Rauff B. (2010). Hepatitis C treatment: current and future perspectives. *Virology Journal*. 7: 296-304.
- Nakatani M., Hibi M., Minoda M., Ogawa J., Yokozeki K., Shimizu, S. (2010). Two laccase isoenzymes and a peroxidase of a commercial laccase-producing basidiomycete, *Trametes sp.* Ha1. *New biotechnology*. 27: 317-323.
- Nicotra S., Cramarossa M. R., Mucci A., Pagnoni U. M., Riva S., Forti L. (2004). Biotransformation of resveratrol: synthesis of trans-dehydrodimers catalyzed by laccases from *Myceliophthora thermophyla* and from *Trametes pubescens*. *Tetrahedron*. 60: 595-600.
- Nikitina O. V., Shleev S. V., Gorshina E. S., Rusinova T. V., Serezhenkov V. A., Burbaev D. S., Yaropolov A. I. (2005). Isolation and purification of enzymes from ligninolytic complex of the basidial fungus *Trametes pubescens* (Schumach.) Pilat and study of their properties. *Biochemistry (Moscow)*. 70: 1274-1279.
- Nishizawa Y., Nakabayashi K., Shinagawa E. (1995). Purification and characterization of laccase from white rot fungus *Trametes sanguinea* M85-2. *Journal of fermentation and bioengineering*. 80: 91-93
- Nityanand C., Desai S. S. (2006). Microbial laccases and their applications: A review. *Asian Journal of Biotechnology*. 3: 98-124.
- Nyanhongo G. S., Gomes J., Gübitz G. M., Zvauya R., Read J., Steiner W. (2002). Decolorization of textile dyes by laccases from a newly isolated strain of *Trametes modesta*. *Water Research*. 36: 1449-1456.
- Panepinto J. C., Williamson P. R. (2006). Intersection of fungal fitness and virulence in *Cryptococcus neoformans*. *FEMS Yeast Research*. 6: 489-98.
- Pannu J.S., Kapoor R.K. (2014). Microbial laccases: A mini-review on their production, purification and applications. *International Journal of Pharmaceutical and Biological Archive*. 3: 528-536.
- Pardo I., Camarero S. (2015). Laccase engineering by rational and evolutionary design. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 72: 887-910.
- Petersen L. C., Degn H. (1978). Steady-state kinetics of laccase from *Rhus vernicifera*. *Biochimica et Biophysica Acta*. 526: 85-92.
- Piontek K., Antorini M., Choinowski T. (2002). Crystal structure of a laccase from the fungus *Trametes versicolor* at 1.90 Å resolution containing a full complement of coppers. *Journal of Biological Chemistry*. 277: 37663-37669.
- Piscitelli A., Giardin, P., Lettera V., Pezzella C., Sannia G., Faraco V. (2011). Induction and Transcriptional regulation of laccases in fungi. *Current Genomics*. 12: 104-112.
- Pollegioni L., Tonin F., Rosini E. (2015). Lignin-degrading enzymes. *The FEBS Journal*. 282: 1190-213.
- Preussler C. A., Shimizu E., Villalba L. L., Zapata P. D. (2009). Inducción con cobre de la enzima lacasa en el hongo de pudrición blanca *Trametes villosa* (sw.:Fr.) Kreisei. *Revista Ciencia y Tecnologia*. 12: 9-16.

- Rodríguez C. S., Sanromán M. A., Hofer D., Gübitz G. M. (2004). Stainless steel sponge: a novel carrier for the immobilization of the white-rot fungus *Trametes hirsuta* for decolorization of textile dyes. *Bioresource Technology*. 95: 67–72.
- Román R., Torres D. C., Ayala M., Vázquez D. R. (2010). Producción a escala piloto de lacasa de *Corioloopsis gallica*. *Revista mexicana de micología*. 32: 20-27.
- Roy J. J., Abraham T. E., Abhijith K. S., Sujith kumar P. V., Thakur M. S. (2005) Biosensor for the determination of phenols based on cross-linked enzyme crystals (CLEC) of laccase. *Biosensors and Bioelectronics*. 21: 206–11.
- Rukmankesh M., Jan M., Meyer A. S., Kepp K. P. (2018). A structural-chemical explanation of fungal laccase activity. *Scientific Reports*. 8: 1-16.
- Sangeeta P., Kheria S., Pakshirajan K., (2011). Biodecolourization of real textile industry wastewater using white-rot fungus, *Phanerochaete chrysosporium*. *Journal of Scientific and Industrial Research*. 70: 982-986.
- Sapmak A., Boyce K. J., Andrianopoulos A., Vanitta N. N. (2015). The pbrb gene encodes a laccase required for dhmelanin synthesis in conidia of *Talaromyces (Penicillium) marneffeii*. *Plos One*. 10: 196-205.
- Schäfer A., Specht M., Hetzheim A., Francke W., Schauer F. (2001). Synthesis of substituted imidazoles and dimerization products using cells and laccase from *Trametes versicolor*. *Tetrahedron*. 57: 7693–9.
- Schückel J., Anke M., Pée K. H. V. (2011). One-copper laccase-related enzyme from *Marasmius sp.* Purification, characterization and bleaching of textile dyes. *Enzyme and Microbial Technology*. 48: 278-284
- Shleev S. V., Morozova O. V., Nikitina O. V., Gorshina E. S., Rusinova T. V., Serezhenkov V. A., Yaropolov A. I. (2004). Comparison of physico-chemical characteristics of four laccases from different basidiomycetes. *Biochimie*. 86: 693-703.
- Shleev S., Nikitina O., Christenson A., Reimann C. T., Yaropolov A. I., Ruzgas T., Gorton L. (2007). Characterization of two new multifunctional forms of *Trametes pubescens* laccase. *Bioorganic chemistry*. 35: 35-49.
- Solomon E. I., Chen P., Metz M., Lee S. K., Palmer A. E. (2001). Oxygen binding, activation, and reduction to water by copper proteins. *Angewandte Chemie International Edition*. 40: 4570-4590.
- Solomon, E. I., Sundaram, U. M., Machonkin, T. E. (1996). Multicopper oxidases and oxygenases. *Chemical reviews*. 96: 2563-2606.
- Srikanlayanukul M., Khanongnuch C., Lumyong S. (2006). Decolorization of textile wastewater by immobilized *Coriolus versicolor* RC3 in repeated-batch system with the effect of sugar addition. *CMU Journal*. 5: 301-306.
- Stahl P., Kissau L., Mazitschek R., Giannis A., Waldmann H. (2002). Natural product derived receptor tyrosin kinase inhibitors: Identification of IGF1R-, Tie-2 and VEGFR3 inhibitors. *Angewandte Chemie International Edition*. 41: 1174-1178.
- Stines C. C., Roussarie E., Mano N. (2017). The Nature of the rate-limiting step of blue multicopper oxidases: homogeneous studies versus heterogeneous. *Biochimie Open* 4. 2017: 36-40.
- Stoilova I., Krastanov A., Stanchev V. (2010). Properties of crudelaccase from *Trametes versicolor* produced by solid-substrate fermentation. *Advances in Bioscience and Biotechnology*. 1: 208-215.
- Tong P., Hong Y., Xiao Y., Zhang M., Tu X., Cui T. (2007). High production of laccase by a new basidiomycete, *Trametes sp.* *Biotechnology letters*. 29: 295-301.

- Thurston C. F. (1994). The structure and function of fungal laccases. *Microbiology*. 140: 19-26.
- Uchida H., Fukuda T., Miyamoto H., Kawabata T., Suzuki M., Uwajima T. (2001). Polymerization of bisphenol A by purified laccase from *Trametes villosa*. *Biochemistry Biophysics Research Communications* 287: 355–8.
- Valderrama B., Oliver P., Medrano S. A., Vazquez D. R. (2003). Evolutionary and structural diversity of fungal laccases. *Antonie van Leeuwenhoek*. 84: 289-299.
- Wesenberg D., Buchon F. Agathos, S. N., (2002) Degradation of dyecontaining textile effluent by the agaric white-rot fungus *Clitocybula dussenii*. *Biotechnology Letters*. 24: 989-993.
- Xiao Y. Z., Hong Y. Z., Li J. F., Hang J., Tong, P. G., Fang, W., Zhou, C. Z. (2006). Cloning of novel laccase isozyme genes from *Trametes sp.* AH28-2 and analyses of their differential expression. *Applied microbiology and Biotechnology*. 71: 493-501.
- Xu F. (1996). Oxidation of phenols, anilines, and benzenethiols by fungal laccases: Correlation between activity and redox potentials as well as halide inhibition. *Biochemistry*. 35: 7608-7614.
- Xu F. (1999). The encyclopedia of bioprocessing technology: fermentation, biocatalysis, and bioseparation. Eds. Flickinger MC, Drew SW. John Wiley & Sons, New York. 1545-1554.
- Zarinkamar F., Reypour F., Khajeh K. (2014). A study of the changes in laccase activity of *Festuca's* vegetative organs under petroleum pollution conditions. *Biotechnology Tarbiat Modares Uni*. 5: 1-5.
- Zouari M. H., Mechichi T., Dhouib A., Sayadi S., Martínez A. T., Martínez M. J. (2006). Laccase purification and characterization from *Trametes trogii* isolated in Tunisia: decolorization of textile dyes by the purified enzyme. *Enzyme and Microbial Technology*. 39: 141-148.

Capítulo 2 Nanopartículas de Oro como transportadores para el tratamiento y diagnóstico de cáncer

Chapter 2 Gold nanoparticles as transporters for the treatment and diagnosis of cancer

TREJO-TENIENTE, Isaí†, VARGAS-HERNÁNDEZ, Genaro, VILLANUEVA-IBAÑEZ, Maricela, TOVAR-JÍMENEZ, Xóchitl y JARAMILLO-LORANCA, Blanca Estela *

Universidad Politécnica de Pachuca. México

ID 1^{er} Autor: *Isaí, Trejo-Teniente* / **ORC ID:** 0000-0001-5728-652X, **Researcher ID Thomson:** X-4106-2019, **CVU CONACYT ID:** 858259

ID 1^{er} Coautor: *Genaro, Vargas-Hernández* / **ORC ID:** 000-0002-1931-2018, **Researcher ID Thomson:** Q-1235-2018, **CVU CONACYT ID:** 80183

ID 2^{do} Coautor: *Maricela, Villanueva-Ibañez* / **ORC ID:** 0000-0003-3209-8340, **Researcher ID Thomson:** V-4121-2018, **CVU CONACYT ID:** 38497

ID 3^{er} Coautor: *Xóchitl, Tovar-Jimenez* / **ORC ID:** 0000-0002-6626-6237, **CVU CONACYT ID:** 228873

ID 4^{to} Coautor: *Blanca Estela, Jaramillo-Loranca* / **ORC ID:** 0000-0003-3812-5426, **Researcher ID Thomson:** W-1239-2018, **CVU CONACYT ID:** 94649

I. Trejo, G. Vargas, M. Villanueva, X. Tovar y B. Jaramillo

* bejarami@upp.edu.mx

J. Olives. (AA.). Biología, Química y Ciencias de la Vida TI. Collection-©ECORFAN-Mexico, CDMX, 2019

Abstract

Cancer is the second leading cause of death worldwide, it is caused by a cellular alteration that causes uncontrolled proliferation of cells and they spread to other tissues, this disturbs the normal functioning of the organism and leads to death. This condition affects children, youth and adults by equal, regardless of race, socioeconomic status or sex. Being the body's own cells it is difficult to treat them without harming healthy cells. This has generated the need to develop new effective treatment alternatives. In this context, the application of nanotechnology for diagnosis, monitoring and treatment of this condition emerges. In some cases, the nanoparticles are directed to the target cells (cancer cells) using antibodies attached to their surface, taking advantage of the specific characteristics of the cancer cells and the increased permeability and vulnerability in the tumor tissues. In other cases, the nanoparticle is used as a Trojan horse to transport cytotoxic drugs. Particularly gold nanoparticles (NPsAu) are of great interest in nanotechnology for their inert, stability, magnetic and optical properties related to size. Being biocompatible and facilitating ligand binding, the applications of NPsAu in biomedicine are wide. This chapter will discuss the recent advances in the development of multifunctional gold nanoformulations for the therapeutic treatment and diagnosis of cancer. We will highlight the characteristics of the NPsAu, the making process, their diverse outward forms or hybrids and their applications in cancer research.

Nanopartículas de oro, Transportadores de fármacos, Cáncer

Introducción

El cáncer es la segunda causa de muerte a nivel mundial (Jemal A. y cols. 2011). En México ocupa el tercer lugar como causante de muerte después de las enfermedades cardiovasculares y la diabetes (INEGI 2015). El cáncer es una enfermedad producida por una alteración celular que provoca una proliferación descontrolada de células y propagación de éstas a otros tejidos, lo cual perturba el funcionamiento normal del organismo y conduce a la muerte (American Cancer Society 2019; OMS 2017). Este padecimiento puede afectar tanto a niños, jóvenes y adultos sin distinción de razas, nivel socioeconómico o sexo. Existen múltiples factores que causan cáncer, algunos internos, tales como daño o mutación en el material genético, desórdenes hormonales, condiciones del sistema inmune, otros factores externos o ambientales como la contaminación, estilos de vida, tabaquismo, dieta poco saludable, infecciones, radiación, etc. (Anand P. y cols. 2008).

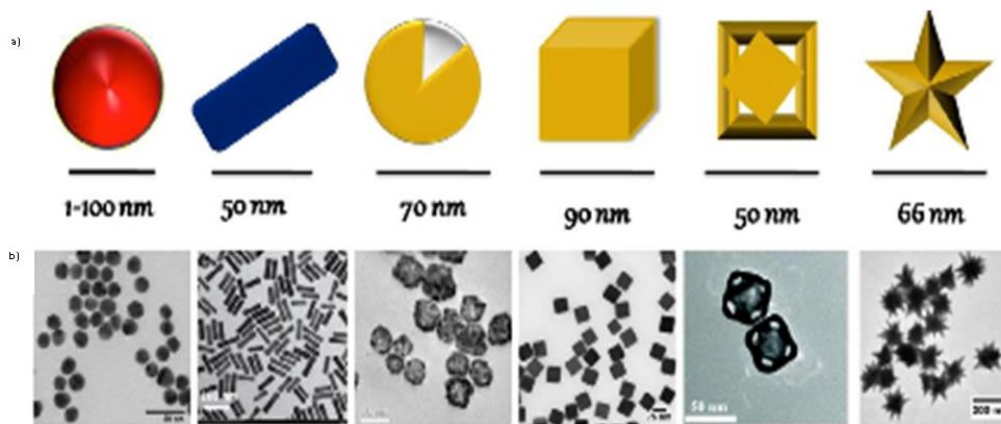
Las estrategias actuales para el tratamiento de pacientes con cáncer se basan en cirugía, radioterapia y quimioterapia, siendo ésta última la más eficaz en los estadios avanzados de la enfermedad (Papac R. J. 2001). No obstante, los tratamientos anticancerígenos disponibles en la clínica afectan de igual manera a las células sanas por lo que es necesario el desarrollo de nuevas alternativas más eficientes y con alta selectividad. Entre las estrategias biotecnológicas más importantes se encuentran el diseño de medicamentos y transporte de fármacos, en este sentido emerge la nanomedicina, mediante la cual se pretende detectar, diagnosticar y tratar enfermedades utilizando tecnología de moléculas o partículas a escala nanométrica (entre 1 y 100 nm) (Radomska A. y cols. 2016). En el caso del cáncer, las investigaciones se orientan en la aplicación de la nanotecnología para el diagnóstico, monitoreo y el tratamiento de este padecimiento. En algunos casos, las nanopartículas son dirigidas a las células blanco (células cancerosas) utilizando anticuerpos unidos a su superficie, aprovechando los receptores específicos de las células cancerosas y la mayor vascularización, permeabilidad y vulnerabilidad en los tejidos tumorales (Maeda H. y cols. 2000).

