



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE ”

ISSN 2448-508X

División Académica de Ciencias Biológicas
« REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA »

KUXULKAB'

-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

—Número especial—

Patología Celular:
Aplicaciones
de la **Biología**
de Celular



Volumen 28

Número 60

Enero-Abril 2022

Dr. José Guadalupe Chan Quijano
Editor invitado; profesor de la Universidad Autónoma de Guadalajara,
Campus Tabasco



Powered by
Arizona State University



TRABAJO DE CAMPO: PROFESORA DE LA DACBioI-UJAT EN LA COLECTA DE MUESTRAS DE POLEN DE *Rizophora mangle*.
Laguna de Términos; Campeche; México.

Fotografía: cortesía de Marcela Alejandra Cid Martínez



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE ”

DIRECTORIO

L.D. Guillermo Narváez Osorio
Rector

Dra. Dora María Frias Márquez
Secretaria de Servicios Académicos

Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Mtro. Jorge Membreño Juárez
Secretario de Servicios Administrativos

Mtro. Miguel Armando Vélez Téllez
Secretario de Finanzas

Dr. Arturo Garrido Mora
Director de la División Académica de Ciencias Biológicas

Dra. Ana Rosa Rodríguez Luna
Coordinadora de Investigación y Posgrado, DACBiología-UJAT

M. en A. Emilio Ocampo Morales
Coordinador Administrativo, DACBiología-UJAT

M.I.P.A. Araceli Guadalupe Pérez Gómez
Coordinadora de Docencia, DACBiología-UJAT

M.C.A. Yessenia Sánchez Alcudia
Coordinadora de Difusión Cultural y Extensión, DACBiología-UJAT

COMITÉ EDITORIAL DE KUXULKAB'

Dr. Andrés Reséndez Medina †
Editor fundador

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Editor ejecutivo y encargado

Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa

Dr. Jesús García Grajales

Dra. Carolina Zequeira Larios

Dr. Rodrigo García Morales

Dra. María Elena Macías Valadez-Treviño

Ocean. Rafael García de Quevedo Machain

M.C.A. Ma. Guadalupe Rivas Acuña

Dr. Nicolás Álvarez Pliego

Dra. Nelly del Carmen Jiménez Pérez

Dr. Marco Antonio Altamirano González Ortega

Dra. Rocío Guerrero Zárate

Dr. Eduardo Salvador López Hernández

Dra. Nadia Florencia Ojeda Robertos

Dr. Maximiano Antonio Estrada Botello

Dra. Melina del Carmen Uribe López

Dr. José Guadalupe Chan Quijano

Dra. Martha Alicia Perera García

Editores asociados

Dra. Ramona Elizabeth Sanlúcar Estrada

M.C.A. Alma Deysi Anacleto Rosas

Dra. Ena Edith Mata Zayas

M. en Pub. Magally Guadalupe Sánchez Domínguez

Correctores de estilo

M.C.A. María del Rosario Barragán Vázquez

M. en C. Leonardo Noriel López Jiménez

Dra. Violeta Ruiz Carrera

Correctores de pruebas

M.Arq. Marcela Zurita Macías-Valadez

M. en C. Sulma Guadalupe Gómez Jiménez

Traductoras

L.I.A. Ervey Baltazar Esponda

Soporte técnico institucional

Srta. Ydania del Carmen Rosado López

Téc. Juan Pablo Quiñonez Rodríguez †

Biól. José Francisco Juárez López

Est. Biól. Gloria Cecilia Arecha Soler

Est. G.A. Diana Cecilia Velázquez Leyva

Est. I.A. José Manuel Ramírez Cruz

Apoyo técnico

CONSEJO EDITORIAL (EXTERNO)

Dra. Lilia María Gama Campillo

División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT - México

Dr. Roberto Carlos González Fócil

Jefe del Departamento de Revistas Científicas, UJAT - México

Dra. Juliana Álvarez Rodríguez

División Académica de Ciencias Económico Administrativas, UJAT - México

Dr. Jesús María San Martín Toro

Universidad de Valladolid (UVA) - España

ISSN 2448-508X

KUXULKAB'

La revista KUXULKAB' (vocablo chontal que significa «tierra viva» o «naturaleza») es una publicación cuatrimestral de divulgación científica la cual forma parte de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; aquí se exhiben tópicos sobre la situación de nuestros recursos naturales, además de avances o resultados de las líneas de investigación dentro de las ciencias biológicas, agropecuarias y ambientales principalmente.

El objetivo fundamental de la revista es transmitir conocimientos con la aspiración de lograr su más amplia presencia dentro de la propia comunidad universitaria y fuera de ella, pretendiendo igualmente, una vinculación con la sociedad. Se publican trabajos de autores nacionales o extranjeros en español, con un breve resumen en inglés, así como también imágenes caricaturescas.

KUXULKAB' se encuentra disponible electrónicamente y en acceso abierto:



Revistas Universitarias (<https://revistas.ujat.mx/>)

Portal electrónico de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).



Repositorio Institucional (<http://ri.ujat.mx/>)

Plataforma digital desarrollado con el aval del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), se cuenta con un acervo académico, científico, tecnológico y de innovación de la UJAT.



Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (www.latindex.ppl.unam.mx)

Red de instituciones que reúnen y diseminan información sobre las publicaciones científicas seriadas producidas en Iberoamérica.



PERIÓDICA (<http://periodica.unam.mx>)

Base de datos bibliográfica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con registros bibliográficos publicados América Latina y el Caribe, especializadas en ciencia y tecnología.



Nuestra portada:

Número especial «patología celular: aplicaciones de la biología celular».

Diseño de:

Fernando Rodríguez Quevedo (DACBiología-UJAT); José Guadalupe Chan Quijano (UAG-Tabasco).

Fotografías de:

Imagen alusiva al número especial y por la convocatoria de publicación.

KUXULKAB', año 28, No. 60, enero-abril 2022; es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) a través de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiología). Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura; Col. Magisterial; Villahermosa, Centro, Tabasco, México; C.P. 86040; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; <https://revistas.ujat.mx>; kuxulkab@ujat.mx. Editor responsable: Fernando Rodríguez Quevedo. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-090610320400-203; ISSN: 2448-508X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Editor ejecutivo, Fernando Rodríguez Quevedo; Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5; entronque a Bosques de Saloya; CP. 86039; Villahermosa, Centro, Tabasco; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; Fecha de la última modificación: 10 de enero de 2022.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista, ni de la DACBiología y mucho menos de la UJAT. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



Editorial

Estimados lectores:

Este número de **Kuxulkab'** es resultado de la colaboración entre la *División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco* y la *Universidad Autónoma de Guadalajara, Campus Tabasco* como parte del que hacer de las instituciones de educación superior y de posgrado para concatenar la vinculación entre universidad y académicos. Por ello, este producto editorial tiene como objetivo fomentar desde la divulgación científica la importancia de estudiar la célula desde las disciplinas clínicas, de la salud y la ambiental.

La célula es la unidad elemental de la vida y tiene una capacidad fascinante para dar a conocer y explicar enfermedades, trastornos, síntomas y funciones desde la biología celular animal y vegetal. Además, se ha reivindicado el estudio de la célula e interesados de este tópico siguen demostrando las grandes maravillas que la biología celular tiene en todo un sistema.

En nuestra manera de trabajo, proporcionamos una breve sinopsis de las aportaciones que conforman esta publicación:

«**MicroARN's (miARN's): como reguladores de la expresión génica y su importancia**»; aportación respecto a la importancia que tienen los miARN's como uso de biomarcadores para cuantificar niveles de expresión en enfermedades.

«**Follaje de 'Erythrina americana' Miller y 'Gliricidia sepium' (Jacq.) Walp., fuente de taninos: implicaciones de su consumo por los ovinos**»; material en donde se presenta la importancia de la biología celular vegetal, específicamente con los taninos, ya que ofrecen beneficios en la salud y en la producción animal de rumiantes al momento de alimentarse con leguminosas.

«**Percepción inicial de una paciente con el Síndrome de Horner: un estudio de caso**»; escrito donde se reporta un estudio de paciente femenino, encontrándose un deterioro muscular; dicho texto aporta datos respecto al comportamiento de la enfermedad en personas mayores y su contribución al tratamiento.

«**Efectos celulares de la exposición a micropartículas plásticas en organismos acuáticos**»; artículo donde se expone que, los microplásticos y nanoplásticos, provocan daños a nivel celular en organismos acuáticos, en donde se puede llegar a comprometer la función vital de los organismos e incluso alterar las funciones metabólicas, fisiológicas e histopatológicas pudiendo provocar la muerte.