Las nanopartículas de oro (NPsAu) son de gran interés en la nanotecnología por sus propiedades inertes, estabilidad, electrónicas, magnéticas y ópticas relacionadas con el tamaño (Daniel M. C. y Astruc, D. 2004), sus amplias aplicaciones en biomedicina ya que facilitan la unión con ligandos además de su biocompatibilidad. En el caso del cáncer, las NPsAu se utilizan como sensores tumorales, agentes de administración de fármacos y potenciadores en la terapia fototérmica, una de las técnicas más prometedoras para el tratamiento de esta terrible enfermedad (Connor D. M. y Broome, A. M. 2018; Dykman L. y Khlebtsov, N. 2012). En el presente capítulo se describen los avances recientes en el desarrollo de nanoformulaciones de oro multifuncionales para el diagnóstico y tratamiento terapéutico de pacientes con cáncer. Se enfatizan las características de las NpAu, sus métodos de obtención, la diversidad de presentaciones o híbridos y sus aplicaciones en la investigación en cáncer.

Propiedades de las NPsAu

Las NPsAu son químicamente estables y biocompatibles, estas se preparan por medios físicos, químicos ó biológicos, ejemplo de estos últimos con la ayuda de extractos de plantas. Las NPsAu, se presentan en una amplia diversidad de formas, tamaños y superficies (Figura 1), lo cual influye determinadamente en la interacción de las NPsAu con los sistemas biológicos (Mansoori G. A. y cols. 2007) así como en sus propiedades ópticas (Heyam S. y cols. 2016). Además de sus propiedades inertes, las NPsAu tienen valores altos de superficie/volumen, se funcionalizan fácilmente con ligandos específicos principalmente los que contienen azufre y tienden a acumularse en los tejidos (Cobley C. M. y cols. 2011; Toy R. y cols. 2014). De tal forma que las NPsAu se consideran verdaderas plataformas para el direccionamiento y liberación efectiva de fármacos, en estudios de imagen con oro marcado y su alta reactividad a los grupos amino y tiol de las células vivas (Bennie L. A. y cols. 2018; Heyam S. y cols. 2016; Pissuwan D. y cols. 2011).

Figura 1 Tipos de nanoestructura



a) Nanoesferas, nanobarras, núcleo coraza, nanocubos, nanocajasy nanoestrellas.

b) b) micrografías electrónicas de transmisión correspondientes a las imágenes Imagen adaptada de (Thambiraj S. y cols. 2018).

Las NPsAu como transportadores de fitoquímicos anticancerígenos

Diversos fitoquímicos poseen propiedades antitumorales y baja citotoxicidad, sin embargo, su uso se ve limitado, ya que muchos de éstos compuestos son inestables y su captación celular es baja (Aqil F. y cols. 2013). Recientes estudios reportan que las NPsAu biosintetizadas con extractos de plantas tienen un gran potencial antitumoral (Tabla 1). Raghunandan y cols. en 2013 reportan que el potencial efecto citotóxico de las NPsAu biosintetizadas con extractos de plantas, se debe a los metabolitos secundarios y otros componentes no metálicos presentes en el medio de síntesis, especialmente los polifenoles de los flavonoides presentes en los extractos (Raghunandan D. y cols. 2011).

Se ha reportado el uso de galato de epigallocatequina (EGCG), el polifenol más abundante en el té verde, con propiedades anticancerígenas probadas en melanoma, cáncer de próstata, seno y páncreas, como agente reductor en lugar del citrato en el método descrito por Turkevich y colaboradores en 1951, sólo que se mantuvo a temperatura ambiente; obtuvieron NPsAu de alrededor de 25 nm y se evaluó el efecto de las NPsAu biosintetizadas a la par de NPsAu sintetizadas bajo el método de citratos, ambos tipos de NPsAu se probaron sobre células cancerígenas A 375SM, MDA-MB-231, MIA PaCa y PC3 y como control se emplearon células sanas HaCaT, MCF10A, HPNE y RWPE-1 a concentraciones dentro del intervalo de 0-200 µg/mL, las NPsAu biosintetizadas con EGC tuvo un mejor efecto citotóxico (Chavva S. R. y cols. 2019). Otra estrategia de biosíntesis de NPsAu es mediante extractos de plantas anticancerígenas de uso en la medicina tradicional especialmente en la India y en China, un ejemplo es el trabajo reportado por Sun y cols. en 2019 en el que utilizan extracto de *Marsdenia tenacissima* (Marva), una planta utilizada en la medicina tradicional China con actividad antiproliferativa (Jiao Y. N. y cols. 2018) como medio de biosíntesis y muestran que tales NPsAu inhiben la proliferación celular e inducen apoptosis de manera dependiente de la dosis en ccultivos de células de cáncer de pulmón (Sun B. y cols. 2019).

Tabla 1 Biosíntesis de NPsAu con extractos de plantas y su potencial anticancerígeno

NPsAu/extracto	Tipo de estudio	Línea Celular/Organismo	Referencia
NPsAu-Galato de epigallocatequina	<i>In vitro</i>	Células A 375SM, MDA-MB-231, MIA PaCa y PC3	Chavva S. R. y cols. 2019
NPsAu-Quitosano-Curcumina	<i>In vivo</i>	Ratón con xenoinjertos de células CT26	Sanoj R. N. y cols. 2015
NPsAu-Genisteína	<i>In vitro</i>	Células HTB140 y A549	Stolarczyk E. U. y cols. 2017
NPsAu- Flavonoides (<i>Psidium guajava</i>)	<i>In vitro</i>	Células HeLa, HT-29, K-562 y HEK-293	Raghunandan D. y cols. 2011
NPsAu- Flavonoides (<i>Syzygium aromaticum</i>)	<i>In vitro</i>	Células HeLa, HT-29, K-562 y HEK-293	Raghunandan D. y cols. 2011
NPsAu- (<i>Marsdenia tenacissima</i>)	<i>In vitro</i>	Células A549	Sun B. y cols. 2019

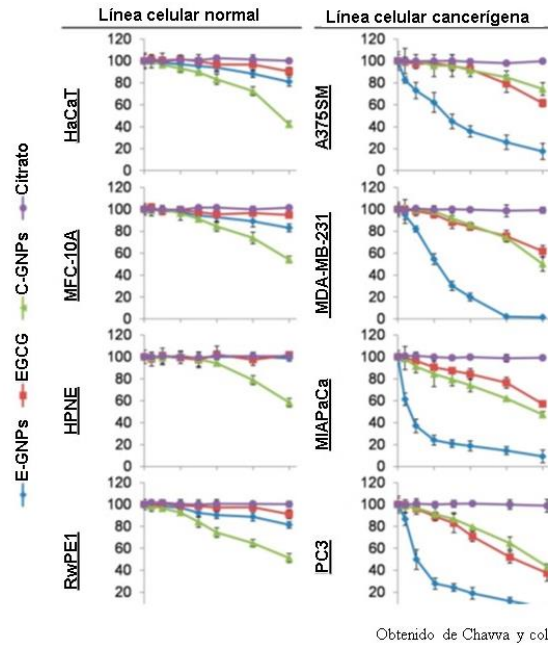
Las NPsAu como transportadores de fármacos anticancerígenos

En algunos casos, la baja solubilidad de ciertos compuestos dificulta su administración y se recurre a estrategias que incrementan dicha solubilidad, una de ellas es el uso de NPsAu, empleándolas como acarreadores de fármacos y uniendo los principios activos a la superficie de éstas. Existen dos vías, la primera de ellas es mediante la síntesis de NPsAu por el método de reducción con citratos, descrito por Turkevich y colaboradores en 1951 (Turkevich J. y cols. 1951), posteriormente, se añaden los compuestos de interés y, utilizando ligandos, se produce la unión con las NPsAu, en un estudio *in vivo* empleando NPsAu recubiertas de quitosano modificado con graft-poly (N-vinil caprolactama) unido a curcumina, con esto disminuyeron el tamaño de tumor, así como una retención de la curcumina en el tumor por más de dos semanas, de igual forma se logró mayor tiempo de circulación, el cual se extendió de sólo seis horas a una semana, mientras que en *ex vivo* se determinó que la mayor acumulación de nanopartícula-fármaco se registró en el tumor, comparado con otros órganos (Sanoj R. N. y cols. 2015).

La otra vía para la obtención de NPsAu es empleando una solución del principio activo, como se reporta en (Stolarczyk E. U. y cols. 2017), los cuales emplearon genisteína (isoflavonoide que posee efecto antitumoral, antimetastásico y antiangiogénico) este compuesto reduce Au^{+3} a Au^0 , mediante tres grupos hidroxilo presentes en su estructura; se obtuvieron NPsAu con un tamaño alrededor de 64.64 ± 0.41 nm, la presencia de genisteína en la superficie de las NPsAu se confirmó mediante resonancia magnética nuclear, y se reportó un efecto citotóxico sobre células A549 (de cáncer de pulmón) y nulo efecto en células HTB140 (de cáncer de piel), en el caso de las NPsAu, el efecto terapéutico se incrementó hasta un 30 % después de 24 horas de exposición sobre células A549 y en células HTB140 el efecto se magnificó 43% después de 24 horas y 48% después de 48 horas.

En la Figura 2 se observa una selectividad de las NPsAu-EGCG sobre las líneas celulares cancerígenas y un marcado efecto dependiente de la dosis, en comparación de las obtenidas mediante citrato, la EGCG libre y el citrato. De igual forma mediante microscopía TEM se analizó la internalización de las NPsAu, después de 24 horas de tratamiento, se captaron de igual forma que las de citrato, sin embargo, mostraron selectividad sobre células cancerígenas, mediante técnicas moleculares se demostró la importancia del receptor de lamininas (se encuentra sobreexpresado en células cancerígenas), ya que el bloqueo de éste, disminuyó drásticamente la captación de NPsAu.

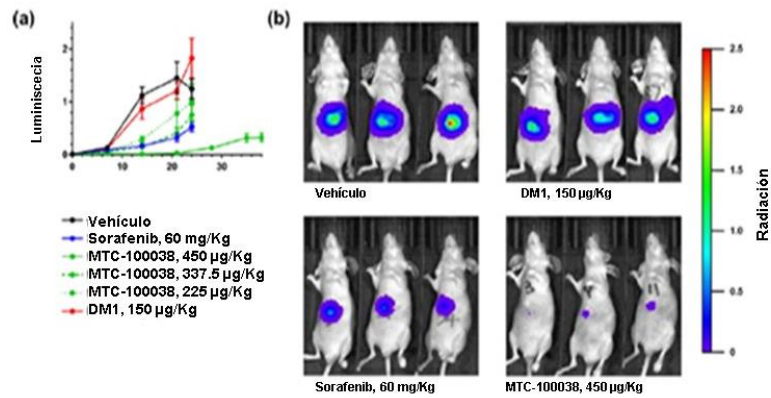
Figura 2 Ensayos de citotoxicidad sobre líneas celulares cancerígenas y células de control



Es de gran importancia la función que tienen los azúcares en la biosíntesis de NPsAu, ya que realizan la reducción de los iones de oro y además las estabilizan (Ahmed S. y cols. 2016), sin embargo, los azúcares que están presentes en los extractos de plantas, no se han analizado para determinar su efecto por separado, por otra parte, se ha reportado la existencia de azúcares en forma de polisacáridos que interactúan con proteínas ligadas a procesos como angiogénesis, proliferación celular, diferenciación celular, morfogénesis y coagulación, destacando a la heparina dentro de este grupo de polisacáridos (Kemp M. M. y cols. 2009), de esta forma, el uso de heparina como agente reductor y estabilizante de las NPsAu dio como resultado, NPsAu de $14 \text{ nm} \pm 4 \text{ nm}$, las cuales se probaron en modelo CAM (ensayo de membrana corioalantónica de polluelos), se añadió el factor FGF-2 para inducir angiogénesis, se demostró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.01$), alcanzando una inhibición de la angiogénesis del 83% con respecto al control.

Existen compuestos cuya actividad anticancerígena *in vitro* es excelente e incluso a bajas concentraciones, sin embargo, acarrear serios efectos secundarios que son intolerables para el paciente, disminuyendo la probabilidad de utilizarse como medicamentos (Issell B. F. y Crooke, S. T. 1978), tal es el caso de los maytansinoides, compuestos que inhiben la formación de los microtúbulos al unirse a la tubulina, lo que conduce a la muerte celular (Hale S. J. M. y cols. 2019), y son ellos quienes utilizan NPsAu de alrededor de 2 nm, las cuales se les añade un ligando con un grupo tiol de un lado de la cadena y un grupo carboxilo en el opuesto, esto para la unión del ligando con el compuesto, se comprobó la unión mediante resonancia magnética nuclear, se probaron en modelo murino, dando mejores resultados que el compuesto en forma libre e incluso que Sorafenib (medicamento anti neoplásico utilizado en el cáncer hepático, inhibidor de la tirosina cinasa), de igual forma se determinó la distribución del medicamento en el organismo, observándose más centrado en el caso del medicamento unido a NPsAu (Figura 3). Cabe mencionar que las partículas se excretaron por vía urinaria 24 horas después de la administración.

Figura 3 Distribucion de NpsAu-DM1 en el organismo



a) Cinéticas de excreción del medicamento. b) señal radioactiva de las NPsAu con diferentes compuestos. Obtenido de Hale y cols. 2019.

Un excelente fármaco anticancerígeno es el Paclitaxel, se emplea principalmente en cáncer de mama, destacando su uso como primera línea frente a cáncer de ovario; el mecanismo de acción simplificado del Paclitaxel consiste en unirse a la β -Tubulina, lo que ocasiona que se formen polímeros anormalmente largos que no se acortan, lo que impide el correcto funcionamiento del huso mitótico y conlleva a un alto en el ciclo de replicación celular y a la muerte de la célula (Centelles J. J. y Imperial, S.2010). Sin embargo, tal como menciona el Instituto Nacional de Salud (NIH) por medio de Biblioteca Nacional de Medicina de los EE. UU en 2019, la quimioterapia con Paclitaxel conlleva efectos secundarios, desde dolor muscular o de articulaciones, náuseas, vómito, diarrea, llagas en boca o garganta, hasta los más serios como sangrado, arritmias, dificultad para respirar, dolor de pecho, entre otros.