«**Síndrome de Guillain-Barré (SGB): estudio de caso variedad AMAN en Tabasco, México**»; los autores afirman que esta neuropatía periférica presenta un componente humoral y celular de los nervios periféricos y que al ser un diagnóstico para Tabasco sirve como antecedente para otros casos.

No obstante, las investigaciones que se presentan por los autores coinciden en que hay que enriquecer y seguir investigando temas al respecto desde distintas áreas del saber biológico. Además, estos antecedentes fueron motivo de generar conocimiento para seguir aportando en este vasto mundo de la célula. Agradecemos a cada uno de quienes colaboraron con su apoyo y entusiasmo en la producción de esta edición especial, permitiendo la divulgación de la ciencia con estándares de calidad emanados por esta casa de estudios. Esperamos vernos pronto.

José Guadalupe Chan Quijano
EDITOR ASOCIADO, PROFESOR DE LA UAG

Fernando Rodríguez Queredo
EDITOR EJECUTIVO DE KUXULKAB'

Arturo Garrido Mora
DIRECTOR DE LA DACBIOL-UJAT

Contenido

MicroARN's (miARN's) COMO REGULADORES DE LA EXPRESIÓN GÉNICA Y SU IMPORTANCIA CLÍNICA 05-13

MiRNAs (miRNAs) AS REGULATORS OF GENE EXPRESSION AND THEIR CLINICAL IMPORTANCE

José Antonio Ovando Ricárdez, Viviana Beatriz Domínguez Méndez, María Isabel López García, María Lizbeth Sacramento Barranco, Thelma Beatriz González Castro, Yazmín Hernández Díaz, Carlos Alfonso Tovilla Zárate, Isela Esther Juárez Rojo & María Lilia López Narváez

FOLLAJE DE *Erythrina amaericana* Miller Y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., FUENTE DE TANINOS: IMPLICACIONES DE SU CONSUMO POR LOS OVINOS 15-25

FOLIAGE OF *Erythrina americana* Miller AND *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., SOURCE OF TANNINS: IMPLICATIONS OF ITS CONSUMPTION BY OVINE

Jorge Oliva Hernández, Erika Belem Castillo Linares, María Aurelia López Herrera & Alejandra Vélez Izquierdo

PERCEPCIÓN INICIAL DE UNA PACIENTE CON EL SÍNDROME DE HORNER: UN ESTUDIO DE CASO 27-33

INITIAL PERCEPTION OF A PATIENT WITH HORNER SYNDROME: A CASE STUDY

Nayelli Cristhell Gerónimo Flores, Jesús Antonio Álvarez de Dios, Argentina Magaña Méndez & Karina Michelle Mendoza Jiménez

EFFECTOS CELULARES DE LA EXPOSICIÓN A MICROPARTÍCULAS PLÁSTICAS EN ORGANISMOS ACUÁTICOS 35-51

CELLULAR EFFECTS OF EXPOSURE TO PLASTIC MICROPARTICLES IN AQUATIC ORGANISMS

Gabriel Núñez Nogueira, Mórvila Cruz Ascencio, Alejandra Pérez López & Carlos Alfonso Álvarez González

SÍNDROME DE GUILLAIN-BARRÉ (SGB): ESTUDIO DE CASO VARIEDAD AMAN EN TABASCO 53-59

GUILLAIN-BARRÉ SYNDROME (GBS): AMAN VARIETY CASE STUDY IN TABASCO, MEXICO

Alejandra Morales Peralta, Víctor Manuel Pérez Rosado & Daniela Alexandra Morales Jiménez



FOLLAJE DE *Erythrina americana* Miller Y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., FUENTE DE TANINOS: IMPLICACIONES DE SU CONSUMO POR LOS OVINOS

FOLIAGE OF *Erythrina americana* Miller AND *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., SOURCE OF TANNINS: IMPLICATIONS OF ITS CONSUMPTION BY OVINE

Jorge Oliva Hernández¹, Erika Belem Castillo Linares^{2✉}, María Aurelia López Herrera³ & Alejandra Vélez Izquierdo⁴

¹Médico Veterinario y Zootecnista; Maestro en Reproducción Animal; Doctor en Veterinaria por la Universidad Complutense de Madrid. Actualmente, investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Huimanguillo (Tabasco). ²Ingeniera Agroindustrial; Master of Science in Agro-food Marketing; Doctora en Problemas Económico Agroindustriales por la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Investigadora del INIFAP-Huimanguillo. ³Químico Biólogo Bromatólogo; Maestra en Ciencias en Ciencia Animal Tropical por el Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2 de Conkal. Investigadora del INIFAP, Campo Experimental Mocochará (Yucatán). ⁴Licenciada en Economía Agrícola; Maestra en Ciencias en Economía del Desarrollo Rural; Doctora en Ciencias en Socioeconomía, Estadística Informática-Economía por el Colegio de Postgraduados (COLPOS). Investigadora en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal (INIFAP).

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Huimanguillo: Carretera Huimanguillo-Cárdenas; Col. Centro; C.P. 86400. Huimanguillo, Tabasco; México.

✉ castillo.erika@inifap.gob.mx

¹ 0000-0002-6907-6404 ² 0000-0002-5565-7945

³ 0000-0002-5890-6601 ⁴ 0000-0002-3211-2790

Como referenciar:

Oliva Hernández, J.; Castillo Linares, E.B.; López Herrera, M.A. & Vélez Izquierdo, A. (2022). Follaje de '*Erythrina americana*' Miller y '*Gliricidia sepium*' (Jacq.) Walp., fuente de taninos: implicaciones de su consumo por los ovinos. *Kuxulkab'*, 28(60): 15-25, enero-abril. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a28n60.4662>

Disponible en:

<https://revistas.ujat.mx>

<https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

DOI: <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a28n60.4662>

Resumen

'*E. americana*' y '*G. sepium*' son leguminosas arbóreas con múltiples usos en las explotaciones agrícolas y pecuarias de la región tropical húmeda de México; sin embargo, su uso como alimento para ovinos aún es escaso. El follaje de estas leguminosas además de un alto valor nutricional, también contiene metabolitos, importantes para las funciones vitales de las células vegetales, para los mecanismos de defensa de la planta contra organismos que se alimentan de ésta, y para su adaptación a condiciones climáticas adversas. Los taninos son un tipo de metabolito secundario asociado tanto con beneficios como con daños en la salud y eficiencia de producción de los animales que los consumen. El objetivo de este trabajo es describir las interacciones de los taninos con microorganismos y parásitos que habitan en el rumen; destacando sus posibles efectos en la salud, eficiencia productiva e impacto ambiental, derivados de su consumo mediante la dieta y extractos de plantas.

Palabras clave: Metabolitos secundarios; microorganismos; dieta; ovinos.

Abstract

'*E. americana*' and '*G. sepium*' are tree legumes with multiple uses in agricultural and livestock farms in the humid tropical region of Mexico; however, its use as a feed for sheep is still scarce. The foliage of these legumes, in addition to a high nutritional value, also contains metabolites, important for the vital functions of plant cells, for the defense mechanisms of the plant, and for its adaptation to adverse weather conditions. Tannins are a type of secondary metabolite associated with both benefits and harm to the health and production efficiency of the animals that consume them. The objective of this work is to describe the interactions of tannins with microorganisms and parasites that inhabit on the rumen; highlighting its possible effects on health, productive efficiency and environmental impact, derived from its consumption through the diet and plant extracts.

Keywords: Secondary metabolites; microorganisms; diet; ovine.

En la región tropical húmeda de México son abundantes y variables las leguminosas arbóreas que se utilizan como parte de los sistemas de producción agrícolas y ganaderos. Entre las leguminosas arbóreas con presencia en el trópico húmedo de México destacan la cáscara de chomplantle, chocolín, colorín, colorín grande, equimite, gasparito, pemuche, pichoco, piñón espinoso, quimite ('*Erythrina americana*'); así como el palo de sol, cocohite, cocuite, mataratón, yaite y madracacao ('*Gliricidia sepium*') (Grande, 2010); las cuales se utilizan como proveedoras de sombra en plantaciones de cacao ('*Theobroma cacao*' L.) y en unidades de producción de bovinos y ovinos (Grande, Villanueva, Maldonado & Hernández, 2013; Sol-Sánchez, López-Juárez, Córdova-Ávalos & Gallardo-López, 2018). Sin embargo, los usos de las leguminosas arbóreas son múltiples y variados, quedando aún por estudiar diversos aspectos que permitan incrementar el uso del follaje, sobre todo en la alimentación de ovinos, los cuales se consideran un pequeño rumiante por su tamaño con respecto a los bovinos (Pinto-Ruiz, Hernández, Gómez, Cobos, Quiroga & Pezo, 2010; Castillo-Linares, López-Herrera, Vélez-Izquierdo & Oliva-Hernández, 2021).