Por tal motivo, se buscan estrategias que minimicen los efectos secundarios, sin comprometer la efectividad del medicamento, (Gibson J. D. y cols. 2007) utilizaron NPsAu de 2 nm, obtenidas mediante reducción con citratos, se les añadió un ligando, mercaptofenol, al cual se unió paclitaxel modificado con hexaetilenglicol, la unión se llevó a cabo mediante esterificación y se verificó mediante resonancia magnética nuclear, empleando termogravimetría se determinó la unión de alrededor de 70 moléculas de paclitaxel por NPsAu y mediante microscopía TEM se observó el tamaño de partícula de alrededor de 2.5 nm. De forma similar, Hwu y colaboradores en 2008 utilizaron NPsAu de 14.6 ± 0.7 nm emplearon polietilenglicol con un grupo tiol terminal y unieron este ligando al paclitaxel mediante enlace fosfodiéster, se realizaron ensayos y no se encontró fármaco libre en el suero, además de incrementar más de 720 veces la solubilidad del paclitaxel en agua.

Un grupo de fármacos anticancerígenos más utilizados son las fluoropirimidinas (actúan sobre la timidilato sintasa), dentro del que se encuentra el 5- fluorouracilo, empleado en diversos tipos de cáncer como el de tracto aerodigestivo, seno, piel, cabeza y cuello, destacando en cánceres colorrectales (Avendaño C. y Menéndez, J.2015). Safwat y colaboradores en el 2018 acoplaron este fármaco a NPsAu, las cuales estaban recubiertas con CTAB (bromuro de hexadeciltrimetilamonio) y que permitió la interacción con el 5- fluorouracilo, se obtuvo un tamaño de partícula de 16.02 ± 0.36 nm, que se incorporó en dos presentaciones: gel y crema; se probaron *ex vivo* en piel dorsal de ratón, esto para determinar la permeabilidad de cada uno, posteriormente los ensayos *in vivo* consistieron en xenoinjertos de células A431 en el espacio subcutáneo de los ratones, se observó una permeabilidad mejorada tanto en gel como en crema del híbrido obtenido (5-FU/GNPs), en comparación con el medicamento libre en las presentaciones antes mencionadas, en lo que respecta los análisis *in vivo*, el 5- fluorouracilo libre disminuyó el tumor después de 6 días de tratamiento, mientras que el 5-Fu/GNPs lo hizo a los 8 días, sin embargo, después de 29 días de tratamiento el 5- fluorouracilo libre disminuyó el volumen del tumor 1.7 (gel) y 2.2 (crema) veces menos, mientras que el 5-FU/GNPs lo hizo 6.8 (gel) y 18.4 (crema) veces, cuando se analizó estadísticamente con una $p < 0.01$, resultó estadísticamente significativo con respecto al control (Safwat M. A. y cols. 2018).

Como se mencionó anteriormente, existen medicamentos cuyo descubrimiento lleva varias décadas y su actividad anticancerígena es excelente, sin embargo, su uso se limita por los efectos secundarios que conlleva la administración de dicho fármaco, no obstante, las NPsAu ofrecen una plataforma para el transporte de fármacos, se utilizó 3'-azido-3'-desoxitimidina (AZT) acoplada a NPsAu sintetizadas químicamente, a diferentes pH y se mantuvo en agitación durante 60 minutos, después se cubrió el híbrido obtenido con ácido lactobiónico modificado con PEG que posee un grupo tiol terminal para unirse con el oro directamente y se probaron frente a hepatocarcinoma utilizando las líneas celulares Huh7 y SNU-354; se observó que a pH 10 la eficiencia de carga fue mejor alcanzando 68% de eficiencia, la captación celular se determinó mediante Raman, observándose los picos de AZT en las células, demostrándose así la captación del híbrido, se compararon los resultados con NPsAu cubiertas solo por AZT y aquellas cubiertas solo por ácido lactobiónico, se observó que tuvieron mayor actividad las que estaban recubiertas por AZT, sin importar si no estaban recubiertas por ácido lactobiónico (Ly N. H. y cols. 2018).

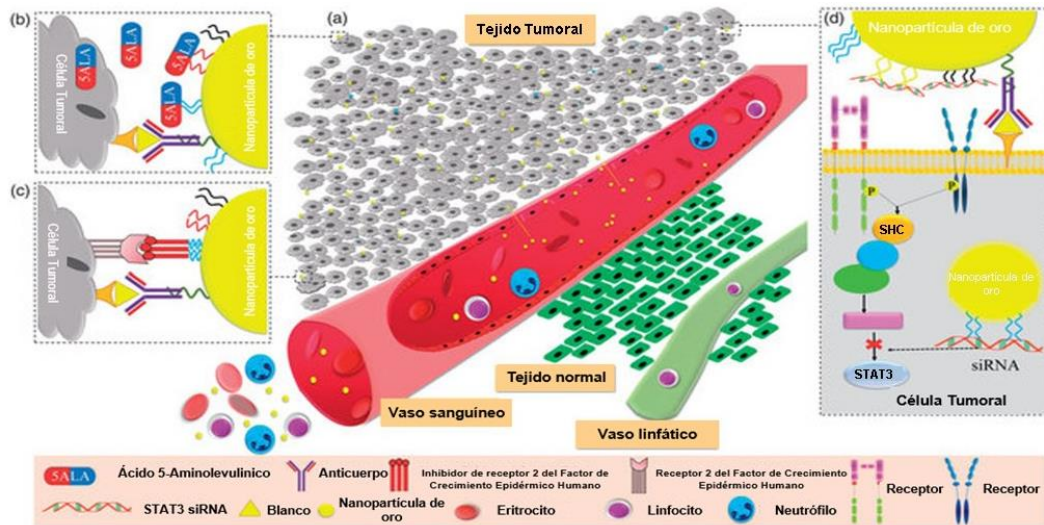
Los fármacos antes mencionados se encuentran en clínica desde hace ya varias décadas, se utilizan para el tratamiento de un amplio grupo de tipos de cáncer, ejemplo de ello es el cisplatino, aprobado en 1978 y empleado en el tratamiento de cáncer de ovario, testículo, pulmón, vejiga, linfoma, mieloma, melanoma, entre otros, sin embargo, al igual que muchos fármacos anticancerígenos, su uso prolongado acarrea una serie de complicaciones como lo son la resistencia al fármaco, dosis límite y efectos secundarios, entre los que se encuentran nefrotoxicidad, neurotoxicidad, ototoxicidad y mielo supresión (Avendaño C. y Menéndez, J.2015), es por lo anterior que se buscan estrategias que mantengan la actividad anticancerígena, disminuyendo los efectos secundarios y las complicaciones, Coluccia y colaboradores en el 2018 acoplaron NPsAu con cisplatino, recubiertas con ácido poliacrílico, los híbridos obtenidos se probaron en cuatro líneas celulares: U251, T98G, U87 y U138, NPsAu-Cis mostraron un marcado efecto dependiente de la dosis, disminuyendo el IC₅₀ del cisplatino libre de 1.7-16.7 μ M a 1 μ M (Coluccia D. y cols. 2018).

Otro fármaco utilizado actualmente en clínica que acarrea graves efectos secundarios, destacando cardiotoxicidad, es la doxorubicina, por lo que recientemente se diseñaron sistemas de transporte de doxorubicina empleando NPsAu, aprovechando la sensibilidad del enlace de la hidrazona por pH cercanos a 5, pH que se encuentra en los lisosomas de las células, para lograr la unión de la doxorubicina con las NPsAu se emplea el ligando polietilenglicol tiolado y un catalizador, con doble o triple enlace que permita la unión del fármaco y el ligando, además de un dendrímero para el caso de los resultados muestran un claro incremento de la citotoxicidad del híbrido en comparación con la doxorubicina libre sobre células de pulmón A549 (Khutale G. V. y Casey, A.2017); Interesantemente el fármaco no se libera en condiciones fisiológicas ya que solo bajo las condiciones que se encuentran dentro de los lisosomas se puede llevar a cabo la liberación del fármaco, además determinaron que la mayor concentración de doxorubicina se localizaba en el tumor y que además, la formación de clusters de híbridos (200-300 nm de diámetro) disminuía el tamaño del tumor, a diferencia de los híbridos individuales (20-30 nm de diámetro) que solo ralentizaron el crecimiento (Mao W. y cols. 2018).

Las NPsAu como transportadores de biofármacos anticancerígenos

Actualmente se utilizan varios tipos de NPs como transportadores de fármacos y biofármacos contra diferentes enfermedades entre ellas el cáncer, las propiedades de estos dependen del sitio blanco a donde van dirigidos. Las características que reúnen estos transportadores es que cuentan con excelente compatibilidad, biodistribución, tiempo de circulación, buena relación entre fragmentos hidrofílicos e hidrofóbicos para una mejor biodisponibilidad y prevención a la degradación de las drogas (Aftab S. y cols. 2018). Algunos de estos materiales inorgánicos como, compuestos magnéticos, de sílice, o formados de oro u orgánicos como polímeros o dendrímeros. Específicamente las NPsAu son químicamente estables biocompatibles y se preparan de diferentes tamaños tanto por medios químicos como biológicos entre estos extractos de plantas y estos son estabilizados y funcionalizados fácilmente con compuestos que tienen grupos tioles. Estas NPsAu pueden acumularse pasivamente en los tumores o formar conjugados a través de ligandos para transportarse y realizar su función en mencionados tumores, la figura 4 muestra un esquema representativo de las múltiples aplicaciones de las NPsAu como transportadores de diferentes tipos de moléculas para el diagnóstico y tratamiento del cáncer.

Figura 4 Aplicaciones de las NpsAu en el transporte dirigido de fármacos



- Transporte dirigido de fármacos hacia tejidos tumorales utilizando NpsAu.
- NpsAu como transportadores de fármacos.
- Transporte dirigido mediante NpsAu acopladas a anticuerpos.
- Inhibición del crecimiento tumoral utilizando NpsAu acopladas a siRNAs. Tomada de (Bagheri S. y cols. 2018) con modificaciones.

NPsAu como transportadores de bifármacos proteicos

Por otro lado, hay NPsAu que transportan proteínas como el Factor de Necrosis Tumoral (FNT), en este caso se sintetizó la estructura CY-6091 que está formada de NPsAu de 27 nm en la cual se ha unido por separado FNT y polietilén glicol (Tamarkin L. y Kingston, D.2017). Ya que el FNT es decorado en su superficie con NPsAu, esta construcción tiene una doble ventaja, en primer lugar aumenta la permeabilidad de retención además la acción biológica del FNT sobre los vasos sanguíneos está limitado solamente en la superficie del tumor en la cual realiza su función.

NPsAu como transportadores de RNA antisentido

Recientemente, los microRNAs (miRNAs) son de gran interés para la investigación del cáncer, los miRNA son un grupo de pequeño de RNA, son de cadena sencilla y tienen de 18 a 25 nucleótidos. La función de los miRNA es mediante la unión por puentes de hidrógeno de bases complementarias de los RNAs mensajeros, de esta forma inhiben la traducción y evita la formación de la proteína de interés (Lorio M. V. y Croce, C. M.2009). Los miRNA regulan la proliferación y la apoptosis de células tumorales y la disminución de la expresión conduce a la inhibición efectiva de los tumores. Las NPsAu transportan estos RNAs solos o en forma de híbridos, entre estos se encuentran los que están formados por dendrímeros NPsAu que transportan gemcitabina y el inhibidor miR-21 (miR-2Li) de células tumorales (Chen X. J. y cols. 2018; Lin L. y cols. 2018).

NPsAu como transportadores de DNazimas

La modificación del RNA por medio del procesamiento es un proceso biológico fundamental para la síntesis de diferentes proteínas partiendo del mismo gen. El desarrollo de nuevas herramientas químico biológico para procesar el RNA tiene un gran potencial para entender la bioquímica de éste. Las técnicas más usadas para la modificación el RNA incluyen el uso de ribozimas, adenosin desaminasa y tRNA endonucleasas. Recientemente se reportó una nanoenzima que realiza el procesamiento de cualquier estructura de tallo de material genético.

Esta nanoenzima está formada de NPsAu funcionalizadas con tres enzimas; dos cadenas de DNA catalítico con función de ribonucleasa y una de RNA ligasa, esta enzima rompe y une los RNA blanco realizando la reacción de procesamiento como funciona en el espliceosoma. En este caso la reacción de las tres enzimas remueve 19 nucleótidos del segmento de 67 nucleótidos del RNA de la estructura mencionada con una eficiencia del 66%. Estas nanoenzimas de procesamiento representan una gran expectativa para aplicarlas en sistemas biológicos como cáncer, en este caso el transporte con NPsAu optimiza su función (Petree J. R. y cols. 2018).

Las NPsAu en los métodos de diagnóstico de tumores

Las NPsAu son de gran utilidad en la detección y diagnóstico de cáncer, específicamente el de cáncer oral, éste es uno de los más comunes y agresivos a nivel mundial. Hay métodos para la prevención y control de esta enfermedad, normalmente se toman biopsias de los tejidos con estándares de oro, sin embargo es invasivo y causa malestares en los pacientes, por otro lado, hay técnicas de métodos no invasivos tradicionales, citología exfoliativa, pero la especificidad y sensibilidad es limitada. Por eso es de suma importancia buscar nuevas técnicas de diagnóstico no invasivas, altamente sensible y específicas. El sistema de detección usando NPsAu son más compatibles, biosintetizadas fácilmente y con excelente capacidad de interacción con moléculas blanco de superficie, por tal motivo el uso de estas técnicas ayudarán en la clínica en el mejoramiento de la detección y monitoreo de la enfermedad en diferentes fases de tumores orales (Chen X. J. y cols. 2018). Un excelente método de diagnóstico de tumores es mediante el uso NPsAu dirigidas contra el factor de crecimiento epidérmico (FCE) como agente de contraste usando tomografías por computadora. Los FCE pertenecen a una familia de receptores de tirosina cinasa que disparan las vías de señalización que conducen al crecimiento, proliferación y sobrevivencia. La combinación de la detección de receptores presentes en los tumores por NPsAu y con las características de imagen tradicional, diferencian fácilmente los tumores malignos de pulmón de lesiones benignas (Ashton J. R. y cols. 2018).

Conclusiones

El cáncer es un problema serio de salud a nivel mundial debido principalmente a diagnósticos deficientes y a que los tratamientos como quimioterapia y radioterapia entre otros son muy agresivos y traen una infinidad de efectos secundarios al paciente. Por tal motivo surge la necesidad de buscar y utilizar nuevas alternativas para el tratamiento de pacientes con esta enfermedad que tanto daño ocasiona a la humanidad. Entre las alternativas más prometedoras se encuentran las NPsAu, que son inertes, se obtienen rápidamente y con excelentes rendimientos por métodos biológicos y reconocen receptores celulares tumorales solas o funcionalizadas con grupos funcionales, motivo por el cual se pueden acoplar fármacos antitumorales ampliamente utilizados en clínica para potenciar su efecto contra mencionadas células. Recientemente se obtuvieron híbridos de NPsAu, proteínas y DNA capaces de detectar receptores tumorales más específicos y diferenciar inequívocamente tumores. Otro aporte contundente de mencionadas NPsAu es la formación de híbridos con biofármacos como ribozimas, DNAsimas, RNA antisentido, factor de necrosis tumoral, es con el fin de transportarlos al sitio blanco e inhibir la expresión de genes presentes en los tumores. En un futuro se tiene contemplado tener mejores métodos de diagnóstico de tumores y sobre todo un tratamiento personalizado en base a la secuenciación del genoma completo de cada individuo y el uso de híbridos más específicos conociendo perfectamente la biología molecular del paciente.