El valor nutricional del follaje de '*E. americana*' y '*G. sepium*' no solo se atribuye a su contenido de proteína cruda, carbohidratos estructurales y degradabilidad de la materia seca, sino también al tipo y contenido de metabolitos secundarios (tabla 1 y 2) (Ayala, Cetina, Capetillo, Zapata & Sandoval, 2006; Pérez, 2019; Hernández-Espinoza, Lagunes-Espinoza, López-Herrera, Ramos-Juárez, González-Garduño & Oliva-Hernández, 2020), a los cuales se les han atribuido tanto beneficios como daños en la salud y respuesta productiva de los animales que consumen este tipo de follaje (Frutos, Hervás, Giráldez & Mantecón, 2004; Akande, Doma, Agu & Adamu, 2010; Hernández-Espinoza, Ramos-Juárez, González-Garduño, Lagunes-Espinoza, López-Herrera & Oliva-Hernández, 2020).

Los metabolitos primarios y secundarios que se producen en la célula vegetal participan en la síntesis y degradación de sustancias (metabolismo) para poder realizar las funciones vitales, lograr la supervivencia y la reproducción de las plantas. Los metabolitos primarios son moléculas que están presentes en todas las células vegetales y que únicamente varían en cantidad entre plantas (por ejemplo aminoácidos, nucleótidos, lípidos) y forman parte de los diversos componentes celulares (membranas, citoplasma) y rutas metabólicas (sistemas enzimáticos) que permiten las funciones vitales de la célula (Ávalos & Pérez-Urria, 2009).

A diferencia de los metabolitos primarios, los metabolitos secundarios son moléculas que están implicadas en los mecanismos de defensa de la planta contra organismos que se alimentan de ésta; contra el ataque de microorganismos (bacterias, hongos), así como en los procesos que favorecen la reproducción vegetal, la adaptación y resistencia a variaciones extremas en las condiciones climáticas, por ejemplo, una situación de estrés hídrico en las plantas incrementa la producción de especies reactivas al oxígeno y los taninos por tener una función antioxidante contribuyen a reducir los efectos negativos intracelulares de las especies reactivas de oxígeno (Vázquez-Flores, Alvarez-Parrilla, López-Díaz, Wall-Medrano & De la Rosa, 2012; Castillo-España, Perea-Arango, Arellano-García & Valencia-Díaz, 2017).

«Los taninos son compuestos -algunos glucósidos- que se encuentran en la corteza de varios árboles; algunos posiblemente brindan protección contra insectos y hongos o están implicados en la formación de pigmentos»

Lawrence (2003, p. 598)
(2014, p. 544)

Tabla 1. Composición química de follaje de dos leguminosas arbóreas con alto potencial para usar su follaje como alimento en ovinos en el trópico húmedo (elaboración propia a partir de las fuentes consultadas).

Tipo de especie	Composición química				Fuente
	EM (Mcal kg MS ⁻¹)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	
<i>'Erythrina americana'</i> Mill.	1.6	17.3	52.9	37.2	Meléndez (2003); Ayala et al. (2006); Hernández-Espinoza et al. (2020).
<i>'Gliricidia sepium'</i> (Jacq.) Walp.	2.3	19.7	44.2	30.2	Meléndez (2003); Ayala et al. (2006).

Claves: EM= energía metabolizable; MS= materia seca; PC= proteína cruda; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido.

Tabla 2. Presencia de algunos compuestos secundarios en follaje de dos leguminosas arbóreas con alto potencial para usar como alimento en ovinos en el trópico húmedo (Castillo-Linares et al., 2021).

Leguminosa arbórea	Tipo de metabolito secundario					
	Alcaloides	Esteroles	Flavonoides	Saponinas	Taninos	Glucósidos cianogénicos
<i>'Erythrina spp'</i> *	+	ND	ND	--	++	--
<i>'Gliricidia sepium'</i>	+	ND	ND	++	++	--
<i>'Gliricidia sepium'</i> , edad rebrote 90 días	++	++	+++	--	+	ND

Claves: *Resultados de tres especies; ND= no determinado; +++= presencia alta; ++= notable; += leve; --=ausencia.

Aunque los metabolitos secundarios se encuentran en todos los grupos de plantas, su presencia y concentración se encuentra asociada al género de las plantas y a factores como la etapa fisiológica, tejido de la planta, época del año y edad de rebrote (tabla 2) (Ávalos & Pérez-Urria, 2009; Pérez, 2019; Hernández-Espinoza, Lagunes-Espinoza et al., 2020). En la célula vegetal, los metabolitos secundarios incluyen diversos compuestos con diferente naturaleza química, complejidad y acción fisiológica (Akande et al., 2010). Por ejemplo, una de las alternativas para clasificarlos es con base en su naturaleza química: en terpenos, compuestos fenólicos, glicósidos y alcaloides (Ávalos & Pérez-Urria, 2009).

Entre los metabolitos secundarios presentes en '*E. americana*' y '*G. sepium*', se encuentran los taninos condensados (tabla 3), los cuales se han estudiado debido a que su consumo por parte de los ovinos, obtenido ya sea mediante el follaje de leguminosas arbóreas o a través del suministro en forma de extractos acuosos o de tipo alcohólico ha generado diversos tipos de respuesta en su salud y productividad (Pérez, 2019; Hernández-Espinoza, Ramos-Juárez et al., 2020).

Con base en el escenario planteado, el objetivo de la presente revisión es describir los posibles sitios de acción de los taninos condensados, provenientes de la dieta y de extractos de '*E. americana*' y '*G. sepium*', con los microorganismos y parásitos que habitan en el tracto gastrointestinal del ovino; destacando los posibles beneficios y daños de los taninos condensados en la salud, eficiencia productiva e impacto ambiental, derivados de su consumo.

Taninos

Estos forman parte del grupo de compuestos fenólicos, los cuales se caracterizan por contener un grupo fenol (figura 1). Existen dos categorías de taninos: taninos hidrolizables y taninos condensados (figura 2).

Los taninos hidrolizables son polímeros heterogéneos que contienen ácido fenólico, son más pequeños que los taninos condensados y se caracterizan por su fácil capacidad para hidrolizarse en presencia de ácidos, bases, enzimas *in vitro* y por los sistemas enzimáticos de los microorganismos y de los organismos que interactúan con

ellos (Ávalos & Pérez-Urria, 2009; Olivas-Aguirre, Wall-Medrano, González-Aguilar, López-Díaz, Álvarez-Parrilla, de la Rosa & Ramos-Jimenez, 2015; Pedraza, Martínez, Hernández & Franco, 2019).

Los taninos condensados son polímeros de unidades flavonoides que poseen una estructura química más compleja, lo que dificulta su hidrólisis, por lo que interactúan mediante fuerzas covalentes y no covalentes (unión iónica, interacciones hidrofóbicas, puentes de hidrógeno) con proteínas, carbohidratos y minerales, afectando su función y disponibilidad (Olivas-Aguirre et al., 2015). Los taninos son los responsables, en parte, de dar un sabor amargo y generar una sensación astringente en el alimento que los contiene, lo que limita el consumo de follajes con alto contenido de taninos (Frutos et al., 2004).

Estos compuestos son sintetizados en los tanosomas, un orgánulo de la célula vegetal, y posteriormente se almacenan en vacuolas específicas, las cuales se encuentran en las células del parénquima de la corteza, el sistema vascular y la médula del tronco. Aunque también se localizan en pared celular del tejido que cubre frutos y semillas (Fleurat-Lessard, Béré, Lallemand, Dédaldéchamp & Roblin, 2016). En las leguminosas arbóreas la presencia de taninos en las hojas y semillas adquiere relevancia porque estos se utilizan como alimento para ovinos (Pinto-Trinidad, Ramírez-Díaz & Sandoval-González, 2019; Hernández-Espinoza, Lagunes-Espinoza et al., 2020; Hernández-Espinoza, Ramos-Juárez et al., 2020).