Agradecimiento

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca de maestría no. 489782 de Trejo-Teniente I.

Referencias

- Aftab, S., Shah, A., Nadhman, A., Kurbanoglu, S., Aysil, Ozkan S., Dionysiou, D. D., Shukla, S. S., y Aminabhavi, T. M. (2018). Nanomedicine: An effective tool in cancer therapy. *Int.J.Pharm.* 540:132-149.
- Ahmed, S., Annu, Ikram, S., y Yudha, S. S. (2016). Biosynthesis of gold nanoparticles: A green approach. *J.Photochem.Photobiol.B.* 161:141-153.
- American Cancer Society (2019). Tipos comunes de tratamiento para el cáncer.
- Anand, P., Kunnumakkara, A. B., Sundaram, C., Harikumar, K. B., Tharakan, S. T., Lai, O. S., Sung, B., y Aggarwal, B. B. (2008). Cancer is a preventable disease that requires major lifestyle changes. *Pharm.Res.* 25:2097-2116.
- Aqil, F., Munagala, R., Jeyabalan, J., y Vadhanam, M. V. (2013). Bioavailability of phytochemicals and its enhancement by drug delivery systems. *Cancer Lett.* 334:133-141.

- Ashton, J. R., Gottlin, E. B., Patz, E. F., Jr., West, J. L., y Badea, C. T. (2018). A comparative analysis of EGFR-targeting antibodies for gold nanoparticle CT imaging of lung cancer. *PLoS.One.* 13:e0206950.
- Avendaño, C. y Menéndez, J. (2015). Medicinal Chemistry of Anticancer Drugs.
- Bagheri, S., Yasemi, M., Safaie-Qamsari, E., Rashidiani, J., Abkar, M., Hassani, M., Mirhosseini, S. A., y Kooshki, H. (2018). Using gold nanoparticles in diagnosis and treatment of melanoma cancer. *Artif.Cells Nanomed.Biotechnol.* 46:462-471.
- Bennie, L. A., McCarthy, H. O., y Coulter, J. A. (2018). Enhanced nanoparticle delivery exploiting tumour-responsive formulations. *Cancer Nanotechnol.* 9:10.
- Centelles, J. J. y Imperial, S. (2010). Paclitaxel. Descubrimiento propiedades y uso clínico. *Offarm.* 29:68-75.
- Chavva, S. R., Deshmukh, S. K., Kanchanapally, R., Tyagi, N., Coym, J. W., Singh, A. P., y Singh, S. (2019). Epigallocatechin Gallate-Gold Nanoparticles Exhibit Superior Antitumor Activity Compared to Conventional Gold Nanoparticles: Potential Synergistic Interactions. *Nanomaterials.(Basel).* 9.
- Chen, X. J., Zhang, X. Q., Liu, Q., Zhang, J., y Zhou, G. (2018). Nanotechnology: a promising method for oral cancer detection and diagnosis. *J.Nanobiotechnology.* 16:52.
- Cobley, C. M., Chen, J., Cho, E. C., Wang, L. V., y Xia, Y. (2011). Gold nanostructures: a class of multifunctional materials for biomedical applications. *Chem.Soc.Rev.* 40:44-56.
- Coluccia, D., Figueiredo, C. A., Wu, M. Y., Riemenschneider, A. N., Diaz, R., Luck, A., Smith, C., Das, S., Ackerley, C., O'Reilly, M., Hynynen, K., y Rutka, J. T. (2018). Enhancing glioblastoma treatment using cisplatin-gold-nanoparticle conjugates and targeted delivery with magnetic resonance-guided focused ultrasound. *Nanomedicine.* 14:1137-1148.
- Connor, D. M. y Broome, A. M. (2018). Gold Nanoparticles for the Delivery of Cancer Therapeutics. *Adv.Cancer Res.* 139:163-184.
- Daniel, M. C. y Astruc, D. (2004). Gold nanoparticles: assembly, supramolecular chemistry, quantum-size-related properties, and applications toward biology, catalysis, and nanotechnology. *Chem.Rev.* 104:293-346.
- Dykman, L. y Khlebtsov, N. (2012). Gold nanoparticles in biomedical applications: recent advances and perspectives. *Chem.Soc.Rev.* 41:2256-2282.
- Gibson, J. D., Khanal, B. P., y Zubarev, E. R. (2007). Paclitaxel-functionalized gold nanoparticles. *J.Am.Chem.Soc.* 129:11653-11661.
- Hale, S. J. M., Perrins, R. D., Garci, A. CE, Pace, A., Peral, U., Patel, K. R., Robinson, A., Williams, P., Ding, Y., Saito, G., Rodriguez, M. A., Perera, I., Barrientos, A., Conlon, K., Damment, S., Porter, J., y Coulter, T. (2019). DM1 Loaded Ultrasmall Gold Nanoparticles Display Significant Efficacy and Improved Tolerability in Murine Models of Hepatocellular Carcinoma. *Bioconjug.Chem.* 30:703-713.
- Heyam, S., Samrein, A, y Gazala, A. K. (2016). Gold Nanoparticles in cancer therapy and diagnostics. *Eur.J.Pharm.Med.Res.* 3:54-67.
- INEGI (2015). Estadísticas a propósito del día mundial del cáncer.
- Issell, B. F. y Crooke, S. T. (1978). Maytansine. *Cancer Treat.Rev.* 5:199-207.
- Jemal, A., Bray, F., Center, M. M., Ferlay, J., Ward, E., y Forman, D. (2011). Global cancer statistics. *CA Cancer J.Clin.* 61:69-90.

- Jiao, Y. N., Wu, L. N., Xue, D., Liu, X. J., Tian, Z. H., Jiang, S. T., Han, S. Y., y Li, P. P. (2018). *Marsdenia tenacissima* extract induces apoptosis and suppresses autophagy through ERK activation in lung cancer cells. *Cancer Cell Int.* 18:149.
- Kemp, M. M., Kumar, A., Mousa, S., Dyskin, E., Yalcin, M., Ajayan, P., Linhardt, R. J., y Mousa, S. A. (2009). Gold and silver nanoparticles conjugated with heparin derivative possess anti-angiogenesis properties. *Nanotechnology.* 20:455104.
- Khutale, G. V. y Casey, A. (2017). Synthesis and characterization of a multifunctional gold-doxorubicin nanoparticle system for pH triggered intracellular anticancer drug release. *Eur.J.Pharm.Biopharm.* 119:372-380.
- Lin, L., Fan, Y., Gao, F., Jin L, Li, D., y Du, L. (2018). UTMD-Promoted co-delivery of gemcitabine and miR-21 inhibitor by dendrimer-entrapped gold nanoparticles for pancreatic cancer therapy. *Theranostics.* 8:1923-1939.
- Lorio, M. V. y Croce, C. M. (2009). MicroRNAs in Cancer: Small molecules with a huge impact. *J.Clin.Oncol.* 27:5848-5856.
- Ly, N. H., Nguyen, T. D., y Joo, S. W. (2018). Raman spectroscopy of pH-induced release of zidovudine from lactobionic acid-conjugated PEGylated gold colloids. *Colloids Surf.B Biointerfaces.* 171:49-57.
- Maeda, H., Wu, J., Sawa, T., Matsumura, Y., y Hori, K. (2000). Tumor vascular permeability and the EPR effect in macromolecular therapeutics: a review. *J.Control Release.* 65:271-284.
- Mansoori, G. A., ohazzabi, P., McCormack, P., y Jabbari, S (2007). Nanotechnology in cancer prevention, detection and treatment: bright future lies ahead. *World Review of Science, Technology and Sustainable Development.* 4:226-257.
- Mao, W., Kim, H. S., Son, Y. J., Kim, S. R., y Yoo, H. S. (2018). Doxorubicin encapsulated clicked gold nanoparticle clusters exhibiting tumor-specific disassembly for enhanced tumor localization and computerized tomographic imaging. *J.Control Release.* 269:52-62.
- OMS (2017). Datos y cifras sobre el cáncer.
- Papac, R. J. (2001). Origins of cancer therapy. *Yale J.Biol.Med.* 74:391-398.
- Petree, J. R., Yehl, K., Galior, K., Glazier, R., Deal, B., y Salaita, K. (2018). Site-Selective RNA Splicing Nanozyme: DNAzyme and RtcB Conjugates on a Gold Nanoparticle. *ACS Chem.Biol.* 13:215-224.
- Pissuwan, D., Niidome, T., y Cortie, M. B. (2011). The forthcoming applications of gold nanoparticles in drug and gene delivery systems. *J.Control Release.* 149:65-71.
- Radomska, A., Leszczyszyn, J., y Radomski, M. W. (2016). The Nanopharmacology and Nanotoxicology of Nanomaterials: New Opportunities and Challenges. *Adv.Clin.Exp.Med.* 25:151-162.
- Raghunandan, D., Ravishankar, B., Sharanbasava, G., Mahesh, D. B., Harsoor, V., Yalagatti, M. S., Bhagawanraju, M., y Venkataraman, A. (2011). Anti-cancer studies of noble metal nanoparticles synthesized using different plant extracts. *Cancer Nanotechnol.* 2:57-65.
- Safwat, M. A., Soliman, G. M., Sayed, D., y Attia, M. A. (2018). Fluorouracil-Loaded Gold Nanoparticles for the Treatment of Skin Cancer: Development, in Vitro Characterization, and in Vivo Evaluation in a Mouse Skin Cancer Xenograft Model. *Mol.Pharm.* 15:2194-2205.
- Sanoj, Rejinold N., Thomas, R. G., Muthiah, M., Chennazhi, K. P., Manzoor, K., Park, I. K., Jeong, Y. Y., y Jayakumar, R. (2015). Anti-cancer, pharmacokinetics and tumor localization studies of pH-, RF- and thermo-responsive nanoparticles. *Int.J.Biol.Macromol.* 74:249-262.

Stolarczyk, E. U., Stolarczyk, K., Laszcz, M., Kubiszewski, M., Maruszak, W., Olejarz, W., y Bryk, D. (2017). Synthesis and characterization of genistein conjugated with gold nanoparticles and the study of their cytotoxic properties. *Eur.J.Pharm.Sci.* 96:176-185.

Sun, B., Hu, N., Han, L., Pi, Y., Gao, Y., y Chen, K. (2019). Anticancer activity of green synthesised gold nanoparticles from *Marsdenia tenacissima* inhibits A549 cell proliferation through the apoptotic pathway. *Artif.Cells Nanomed.Biotechnol.* 47:4012-4019.

Tamarkin, L. y Kingston, D. (2017). Exposing the tumor microenvironment: how gold nanoparticles enhance and refine drug delivery. *Therapeutic delivery.* 8:363-366.

Thambiraj, S., Hema, S., y Shankaran, D. R. (2018). An Overview on Applications of Gold Nanoparticle for Early Diagnosis and Targeted Drug Delivery to Prostate Cancer. *Recent Pat Nanotechnol.* 12:110-131.

Toy, R., Peiris, P. M., Ghaghada, K. B., y Karathanasis, E. (2014). Shaping cancer nanomedicine: the effect of particle shape on the in vivo journey of nanoparticles. *Nanomedicine.(Lond).* 9:121-134.

Turkevich, J., Stevenson, P., y Hillier, J. (1951). A study of the nucleation and growth processes in the synthesis of colloidal gold. *Discuss.Faraday Soc.* 11:55-75.

Capítulo 3 Efecto de abonos orgánicos en *Raphanus sativus* en Mexcaltepec, Guerrero, México

Chapter 3 Effect of organic fertilizers on *Raphanus sativus* in Mexcaltepec, Guerrero, Mexico

GÁLVEZ-TIBURCIO, Galdino†, MORA-OJENDIZ, Lucelia*, CRISTOBAL-HERNANDEZ, Cesar y PACHECO-CANTÚ, Eugenia

Universidad Intercultural del Estado de Guerrero

ID 1^{er} Autor: *Galdino, Gálvez-Tiburcio*

ID 1^{er} Coautor: *Lucelia, Mora-Ojendiz*

ID 2^{do} Coautor: *Cesar, Cristobal-Hernandez*

ID 3^{er} Coautor: *Eugenia, Pacheco-Cantú*

G. Gálvez, L. Mora, C. Cristobal y E. Pacheco

*lucy-uaaan@hotmail.com

J. Olives. (Dir.). Biología, Química y Ciencias de la Vida TI. Collection-©ECORFAN-Mexico, Ecatepec de Morelos, 2019.

Resumen

La presente investigación se llevó a cabo en la comunidad de Mexcaltepec, municipio de Acatepec. El presente trabajo consistió en un experimento en campo con el objetivo principal de evaluar el efecto de dos abonos orgánicos (estiércol de chivo y hormiga arriera) en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L.). El experimento consistió en un diseño de bloques completos al azar, con tres tratamientos y seis repeticiones. La dimensión total del experimento fue de 24 m² (4 m x 6 m), el área de cada unidad experimental fue de 0.168 m² (0.30 m x 0.56 m). Para determinar las diferencias existentes entre los distintos tratamientos utilizados, se realizó un análisis de varianza, para ello se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.0. En donde los resultados mostraron que el estiércol de chivo presentó los valores más altos en altura de la planta, diámetro, longitud y peso del rábano, por lo que puede decirse que es mejor en comparación con los otros tratamientos evaluados.

Agricultura, Estiércol, Rábano, Rendimiento

Abstract

This research was carried out in the community of Mexcaltepec, municipality of Acatepec. The present work consisted of a field experiment with the main objective of evaluating the effect of two organic fertilizers (goat dung and arriera ant) on the radish crop (*Raphanus sativus* L.). The experiment consisted of a randomized complete block design, with three treatments and six repetitions. The total dimension of the experiment was 24 m² (4 m x 6 m), the area of each experimental unit was 0.168 m² (0.30 m x 0.56 m). To determine the differences between the different treatments used, an analysis of variance was performed, for this the statistical package SAS version 9.0 was used. Where the results showed that goat dung had the highest values in plant height, diameter, length and radish weight, so it can be said to be better compared to the other treatments evaluated.

Agriculture, Manure, Radish, Yie

Introducción

La agricultura orgánica surge desde una concepción integral, donde se involucran elementos técnicos, sociales, económicos y agroecológicos. No se trata de la mera sustitución del modelo productivo o de insumos de síntesis artificial por insumos naturales. La agricultura orgánica es una opción integral de desarrollo capaz de consolidar la producción de alimentos saludables en mercados altamente competitivos y crecientes (Amador, 2001).