En ovejas de pelo alimentadas a libertad con base exclusiva en follaje de '*E. americana*' por un período corto (28 días), el consumo de taninos condensados aportado por el follaje fluctuó entre 0.11 y 0.14 g kg⁻¹ de peso vivo sin

que se detectaran cambios negativos en su comportamiento productivo y estado de salud medido a través de la GDP, variables hemáticas y en el número de huevos de nematodos gastrointestinales por gramo de heces. Por lo que es factible usar la '*E. americana*' como único alimento en periodos cortos de contingencias ambientales (Hernández-Espinoza, Ramos-Juárez et al., 2020).

En el caso de '*G. sepium*', las ovejas de pelo tienen un consumo voluntario de 50 g de materia seca kg⁻¹ de peso vivo día⁻¹ cuando el follaje se suministra durante un período corto (14 días), sin que se reporte un daño en la salud de los ovinos asociado al consumo de este tipo de follaje como única fuente de alimento. Sin embargo, no se ha determinado el consumo de taninos condensados cuando el follaje de '*G. sepium*' representa la única fuente de alimento (Benneker & Vargas, 1994).

Aunque '*E. americana*' y '*G. sepium*' se pueden utilizar como única fuente de alimento para ovinos por períodos cortos sin que su estado de salud se afecte; se requiere realizar investigación complementaria que permita identificar los beneficios o daños en la eficiencia productiva y estado de salud de los ovinos cuando este tipo de follajes se ofrece por períodos prolongados (mayores a un mes) y de forma sostenida en diferentes etapas fisiológicas de los ovinos (Benneker & Vargas, 1994; Hernández-Espinoza, Ramos-Juárez et al., 2020).

Capacidad de los taninos para interactuar con otras moléculas. En general, los taninos se unen a proteínas básicas con alto contenido en prolina, carbohidratos y minerales (Fe, Cu, Mn, Al, Zn y Co) (Naumann, Tedeschi, Zeller & Huntley, 2017).

Tabla 3. Contenido de taninos en tres leguminosas arbóreas con alto potencial para usar su follaje como alimento en ovinos en el trópico húmedo (elaboración propia a partir de las fuentes consultadas).

Nombre común	Nombre científico	Observación	Tipo de tanino (g kg ⁻¹ de MS)		Fuente
			Hidrolizable	Condensado	
Cocoite	' <i>Gliricidia sepium</i> ' (Jacq.) Walp.	90 días de edad de rebrote	ND	9.98	Pérez (2019).
Moté	' <i>Erythrina americana</i> ' Miller	90 días de edad de rebrote	14.5	6.0	Hernández-Espinoza, Lagunes-Espinoza et al. (2020).
Guaje	' <i>Leucaena leucocephala</i> ' (Lam.) de Wit	Sin considerar edad de rebrote	ND	23.3, 69.3	Soltan et al. (2013); Araiza-Ponce et al. (2020).

Claves: MS= materia seca; ND= no determinado.

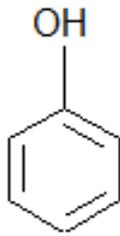


Figura 1. Estructura química del fenol (Ávalos & Pérez-Urria, 2009).

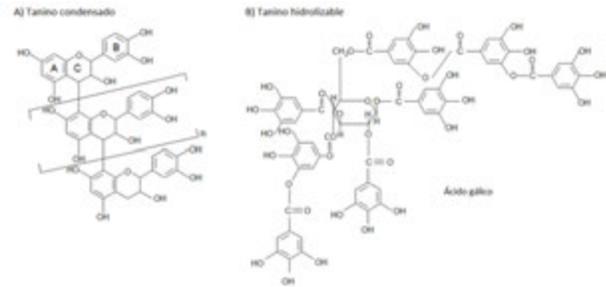


Figura 2. Estructura química de los taninos condensados (A) e hidrolizables (B) (modificado de Ávalos & Pérez-Urria, 2009).

En follaje de '*G. sepium*' se caracterizó la fracción a la que se encuentran adheridos los taninos condensados, detectándose una concentración de 41.97 g de taninos totales kg^{-1} de materia seca, en donde el 72 % se encuentra adherido a las proteínas, 15.2 % a fibra y 5.4 % libre, resultado que corrobora la mayor afinidad de los taninos por la proteína (Romero, Palma & López, 2000).