De acuerdo a Hernández (2010) la agricultura orgánica se define como un sistema productivo que propone evitar, incluso excluir totalmente los fertilizantes y pesticidas sintéticos de la producción agrícola. Además menciona que la incorporación de abonos orgánicos en la agricultura es una práctica que está cobrando cada vez más importancia por sus comprobados efectos benéficos en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos agrícolas.

La SAGARPA (2009) define a la agricultura orgánica como un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos de la finca, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica y al mismo tiempo a minimizar el uso de recursos no renovables reduciendo o eliminando el uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente y la salud humana. Las hortalizas ocupan un lugar importante dentro de la alimentación diaria de la población, ya que forman parte fundamental de la tradición gastronómica de nuestro país, ya que poseen un alto valor nutrimental.

Uno de los problemas del cultivo del rábano es la asimilación de los nutrientes por ser uno de los cultivos de ciclo corto (35 días). En la actualidad una de las técnicas más utilizadas en la horticultura para incrementar la producción de hortalizas es la utilización de los abonos orgánicos. Esta consiste en utilizar los residuos orgánicos para restituir la materia orgánica del suelo y así aumentar la capacidad de retención de nutrientes.

En particular el cultivo de rábano es muy importante debido a que es una hortaliza muy cultivada en la comunidad de estudio, por esta razón se eligió esta especie en la presente investigación, para ver cuál es el efecto de dos abonos orgánicos en la producción de rábano.

La utilización de fertilizantes es una actividad importante en el manejo agronómico de los cultivos, debido a que proporciona los elementos necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas, por ello la aplicación de fertilizantes inorgánicos consiste en suministrar los nutrientes por medio de la aplicación de productos químicos, de tal manera que pueden ser aprovechados por las plantas, además señalan que la fertilización del suelo puede ser de dos tipos orgánica e inorgánica; la orgánica consiste en suministrar nutrientes al suelo por medio de materia orgánica, estas pueden ser de origen vegetal o animal; mientras que la fertilización inorgánica consiste en suministrar los nutrientes por medio de la aplicación de abonos o productos químicos, de tal manera que pueden ser absorbidos por las plantas (Escalante *et al.*, 2006).

Asimismo Meléndez y Soto (2003) mencionan que se entiende por abono orgánico todo material de origen orgánico utilizado para la fertilización de cultivos o como mejorador de suelo, se incluyen dentro de los abonos orgánicos materiales como la gallinaza, estiércol de animales, composta, lombricomposta, bocashi entre otros.

Los abonos orgánicos que se utilizan en la actualidad son: composta, gallinaza, lombricomposta, bocashi, entre otros. Estos fertilizantes orgánicos ayudan a mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrientes para las plantas para su óptimo crecimiento y desarrollo (Dimas, 2001).

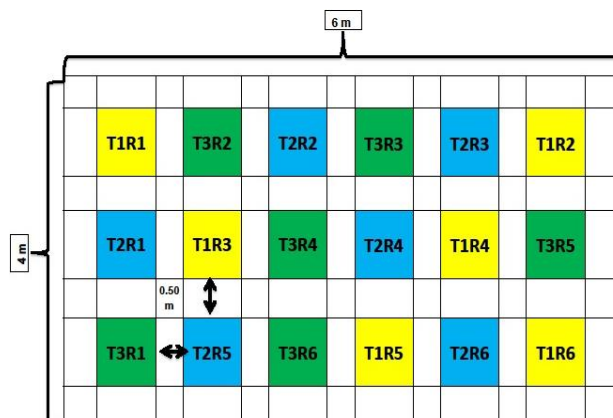
La presente investigación se llevó a cabo en la comunidad de Mexcaltepec, municipio de Acatepec, esto con el objetivo de evaluar dos fertilizantes orgánicos (Estiércol de chivo y de hormiga arriera) con el fin de que los agricultores tengan una alternativa de fertilización orgánica, logrando con ello el cuidado del medio ambiente, producir alimentos sanos y además de dar otro uso a los recursos considerados como desechos y que son fáciles de conseguir en la comunidad.

Materiales y métodos

El área utilizada para la realización de este trabajo fue dentro de la parcela del Sr. Hilario Gálvez Sánchez, que se encuentra en la huerta denominada “cafetales” de la comunidad de Mexcaltepec, municipio de Acatepec, Guerrero. Los abonos orgánicos utilizados en la presente investigación (Estiércol de chivo y estiércol de arriera) se obtuvieron de la parcela del mismo agricultor.

Para la realización de la presente investigación se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con tres tratamientos y seis repeticiones, además se realizaron diversas actividades, como medición del área, limpieza del terreno, aplicación de los tratamientos, siembra, además del manejo agronómico al cultivo. La aplicación de los abonos se realizó al momento de la siembra a razón de 5 kg de cada abono por unidad experimental y al testigo absoluto no se le aplicó ningún tipo de abono, estas dosis utilizadas fueron determinadas de acuerdo a las cantidades que utilizan los agricultores en la comunidad.

Figura 3.1 Diseño del experimento



Se realizaron tabloncillos de madera rellenos de suelo, en donde cada tabloncillo representó una unidad experimental. Para ello fue necesario diseñar tabloncillos con medidas de 0.30 m x 0.56 m.

La siembra se realizó el 04 de abril del 2016 de forma manual, utilizando el método de siembra por hileras, para ello fue necesaria la utilización de una vara para ir haciendo la perforación en donde se depositaron dos semillas por golpe.

Figura 3.2 Siembra del rabano



El control de malezas se realizó de forma manual, se realizaron dos deshierbes para prevenir la proliferación de malezas agresivas como la escobilla (*Bacharis conferta* kunth), flor de olote (*Salvia* sp), entre otras. Los riegos se realizaron manualmente una vez al día, aplicándose por las mañanas, con la ayuda de los dueños de la parcela en donde se realizó el experimento.

Figura 3.3 Riego del rabano



Las variables evaluadas fueron germinación, número de hojas por planta, altura de la planta, dichas evaluaciones se efectuaron a los 8, 15, 22, 29 y 36 días después de la siembra, por otro parte la longitud, diámetro y peso del rábano se realizó a los 36 días después de la siembra. Para determinar las diferencias existentes entre los distintos tratamientos utilizados se realizó un análisis de varianza, en el caso en donde los tratamientos mostraron diferencias se realizó la prueba LSD (Diferencia Mínima Significativa) con el paquete estadístico sas versión 9.0.

Figura 3.4 Establecimiento del experimento



Resultados y discusión

De acuerdo al análisis de varianza realizado para la variable **emergencia**, se encontró que si existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. En lo que respecta a la comparación de medias para esta misma variable, los resultados muestran que los tratamientos presentan diferencias (Tabla 3.1), resultando que el T1 presentó el mayor porcentaje de emergencia con 94.1 % seguido del T2 con 91.6 % y por último el T3 (Testigo) obtuvo 88.3 %.

Tabla 3.1 Prueba LSD (Diferencia mínima significativa) de comparación de medias para la variable emergencia

Tratamientos	Emergencia (%)
1	94.167 a
2	91.667 ab
3	88.333 b

Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.5$). T1= estiércol de chivo, T2 = estiércol de hormiga arriera y T3 = testigo.

En este mismo sentido Arellano (2014) realizó un estudio sobre el rábano en la comunidad de La Ciénega, en donde obtuvo que la emergencia fue que el 100 % de las semillas abonadas con composta germinaron a los cuatro días después de la siembra, mientras que las que fueron fertilizadas con lombricomposta emergieron el 100 % entre los 4 y 5 días, por último a las que fueron abonadas con estiércol de chivo emergieron el 100 % entre los 4 y 6 días; mientras que en el tratamiento con fertilizante químico se obtuvo 70 % de emergencia entre los cuatro y ocho días. Mientras tanto en la presente investigación el estiércol de chivo presentó el mayor porcentaje de emergencia con 94.1 %, seguido del estiércol de arriera con 91.6 % y finalmente el testigo con menor porcentaje de emergencia con tan solo 88.3 %.

En cuanto al número de hojas, el ANOVA y la prueba de comparación de medias para la variable número de hojas (Tabla 3.2) mostró que los tratamientos evaluados en la presente investigación estadísticamente son iguales, por tanto no existen diferencias estadísticas significativas.

Tabla 3.2 Prueba LSD (Diferencia mínima significativa) de comparación de medias para el variable número de hojas

Tratamientos	Número de hojas
1	8.90000 a
2	8.90000 a
3	8.83333 a

Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.5$). T1= estiércol de chivo, T2 = estiércol de hormiga arriera y T3 = testigo.

En una investigación realizada por Gómez y Pérez (2008) sobre los efectos en el cultivo de rábano utilizando tres fertilizantes orgánicos, encontraron que para el número de hojas los valores más elevados se presentaron en los tratamientos correspondientes al compost propio (CP25, CP50 y CP100), no obstante sin alcanzar diferencias significativas. Como conclusión obtuvieron que se observa un incremento directo en relación con la cantidad aplicada, estableciéndose el valor máximo para el tratamiento compost propio al 100 % (presentando hasta 8 hojas en la última evaluación).

Por su parte Ramírez y Pérez (2006) en un trabajo realizado encontraron que el mayor número de hojas por planta durante el periodo de estudio, se observó en los tratamientos T3 y T4 (50 % y 25 % de biosólido) alcanzando valores de 8 a 9 hojas en total. Los tratamientos T2 y T5 (75 % de biosólido y 100 % suelo) presentaron un número de hojas intermedio (7–8), mientras que el tratamiento T1 (100 % de biosólido) presentó el menor número de hojas (<-5). Valores similares a los encontrados en el presente estudio ya que los tratamientos evaluados presentaron en promedio 8.9 hojas.

Para la variable altura de las plantas, el ANOVA muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. En cuanto a la comparación de medias (Tabla 3.3) se puede observar claramente que el T1 es el mejor tratamiento alcanzando 40.8 cm. Por su parte el T2 y T3 estadísticamente son iguales con 38.2 cm y 32.9 cm respectivamente. Sin embargo a pesar de ser estadísticamente iguales el T2 presentó mejor altura.

Tabla 3.3 Prueba LSD (Diferencia mínima significativa) de comparación de medias para la variable altura de las plantas

Tratamientos	Altura de las plantas (cm)
1	40.8300 a
2	38.2000 b
3	32.9000 b

Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.5$).

En este sentido, Somarriba (1998) señala que la variable altura de la planta es una característica fisiológica importante en el crecimiento y desarrollo de la planta. La altura de la planta depende de la acumulación de nutrientes en el tallo que se producen durante la fotosíntesis, los que a su vez son transferidos a la raíz de la planta, esta función puede verse afectada por la acción conjunta de cuatro factores fundamentales, los cuales son: luz, calor, humedad y nutrientes.

Por su parte Torrez (2009) en sus resultados sobre la altura de la planta no obtuvo diferencias significativas, en ninguna de las evaluaciones (a los 15 y 26 días después de la siembra). Sin embargo numéricamente el bocashi obtuvo mejor altura de la planta con 28.0 cm a los 26 días después de la siembra. Este resultado es similar a lo encontrado en el presente estudio, ya que el estiércol de chivo obtuvo 31.0 cm de altura de planta en la evaluación 4 (29 días).

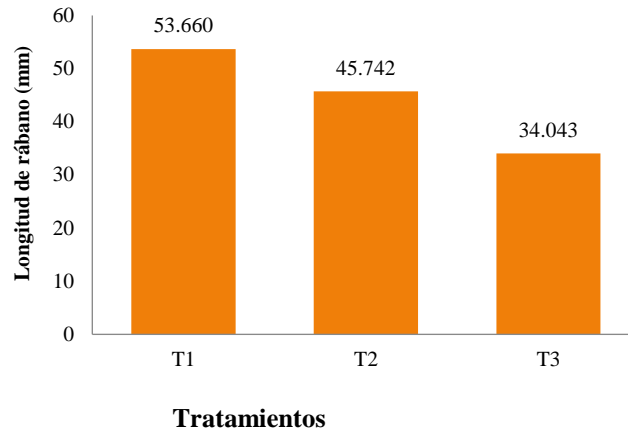
Ramírez y Pérez (2006) encontraron un incremento constante en la longitud de las plantas en los distintos tratamientos hasta el día de cosecha. La mayor longitud la alcanzaron los tratamientos T3 y T4 (50 % y 25 % de biosólido) siendo ésta mayor a 20 cm, un nivel intermedio lo presentaron los tratamientos T2 y T5 (75 % de biosólido y 100 % de suelo) con una longitud entre 15-20 cm, mientras que el tratamiento T1 (100 % de biosólido) alcanzó una longitud significativamente menor (<5 cm) hasta el día de cosecha. En tanto que en el presente trabajo el T1 (estiércol de chivo) fue el mejor tratamiento presentando 40.8 cm en la última evaluación realizada en el presente estudio.

Para el caso de la variable longitud del rábano, el análisis de varianza muestra que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos, por su parte la prueba de comparación de medias muestra que el T1 fue el tratamiento que presentó el mayor valor con 53.6 mm, seguido del T2 con 45.7 mm y por último el T3 obtuvo el valor más bajo con 34.0 mm (Tabla 3.4 y grafico 3.1).

Tabla 3.4 Prueba LSD (Diferencia mínima significativa) de comparación de medias para la variable longitud del rábano

Tratamientos	Logitud del rábano (mm)
T1	53.660 a
T2	45.742 b
T3	34.043 c

Medias con letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.5$). T1= estiércol de chivo, T2 = estiércol de hormiga arriera y T3 = testigo.

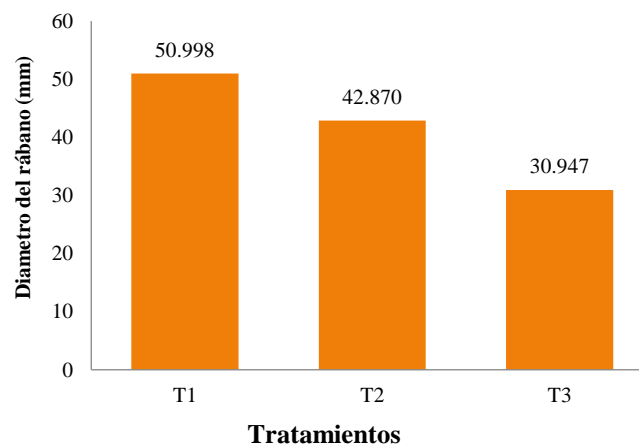
Grafico 3.1 Resultado de la variable longitud del rábano sin follaje (gr).

En este sentido En una investigación realizada por Gómez y Pérez (2008) mencionan que al evaluar esta variable en algunos casos se obtuvieron valores máximos para distintos tratamientos de fertilizantes diferentes, combinándose HL100 (humus de Lombriz), CC100 (compost comercial) y CP100 (compost propio) sin embargo no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Pero de forma general, los tratamientos del Compost Propio presentaron mejores valores, obteniendo en el Compost Propio con dosis de 12 kg/m² registró 8 hojas/planta, 31.83 cm de longitud del tallo, 15.33 de longitud de la raíz, 3.93 cm de diámetro de la raíz. En cuanto la longitud de la raíz en el presente estudio se obtuvo un valor más bajo con 53.6 mm.

Con respecto al variable diámetro de rábano, de acuerdo al ANOVA efectuado se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. En donde el mejor tratamiento fue el T1 con 50.9 mm de diámetro, seguido del T2 con 42.8 mm y por último el tratamiento que menor diámetro presentó fue el T3 con 30.9 mm (Tabla 3.5 y grafico 3.2).

Tabla 3.5 Prueba LSD (Diferencia mínima significativa) de comparación de medias para la variable diámetro del rábano

Tratamientos	Diámetro del rábano (mm)
T1	50.998 a
T2	42.870 b
T3	30.947 c

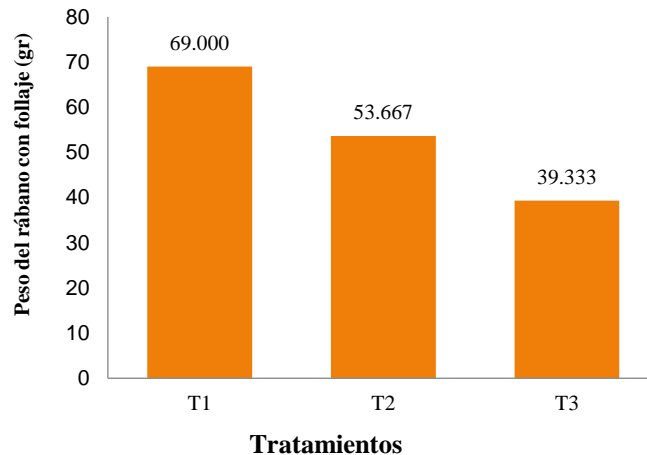
Grafico 3.2 Resultado de la variable diametro del rábano sin follaje (gr).

Por su parte, Gómez y Pérez (2008) mencionan que utilizaron diferentes fertilizantes como HL100 (humus de Lombriz), CC100 (compost comercial) y CP100 (compost propio) sin encontrar diferencias estadísticas significativas.

Sin embargo los tratamientos correspondientes al Compost Propio presentan mejores valores, como el Compost Propio con dosis de 12 kg/m² registró un promedio de 3.93 cm de diámetro de la raíz. Sin embargo en el presente estudio para esta misma variable se encontró que el T1 y T2 obtuvieron mejores resultados con 50.9 mm y 42.8 mm, valores superiores a los reportados por los autores antes mencionados.

De acuerdo al ANOVA realizado para la variable peso de rábano con follaje, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, la comparación de medias para esta variable muestra que T1 es el mejor tratamiento presentando el mayor peso (69.0 gr) seguido del T2 con 53.6 gr y por último el tratamiento con menor peso fue el T3 con 39.3 gr.

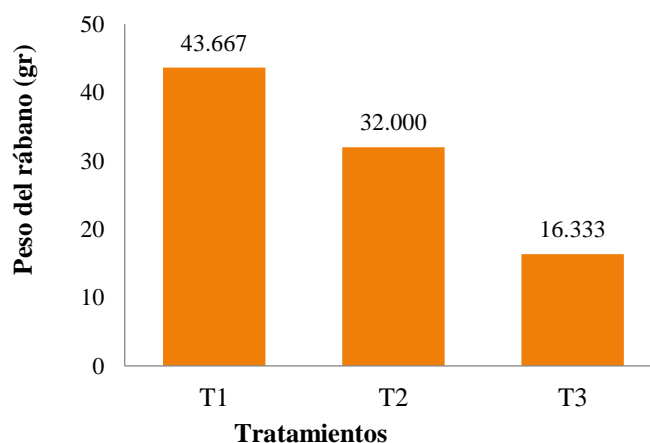
Grafico 3.3 Resultado de la variable peso del rábano con follaje (gr).



Los resultados obtenidos son superiores a los alcanzados por Ruiz et al. (2008) quienes evaluaron el efecto de diferentes dosis de estiércol vacuno (EV) en el rendimiento del rabanito, con una aplicación de 2 kg/m² de EV se tuvo un rendimiento de 1.3 kg/m² encontrándose una diferencia significativa con respecto al testigo que arrojó un rendimiento de 1.05 kg/m², mientras que en el presente estudio se obtuvo un rendimiento de 1.725 kg/m² en el T1.

Al respecto Zúñiga (2002) evaluó el estiércol bovino y de caprino en el rendimiento del cultivo de betabel, los resultados demostraron que el estiércol de bovino obtuvo el mejor rendimiento con 89.713 ton/ha con la dosis de 60 ton/ha de estiércol. El estiércol caprino obtuvo un rendimiento de 74.218 ton/ha con dosis de 75 ton/ha de estiércol. Estos resultados difieren a los encontrados en el presente estudio en donde al evaluar el efecto de dos abonos orgánicos (Estiércol de chivo y de hormiga arriera) el estiércol de chivo obtuvo mejores resultados en comparación con los demás tratamientos evaluados. Por último, la variable peso de rábano sin follaje, de acuerdo al ANOVA se encontraron diferencias estadísticas significativas. La prueba de comparación de medias arrojó que el mejor tratamiento fue el T1 alcanzando un peso de 43.6 gr, seguido del T2 con 32.0 gr y el tratamiento con menor peso fue el T3 logrando obtener tan solo 16.3 gr.

Grafico 3.4 Resultado de la variable peso del rábano sin follaje (gr).



En este sentido en una investigación realizada por Vincent (2013) en donde evaluó el peso de la raíz del rábano, no obtuvo diferencias estadísticas, no obstante el mayor peso lo alcanzó la variedad Crimson Giant con un promedio de 37.37 g. de peso de raíz. En tanto que en la presente investigación el T1 obtuvo el mejor resultado en la variable peso de rábano sin follaje con un valor de 43.6 gr, siendo este valor superior a lo reportado por el autor antes mencionado.

Por su parte Torrez (2009) encontró que el fertilizante que presentó mejor efecto fue el bocashi con una media de 22.30 g para la variable peso del rábano, valor inferior a lo reportado en el presente estudio.

Conclusiones

Con respecto a la germinación el T1 presentó el mayor porcentaje con 94.1 %, seguido del T2 con 91.6 % y por último el T3 (Testigo) fue el tratamiento con menor porcentaje de germinación con 88.3 %.

En lo que respecta al número de hojas la prueba de comparación de medias, muestra que el T1 presentó el mayor número de hojas (7.7 hojas) siendo el mejor tratamiento en este experimento, ya que el T2 y T3 estadísticamente son iguales, en donde presentaron valores inferiores para esta variable con 7.4 y 7.3 respectivamente.

Lo que corresponde a la variable altura de las plantas se obtuvo que el T1 y T2 (estiércol de chivo y abono de arriera) resultaron estadísticamente iguales, ya que fueron los mejores tratamientos con una altura de planta de 4.8 cm y 4.5 cm respectivamente en comparación con el T3 (Testigo) que presentó tan solo 3.6 cm.

De la misma manera se evaluó la longitud del rábano en donde el T1 presentó el mayor valor con 53.6 mm, seguido del T2 con 45.7 mm y por último el T3 obtuvo el valor más bajo con 34.0 mm.

En cuanto a la variable diámetro del rábano se encontró que el mejor tratamiento fue el T1 con 50.9 mm de diámetro, seguido del T2 con 42.8 mm y por último el tratamiento que menor diámetro presentó fue el T3 con 30.9 mm.

En este mismo sentido se evaluó la variable peso del rábano con follaje en donde los resultados mostraron que el T1 (estiércol de chivo) fue el mejor tratamiento presentando el mayor peso (69.0 gr) seguido del T2 (estiércol de arriera de arriera) con 53.6 gr y por último el tratamiento con menor peso fue el T3 (testigo) con 39.3 gr.

Por último se evaluó la variable peso del rábano sin follaje, de acuerdo al ANOVA se encontraron diferencias estadísticas significativas, mientras que la prueba de comparación de medias para esta variable muestra que el mejor tratamiento fue el T1 alcanzando un peso de 43.6 gr, seguido del T2 con 32.0 gr y el tratamiento con menor peso fue el T3 logrando obtener tan solo 16.3 gr.

Con base a los resultados obtenidos en esta investigación se concluye que el estiércol de chivo (T1) presentó mejores resultados en la mayoría de las variables evaluadas en el cultivo de rábano (altura de las plantas, longitud, diámetro y peso del rábano), no obstante el estiércol de arriera también presentó buenos resultados. De esta manera los habitantes de la comunidad en donde se realizó dicha investigación podrán contar con información referente al efecto que tiene la aplicación de estiércol de chivo y estiércol de arriera en la producción del rábano, por tanto podrán aprovechar el estiércol de los animales criados en la comunidad como una alternativa para producir sus propios alimentos sin necesidad de utilizar fertilizantes químicos.

Una vez culminado el trabajo de investigación, es pertinente mencionar la importancia de determinar la calidad nutrimental de los diferentes abonos orgánicos ante de su aplicación, esto con el fin de saber el aporte de nutrientes que realmente se le suministra al cultivo, además de evaluar diferentes tipos de abonos orgánicos como: solido, foliares, entre otros, en diferentes cultivos.

Referencias

- Amador, M. 2001. La situación de la producción orgánica en Centro América. Ponencia presentada en el Taller de Comercialización de Productos Orgánicos en Centro América. Pág 35.
- Arellano R, B. 2014. Efectividad de diferentes abonos en el cultivo rábano (*Raphanus sativus* L.) en La Ciénega, municipio de Malinaltepec, Guerrero, México. Tesis de licenciatura. Universidad Intercultural del Estado Guerrero. Pág. 55-65.
- Dimas J, L. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra 4 (19): 293-299.
- Escalante E. L.E; Linzaga E.C; Escalante E.Y. 2006. Cálculo de fertilizantes para elaborar mezclas físicas. Revista alternativa. 3(10): 5-15.
- Gómez G, P y Pérez S, J. 2008. Efectos sobre el cultivo de rábano rojo (*Raphanus sativus* L) de tres fertilizantes orgánicos. Tesis de licenciatura. Universidad Politécnica de Madrid. 106. Pág.
- Hernández R, A. 2010. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Tecnociencia Chihuahua 4(1): 1-6.
- Meléndez G y Soto G. 2003. Taller de abonos orgánicos, proyecto de investigación NOS del CATE/GTZ. Centro de investigaciones agronómicas Costa Rica.
- SAGARPA. 2009. Secretaría de Energía: Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México.
- Somarriba, J. 1998. Biblioteca del campo; manual agropecuario, tecnologías orgánicas de las granjas integrales autosuficientes. Editorial Limerin. Pág. 72.
- Torrez T, M. 2009. Evaluación del cultivo rábano (*Raphanus sativus* L) variedad crimson Giant utilizando sustratos mejorados y determinación de los coeficientes “Kc” y “Ky”, bajo riego. Finca Las Mercedes Managua. Trabajo de diploma. Pág. 65.
- Ramírez P, R y Pérez A, M. 2006. Evaluación del potencial de los biosólidos procedentes del tratamiento de aguas residuales para uso agrícola y su efecto sobre el cultivo de rábano rojo (*Raphanus sativus* L.). Universidad Nacional de Colombia pág. 3556.
- Ruiz V, A; Cañiza R, F; Noguera I; Duart P. 2008. Efecto de diferentes dosis de estiércol vacuno en el rendimiento del rabanito (*Raphanus sativus* L). Facultad de ciencias agrarias, Universidad Nacional de Asunción.
- Vincent F, D. 2013. Comportamiento agronómico de tres variedades de rábano (*Raphanus sativus*), con diferentes densidades de siembra aplicando abono orgánico líquido. Tesis de ingeniería. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Pág. 74.
- Zúñiga C, R. 2002. Evaluación del estiércol bovino y caprino en el rendimiento del cultivo de betabel (*Beta vulgaris* L.). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

Capítulo 4 Consumo dendroenergético en la Comunidad de Apantla, Municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero

Chapter 4 Wood energy consumption in the Apantla Community, Municipality of Ayutla de los Libres, Guerrero

CASARRUBIAS, Fortunato†* & RAMÍREZ, Angela

Universidad Intercultural del Estado de Guerrero. Km. 2 Carretera Ayutla – Cerro Gordo. Ayutla de los Libres, Gro., C.P. 39200

ID 1^{er} Autor: *Fortunato, Casarrubias*

ID 1^{er} Coautor: *Angela, Ramírez*

F. Casarrubias & A. Ramírez

* casarrubiasfortunato@gmail.com

J. Olives. (Dir.). Biología, Química y Ciencias de la Vida TI. Collection-©ECORFAN-Mexico, Ecatepec de Morelos, 2019.

Resumen

La presente investigación se realizó en la comunidad de Apantla, municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero. Los objetivos del estudio fueron identificar que especies son mayormente utilizadas como recursos dendroenergéticos y evaluar el consumo total de leña por familia al día, al mes y al año. La recolección de datos se realizó por medio de encuestas dirigidas a las familias que habitan en la comunidad, a través de un muestreo aleatorio simple, en el cual el tamaño de la población fue de 243 familias, obteniéndose un tamaño de muestra de 71 familias, con un nivel de confiabilidad del 95%. Se estimó el volumen promedio de leña consumida de acuerdo a la recomendación de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) mediante la medición de su longitud (cm) y grosor (cm) con una cinta métrica y peso (kg) con una báscula. Los resultados indican que el volumen consumido de leña al año es de 169.20m³ por familia. Las especies con mayor consumo dendroenergético en el área de estudio fueron: el encino amarillo (*Quercus magnolifolia* Née), encino prieto (*Quercus castanea* Née), así como especies de carnizuelo (*Acacia cornigera*), coapinol (*Hymenaea courbaril*), tlachicón (*Curatella americana* L.) y nanche (*Byrsonima crassifolia*).

Leña, Consumo dendroenergético, Patrón de abastecimiento

Abstract

The present investigation was carried out in the community of Apantla, municipality of Ayutla de los Libres, Guerrero. The objectives of this study were to identify which species are mostly used as wood energy resources and to evaluate the total consumption of fuelwood per family per day, month and year. The data collection was carried out through surveys directed to the families that live in the community, through a simple random sampling, in which the population size was 243 families, obtaining a sample size of 71 families, with a level of reliability of 95%. The average volume of fuelwood consumed was estimated according to the recommendation of the National Forestry Commission (CONAFOR) by measuring its length (cm) and thickness (cm) with a tape measure and weight (kg) with a bascule. The results indicate that the consumed volume of fuelwood per year is 169.20m³ per family. The species with the highest energy consumption in the study area were: yellow oak (*Quercus magnolifolia* Née), dark oak (*Quercus castanea* Née), carnivorous species (*Acacia cornigera*), “coapinol” (*Hymenaea courbaril*), “tlachicón” (*Curatella americana* L.) and “nanche” (*Byrsonima crassifolia*).

Fuelwood, Dendroenergetic consumption, Supply pattern

Introducción

El principal uso de la madera en México es como combustible, ya sea como leña o carbón: se estima que se utilizan en total unos 38 millones de metros cúbicos al año, 24.9 Mm³ al año en el sector doméstico de autoconsumo, 6 Mm³/año en el sector doméstico comercial, 6 Mm³/ año en el sector de las pequeñas industrias, y 0,7 Mm³/año para producir carbón vegetal. En comparación, el uso de madera en rollo para industrias mecánicas y celulósicas no supera los 8 Mm³/año, y la utilización de madera para postes se estima en 2,8 Mm³/año (FAO, 1999).

Uno de los productos que se pueden extraer de las selvas es la leña, siendo además uno de los recursos históricamente utilizados por el hombre (Correa, 2009), menciona que es fundamental para la supervivencia de las personas, principalmente de las regiones económicamente marginadas del mundo. Según Campos (2000), la leña cumple un papel preponderante en la cocina y calefacción de los hogares campesino. El crecimiento de la población en las comunidades marginadas y en especial en la comunidad de Apantla tiende a traer consigo una demanda más alta del recurso leña proporcionada por los terrenos forestales o parcelas con cobertura vegetal, a raíz de ese problema los terrenos sufren un impacto directo sobre la vegetación arbórea ya que en esta comunidad no todas personas pueden abastecerse de energía con gas LP, por el alto costo que este presenta. La alta dependencia de la leña como fuente energética, ha generado preocupaciones sobre las consecuencias que su uso acarrea para el ambiente, la degradación del suelo y las áreas forestales.

Es por eso que se realizó la presente investigación con finalidad de estimar y caracterizar el consumo doméstico de leña en la comunidad de Apantla, que permite conocer el consumo total de leña por familia, así como, el árbol o arbusto más utilizado por esta comunidad, etc. Esto es importante para el caso de un manejo forestal, que se requiere de información actualizada para la toma de decisiones que orienten a implementar acciones para incentivar el manejo sustentable de las especies dendroenergéticas. La leña es utilizada como combustible en las actividades domésticas de la zona rural de la costa Chica del Estado de Guerrero; obedece tanto a la forma tradicional de vida de sus pobladores, como a factores económicos y a falta de acceso a otras fuentes de energía. Esto la convierte en la fuente energética más accesible; adicionalmente genera implicaciones de tipo ambiental que es necesario estudiar. Actualmente en Apantla se presentan problemas como la deforestación causada por incendios forestales y tala inmoderada, además la extracción de leña también impacta en los recursos forestales, aunque no contribuye de manera notable a la deforestación por que no existen estudios que lo demuestren.

Los combustibles de madera a pesar de ser utilizados por buena parte de las poblaciones rurales y ser una de las fuentes energéticas más importantes, son los menos estudiados ya que son poco representativos en las estadísticas nacionales. La mayoría de las personas en Apantla utilizan la leña como combustible y la información estadística sobre el consumo de combustibles leñosos no está documentada. Las hipótesis planteadas en esta investigación fueron: Anualmente en la comunidad de Apantla se consume 100 m³ de leña al año por familia, la especie más utilizada como combustible en la comunidad es el encino y finalmente que los patrones de abastecimiento de leña de las familias de Apantla son a través de las recolectas.

La presente investigación servirá de base para conocer de manera analítica la situación en la que se encuentra la comunidad en cuanto al consumo de leña, así como también será un documento de consulta para la realización de otras investigaciones o estudios, de la misma forma será de gran utilidad para el diseño de proyectos de plantaciones energéticas o reforestaciones con especies que las personas prefieren para leña y que con un enfoque específico se continúe investigando sobre el tema de la leña.

La motivación de la presente investigación es fomentar el uso sustentable del recurso leña que dará como resultado el poder acceder a una fuente renovable de energía más segura y eficiente, de fácil acceso a la población, además de lograr costos adecuados para las poblaciones de menores ingresos, que a su vez ayudara a la no extinción de la vegetación arbórea.

En la introducción se describe el planteamiento del problema porque y para que se hace y las posibles hipótesis que surgen para la realización de este trabajo. En la metodología en la que se describen, los pasos que se siguieron en la investigación y los materiales de campo utilizados para llevar a cabo este trabajo, así mismo las fórmulas estadísticas para la recolección y toma de datos, posteriormente se presentan los resultados obtenidos de la investigación mediante la interpretación de gráficas. En la parte final del documento se encuentran los resultados, conclusiones, referencias y los anexos que sustentan la realización de este trabajo de investigación.

Objetivos

Objetivo General.

- Estimar el consumo dendroenergético en la comunidad de Apantla Municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero.

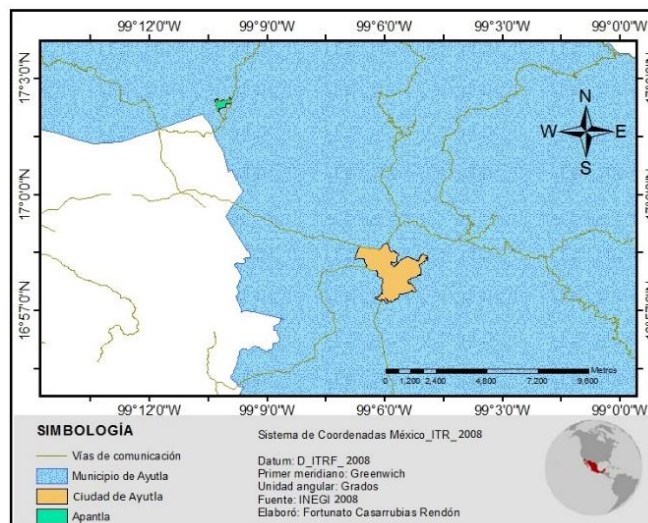
Objetivos Específicos.

- Cuantificar el consumo de leña que se utiliza en la comunidad de Apantla, municipio de Ayutla de los Libres, Gro.
- Identificar especies arbóreas preferidas usadas como combustibles en la comunidad.
- Obtener información sobre los patrones de abastecimiento de leña en la comunidad de Apantla, municipio de Ayutla de los Libres, Gro.

Marco de referencia

Apantla se encuentra dentro del ámbito rural de la región, se localiza en el municipio de Ayutla de los Libres del Estado de Guerrero, México (Figura 4.1) y está ubicada en las coordenadas geográficas longitud Oeste: 99.17° y latitud Norte: 17.04° (INEGI, 2001). La localidad se encuentra a una altura de 400 metros sobre el nivel del mar, el acceso es por medio de la carretera El Cortijo-El Rincón.

Figura 4.1 Localización de la comunidad de Apantla, municipio de Ayutla de los Libres



Metodología

La recopilación de la información se inició en el mes de diciembre del año 2017 donde se solicitó el permiso a la comunidad para realizar la presente investigación. La obtención de los datos se realizó mediante la utilización de una encuesta, propuesto por (Casas et al, 2006), que es un formato redactado en forma de interrogatorio de donde se obtiene información acerca de las variables que se son de mayor interés investigar, es un medio útil y eficaz para recoger información en un tiempo relativamente breve. Para esta investigación se aplicaron las encuestas personalmente a las señoras encargadas del hogar, ya que en este caso son quienes cuentan con la información requerida. Los datos obtenidos incluyen las características socio-económicas de los hogares, tipo de combustible utilizado, especies preferidas como leña, forma de adquisición y cantidad utilizada de leña. Para la aplicación de las encuestas se realizó un cuestionario de 34 preguntas abiertas y de opción múltiple, (anexo 1).

Los materiales de campo y oficina utilizados fueron: libreta de campo, báscula, flexómetro, cinta diamétrica, computadora y cámara fotográfica. Los softwares utilizados fueron Microsoft Excel ® 2013 -Google Earth Pro. Software ArcGis.10.3 -PASW Statistics ® 18.

Población

Para este trabajo se consideró a la población como la comunidad Apantla, municipio de Ayutla de los Libres Gro., que consta de 243 familias, dentro de un intervalo de 8 a 9 personas en promedio por familia. La información sobre el número de familias que hay en la comunidad de Apantla fue proporcionada por el sector salud y las autoridades ejidales de la comunidad.

Diseño de muestreo

Se utilizó un muestreo aleatorio simple en el cual las unidades muestra que se han de medir se eligen al azar, la idea fundamental en este tipo de muestreo es que al seleccionar una muestra de “n unidades”, cada combinación posible de las “n unidades” tenga la misma posibilidad de ser escogida (Berreta, 1991).

Tamaño de la muestra

Para la selección de las familias a quienes se les aplicó el cuestionario, se utilizó un muestreo aleatorio simple para el tamaño de muestra (n) se empleó la siguiente ecuación, sugerida por Freese (1969).

$$n = \frac{N * p * q}{(N-1)D + p * q} \quad (1)$$

$$\text{Dónde: } D = \frac{B^2}{4}$$

n = Tamaño de la muestra.

N : Es el tamaño de la población.

p : Es la probabilidad de éxito.

$q = 1 - p$.

B : Es el límite para el error de estimación.

Se consideraron los siguientes datos:

$$N=243 \quad p=0.5 \quad q=0.5 \quad B=0.1$$

$$D = \frac{0.1^2}{4}$$

Sustituyendo:

$$N = \frac{243 * 0.5 * 0.5}{(243-1)0.0025 + 0.5 * 0.5} = 71.05 \approx 71$$

Con base a lo anterior se determinó entrevistar a 71 familias aleatoriamente en toda la comunidad.

Aplicación de las encuestas

Se procedió a realizar las encuestas que fueron dirigidas a 71 familias, el método empleado fue de aleatorio, se hizo un listado y se les asignó un número a cada jefe (a) de familia, posteriormente se fueron sacando papeles enumerados contenidos dentro de un recipiente y así se obtuvieron las 71 familias a encuestar. Las preguntas que se incluyeron en las encuestas fueron principalmente: ¿Número de habitantes que viven en la casa?, ¿Qué tipo de cocina tiene?, ¿Cuántas veces cocina al día?, Especie que prefiere para leña, ¿Compra o recolecta la leña que utiliza?, ¿Qué percepción tiene sobre la abundancia de leña?, entre otras.

Cálculo del volumen de consumo de leña en metros cúbicos

Para el caso del volumen de la leña consumida promedio se determinó mediante la medición de su longitud (cm), grosor (cm) con una cinta métrica y peso (kg) con una báscula. El cuál fue utilizado para estimar el consumo de leña por día por persona y por día por familia, tal como lo recomienda la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) con la siguiente fórmula:

$$V = l * a * h * Ca$$

Dónde:

V : es el volumen de la pila de leña en m³

l : longitud de la pila de leña en metros lineales

a : es el ancho de la pila de leña metros lineales

h : alto de la pila de leña en metros lineales

Ca : el número que sirve para tomar en cuenta los huecos entre la leña (0.7 si esta rajada o 0.5 si es leña o brazuelo).

Organización y análisis de datos

La organización de los datos obtenidos por medio del instrumento de campo (encuestas) fueron agrupados y concentrados en una base de datos en una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel, posteriormente para el análisis estadístico de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS. (Statistical Product and Service Solutions).

Resultados

Cuantificación del consumo de leña

En cuanto al número de leños que usan cada vez que cocinan, las familias encuestadas dieron las siguientes respuestas: con un 25.36% utilizan de entre 6 y 8 leños, con el 23.64% quienes cocinan con 9 y 12 leños, el 9.86% las familias que solo lo hacen con 4 y 5 leños, y con la mínima de 1.41% más de 12 leños respectivamente. Cabe destacar que el número de leños a utilizar dependen de distintas razones, una de ellas es o depende del número de personas que viven en el hogar, otra es al periodo de lluvias que dependiendo de la humedad de la madera será la cantidad de uso, más húmeda más leños introducen al fogón, otra razón es el tipo de madera que prefieren para leña. El consumo dendroenergético en el presente estudio se basó en la evaluación de leña en metros cúbicos, de las 71 familias encuestadas solo 66 de ellas proporcionaron datos. En este caso las 66 consumen en promedio 0.08 m³ en un día, con este dato se obtuvo la relación del consumo al mes y posteriormente al año, para finalmente obtener el promedio por familia al año que fue de 29.20m³, así mismo se extrapolaron los datos para obtener el consumo promedio de la comunidad. En la tabla 4.1, se muestran los valores obtenidos.

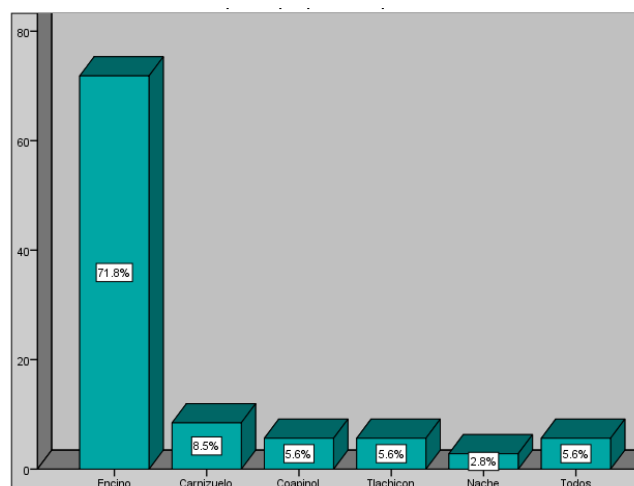
Tabla 4.1 Consumo de leña en la comunidad de Apantla, municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero

No. familias encuestadas	1	66	243
Consumo promedio de leña por familia al día (m ³)	0.08	5.31	19.56
Consumo de leña por familia al mes (m ³)	2.40	159.39	586.83
Volumen total por año (m ³)	28.80	1912.68	7041.96
Consumo promedio de leña por familia al año (m ³)	29.20	1939.25	7139.77

Especies arbóreas preferidas para la leña en la comunidad

El 71.8% de las familias encuestadas tienen una alta preferencia por especies de encino que lo muestra el Gráfico número 4.1, como son; encino amarillo (*Quercus magnolifolia* Née), encino prieto (*Quercus castanea* Née), en segundo lugar el 8.5% prefieren las especies de carrizuelo (*Acacia cornigera*), en tercer lugar con un 5.6% respectivamente encontramos a las especies de coapinol (*Hymenaea courbaril*) y tlachico (*Curatella americana* L.), igualmente con un 5.6% se encuentran las familias que utilizan todo tipo de especies arbóreas y arbustivas, es decir, usan las que encuentran y les sirva para leña debido a la lejanía y el difícil acceso para su recolección, finalmente con un 2.8% a las familias que prefieren a la especie de nanche (*Byrsonima crassifolia*) para la leña.

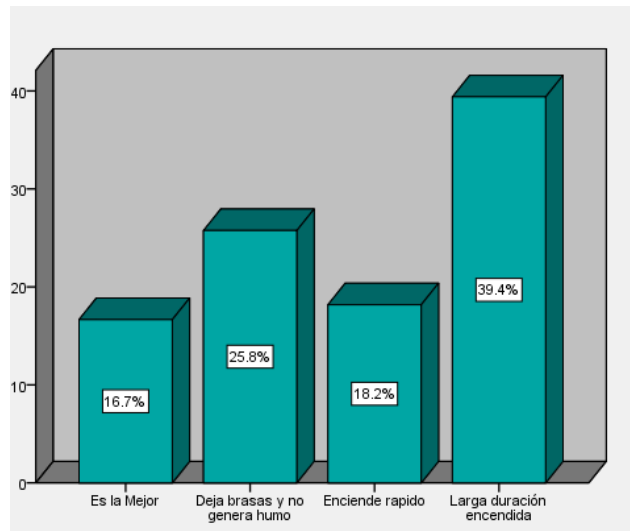
Gráfico 4.1 Especie preferida para leña



Preferencia del tipo de leña

Las razones mencionadas por los encuestados por las cuales prefieren ciertas especies para utilizarlas como leña, en este caso mayormente referido al encino, se indican en el Gráfico 4.2: el 39.4% indicó que permanecen encendidas por larga duración, seguido del 25.8% hacen referencia a que dejan muchas brasas y no generan humo, posteriormente el 18.2% manifiesta que esas especies encienden rapido, y finalmente con el 16,7% por que son las mejores especies para leña en la comunidad.

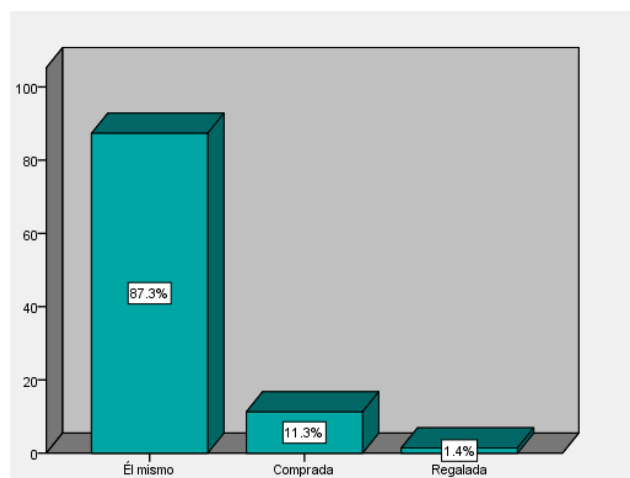
Gráfico 4.2 Razones de la preferencia del tipo de leña



Patrones de abastecimiento de leña

En el Gráfico número 4.3, indica que de acuerdo con las encuestas realizadas a las 71 familias, el 83.7% consigue este combustible mediante recolección, ya sea en propias parcelas o en el monte, esto se debe a que en esta región la tenencia de la tierra es de tipo comunal, el 11.3% de las familias compran la leña a otras personas del mismo pueblo que cuentan con este recurso en sus terrenos y con la minima encontrada con un 1.4% les es obsequiada la leña.

Grafica 4.3 Patrones de abastecimiento de leña



Uso y valor económico de la leña

La leña que se obtiene en la comunidad de Apantla se destina principalmente a actividades domésticas principalmente para la cocción de los alimentos. El mercado de la leña afecta directamente al consumo del recurso, el precio de venta de la leña está ligado a la disponibilidad, por ejemplo cuando su recolección es fácil el precio es bajo aproximadamente de \$ 900 por una camioneta de 3 toneladas y cuando el recurso es escaso y tiene mucha demanda el precio aumenta a \$1,300.

Anexos

Cubicación de leña en m³

Se llama raja a la leña de tronco y ramas gruesas, cortada en trozos de hasta 80 centímetros de longitud y 8 cm de grosor; este grosor permite cortarlas a lo largo.

Se llama brazuelo a la leña más pequeña, que resulta al cortar ramas y puntas de árboles, que no son tan gruesas como para hacer rajadas.

Para calcular las dimensiones de la leña, en raja o en brazuelo, se apila para medir su ancho, largo y alto. Una vez que se tienen las medidas lineales, se pueden calcular las dimensiones cúbicas o de su volumen utilizando la siguiente fórmula:

$$V = l * a * h * Ca$$

Donde:

V= volumen de la pila de leña en m³

l= longitud de la pila de leña en metros

a= ancho de la pila de leña en metros

h= alto de la pila en metros

Ca= número que sirve para tomar en cuenta los huecos entre la leña (0.7 si es leña en raja o 0.5 si es leña en brazuelo).

Figura 4.2 Coeficientes para calcular la dimensión de la leña.

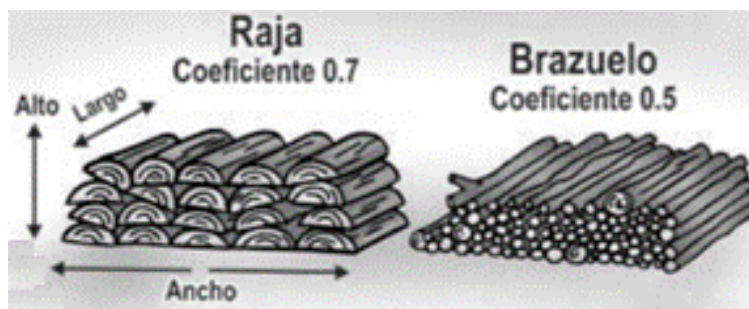


Figura 4.3 Toma de datos



Figura 4.4 Tipo de dispositivos de combustión



Agradecimiento

A la comunidad de Bienes Comunales de Apantla, municipio de Ayutla de los Libres, Gro. Por las facilidades para la realización de este estudio

Contribución

Es un gran paso la realización de esta investigación debido a que la evaluación del consumo de leña aporta las bases y referencias para otros estudios posteriores, contribuye sobre la producción de conocimiento y saber local de las comunidades sobre el recurso leña. Brinda información para detectar elementos que son relevantes para la conservación tales como especies preferidas que se pueden emplear para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales dendroenergéticas.

Conclusiones

En la comunidad de Apantla, municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero, el uso de leña es fundamental para los habitantes, se usa principalmente para la cocción de alimentos ya que el 100% de las familias encuestadas consumen leña.

Con el respaldo del presente trabajo, se infiere que el consumo de leña por familia es de 29.20 m³/ año, por lo cual se rechaza la primera hipótesis planteada de que el consumo por familia al año es mayor a 100 m³ anuales.

Las especies arbóreas y arbustivas mencionadas como preferidas por la comunidad para el uso dendroenergético son encino amarillo (*Quercus magnolifolia Née*), encino prieto (*Quercus castanea Née*), las razones por las cuales prefieren estas especies es que permanecen encendidas por un largo periodo de tiempo, dejan muchas brasas, no generan humo, encienden rápido y por lo cual se consideran mejores especies para uso dendroenergético, por lo cual se acepta la segunda hipótesis planteada.

En cuanto a los patrones de abastecimiento se acepta la tercera hipótesis ya que el principal método de obtención de leña es a través de la recolección.

Referencias

- Berreta, E. J. (1991). *Glosario estructurado de términos sobre pasturas y producción animal*. 127.
- Campos, C. D. (2000). *Uso de especies forestales asociadas a bosques de roble con fines energéticos en tres veredas de Encino-Santander*. ICRW. Honduras, 238.
- Correa, P. S. (2009). *Uso de leña y carbón vegetal como energético, magnitud de la reforestación y sustentabilidad*. AMECIDER, 208.
- Casas et al, J. A. (2006). *La encuesta como técnica de investigación*, 143-150.
- FAO. (1999). *El suministro mundial de fibras*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Freese, F. (1969). *Muestreo forestal elemental*. Boletín de agricultura No, 232. Estación experimental del Sur, Servicio Forestal, departamento de Agricultura de los E. U. A. Centro Regional de Ayuda Técnica Agencia para el Desarrollo Internacional. México/B.
- INEGI. (28 de Febrero de 2001). *Obtenido de Referencias Geográficas y Extensión Territorial de México*.
- http://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/internet/1geografiademexico/man_refgeog_extterr_vs_enero_30_2088.pdf.

Instructions for Scientific, Technological and Innovation Publication

Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)

International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1st author: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID) and CVU 1st author: (Scholar-PNPC or SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1st coauthor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID) and CVU 1st coauthor: (Scholar or SNI) (No.10 Times New Roman)

ID 2nd coauthor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID) and CVU 2nd coauthor: (Scholar or SNI) (No.10 Times New Roman)

ID 3rd coauthor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID) and CVU 3rd coauthor: (Scholar or SNI) (No.10 Times New Roman)

(Report Submission Date: Month, Day, and Year); Accepted (Insert date of Acceptance: Use Only ECORFAN)

Citación: Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 1^{er} Autor. Apellido, Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 1^{er} Coautor. Apellido, Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 2^{do} Coautor. Apellido, Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 3^{er} Coautor. Apellido

Correo institucional [Times New Roman No.10]

Primera letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre Editores. Apellidos (Dir.) *Título del Handbook [Times New Roman No.10]*, Temas Selectos del área que corresponde ©ECORFAN- Filial, Año.

Instructions for Scientific, Technological and Innovation Publication

Abstract

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo, en inglés.

Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y Negritas No.12

1 Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?.

Enfocar claramente cada una de sus características.

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Capítulo.

Desarrollo de Secciones y Apartados del Capítulo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Capítulos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del Capítulo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

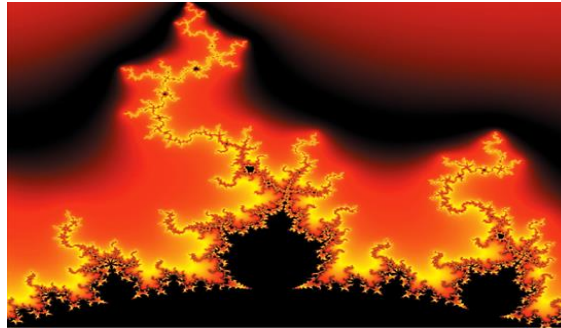
[Indicando el título en la parte Superior con Times New Roman No.12 y Negrita, señalando la fuente en la parte Inferior centrada con Times New Roman No. 10]

Tabla 1.1 Título

Particiones	Valores	Log
P1	7.58	0.88
P2	7.62	0.88
P3	7.58	0.88
P4	7.59	0.88
P5	7.57	0.88
P6	7.58	0.88
P7	7.57	0.88

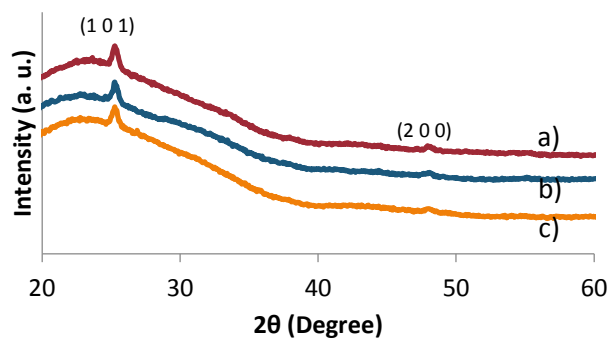
Fuente de Consulta:
(No deberán ser imágenes, todo debe ser editable)

Figura 1.1 Título



Fuente de Consulta:
(No deberán ser imágenes, todo debe ser editable)

Gráfico 1.1 Título



Fuente de Consulta:
(No deberán ser imágenes, todo debe ser editable)

Cada Capítulo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$P = \frac{[V_V - P_V]^{1/2}}{V_O - P^{Uh}} + \frac{3}{4} \left[\frac{(P^{VL})}{(P_u)} \right] \rightarrow \int_V^a L_a \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados.

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Capítulo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Instructions for Scientific, Technological and Innovation Publication

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo, en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Capítulo.

Ficha Técnica

Cada Capítulo deberá presentar en un documento Word (.docx):

Nombre del Handbook

Título del Capítulo

Abstract

Keywords

Secciones del Capítulo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

Reserva a la Política Editorial

ECORFAN Handbooks se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar la Obra Científica a la Política Editorial del Ecorfan Handbooks. Una vez aceptada la Obra Científica en su versión final, el Ecorfan Handbooks enviará al autor las pruebas para su revisión. Ecorfan® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación de la Obra Científica.

Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Declaración de Originalidad y carácter inédito de la Obra Científica, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución

La Dirección de Ecorfan-México, S.C reivindica a los Autores de la Obra Científica que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes de la Obra Científica deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia de la Obra Científica propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título de la Obra Científica:

- El envío de una Obra Científica a Ecorfan Handbooks emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Obra Científica, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en esta Obra Científica ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeado en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en la Obra Científica, así como las teorías y los datos procedentes de otras Obras Científicas previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Obra Científica se difunda por los medios que Ecorfan-México, S.C. en su Holding México considere pertinentes para divulgación y difusión de su Obra Científica cediendo sus Derechos de Obra Científica.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de esta Obra Científica se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en la Obra Científica.

Copyright y Acceso

La publicación de esta Obra Científica supone la cesión del copyright a ECORFAN-Mexico, S.C en su Holding México para su ECORFAN Handbooks, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada de la Obra Científica y la puesta a disposición de la Obra Científica en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título de la Obra Científica:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre la Obra Científica enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio a la Obra Científica el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de la Obra Científica. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con la Obra Científica que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter la Obra Científica a evaluación.

Responsabilidades de los Autores

Los Autores deben garantizar que sus Obras Científicas son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Obra Científica definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza de la Obra Científica presentado a arbitraje.

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE	For international bibliographer's manager
MENDELEY	For basification of data from scientific journals
GOOGLE SCHOLAR	For your international search specialized in retrieving scientific documents
REDIB	Ibero-American Network of Innovation and scientific knowledge-CSIC

Servicios Editoriales:

Identificación de Citación e Índice H.
Administración del Formato de Originalidad y Autorización.
Testeo del Chapter con PLAGSCAN.
Evaluación de Obra Científica.
Emisión de Certificado de Arbitraje.
Edición de Obra Científica.
Maquetación Web.
Indización y Repositorio
Publicación de Obra Científica.
Certificado de Obra Científica.
Facturación por Servicio de Edición.

Política Editorial y Administración

143 - 50 Itzopan, Ecatepec de Morelos – México. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MSc

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistentes Editoriales

ROSALES-BORBOR, Eleana. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN®- Mexico- Bolivia- Spain- Ecuador- Cameroon- Colombia- El Salvador- Guatemala- Nicaragua- Peru- Paraguay- Democratic Republic of The Congo- Taiwan),sponsorships@ecorfan.org

Licencias del Sitio

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

Oficinas de Gestión

244 Itzopan, Ecatepec de Morelos–México.

21 Santa Lucía, CP-5220. Libertadores -Sucre–Bolivia.

38 Matacerquillas, CP-28411. Morazarzal –Madrid-España.

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenue, Salinas I - Santa Elena-Ecuador.

1047 La Raza Avenue -Santa Ana, Cusco-Peru.

Boulevard de la Liberté, Immeuble Kassap, CP-5963.Akwa- Douala-Cameroon.

Southwest Avenue, San Sebastian – León-Nicaragua.

6593 Kinshasa 31 – Republique Démocratique du Congo.

San Quentin Avenue, R 1-17 Miralvalle - San Salvador-El Salvador.

16 Kilometro, American Highway, House Terra Alta, D7 Mixco Zona 1-Guatemala.

105 Alberdi Rivarola Captain, CP-2060. Luque City- Paraguay.

Distrito YongHe, Zhongxin, calle 69. Taipei-Taiwán.

43 Calle # 30 -90 B. El Triunfo CP.50001. Bogotá-Colombia.