La unión tanino-proteína y tanino-carbohidrato representa una ventaja o desventaja, dependiendo del sitio en donde ocurre la unión. Por ejemplo, la unión tanino-proteína favorece la precipitación de la proteína y afecta su función. Otra situación que se presenta es la unión tanino-proteína del alimento a nivel del rumen, la cual reduce la degradación de la proteína por parte de las proteasas que producen los microorganismos que habitan el rumen (Frutos *et al.*; Naumann *et al.*, 2017). Sin embargo, esta limitación depende del tipo de proteína; de las interacciones con otros nutrientes, principalmente los compuestos energéticos; y de la población microbiana predominante, la cual a su vez depende del tipo de ración, de la tasa de pasaje y del pH ruminal (Rodríguez, Sosa & Rodríguez, 2007).

Interacción taninos-proteínas en la saliva. Los taninos que se encuentran presentes en los follajes se unen a las proteínas de la saliva y a los receptores gustativos en la lengua, lo que reduce la sensación de astringencia del alimento rico en taninos (Lamy, Rawel, Schweigert, Capela e Silva, Ferreira, Costa, Antunes, Almeida, Coelho & Sales-Baptista, 2011) (tabla 4).

En algunos rumiantes como las cabras y venados, la saliva tiene proteínas con alto contenido de prolina, un aminoácido que favorece la unión con los taninos que se encuentran en las hojas de las plantas consumidas. Sin embargo, los ovinos incrementan en su saliva la producción de proteínas

con alto contenido de prolina en respuesta a la exposición de follaje con taninos; lo que reduce el sabor amargo y la sensación de astringencia al consumir plantas con taninos. La situación anterior permite que los ovinos consuman una mayor cantidad de hojas con taninos sin afectar el consumo voluntario (Benneker & Vargas, 1994; Frutos *et al.*; Lamy *et al.*, 2011; Hernández-Espinoza, Ramos-Juárez *et al.*, 2020).

Interacción taninos-microorganismos en el rumen. En la unidad rumen-retículo-omaso de los rumiantes habitan diversos microorganismos (bacterias, protozoarios, arqueas, bacteriófagos, hongos) y todos poseen membranas con diferente naturaleza en su composición química (Castillo-Lopez & Domínguez-Ordóñez, 2019). Los taninos interactúan con las proteínas y carbohidratos presentes en las membranas de dichos microorganismos y afectan negativamente los procesos vitales, como la supervivencia.

En estudios de fermentación *in vitro* un incremento en la concentración de taninos está asociado con una disminución en la producción de ácidos grasos volátiles totales (principal fuente de energía en el rumiante) debido a que la interacción taninos-microorganismos no es específica y por consiguiente los taninos también se unen a los microorganismos que producen ácidos grasos volátiles (Naumann, 2013). Además, los taninos también se unen a las enzimas (proteínas) que producen los microorganismos del rumen y con ello reducen la degradabilidad del alimento consumido por el rumiante (Frutos *et al.*) (tabla 2). La interacción tanino-microorganismo es importante debido a que dicha interacción puede ser con microorganismos metanogénicos, los cuales producen metano, gas considerado como uno de los responsables de generar un efecto invernadero (Naumann *et al.*, 2017).

Tabla 4. Sitios de interacción de los taninos (T) provenientes de follajes con moléculas a través del tracto gastrointestinal en los rumiantes (Frutos et al., 2004; Lamy et al., 2011; Borges & Borges, 2016; Naumann et al., 2017).

Origen T	Sitio	Comentario	Tipo de interacción
Follaje	Cavidad bucal	Masticado del follaje libera T e interaccionan con: <ul style="list-style-type: none"> • Proteínas del follaje • Proteínas de la saliva • Proteínas en los receptores gustativos en la superficie de la lengua 	T-Proteína
T libres	Rumen	T libres interaccionan con: <ul style="list-style-type: none"> • Proteínas de la membrana celular de los microorganismos • Enzimas que producen los microorganismos • Proteínas y carbohidratos en el alimento 	T-Proteína T-Carbohidrato T-Mineral
T-Molécula	Intestino delgado	T-Molécula se disocia y los T se liberan e interaccionan con: <ul style="list-style-type: none"> • Proteínas, carbohidratos, minerales provenientes del alimento consumido • Proteínas en la mucosa intestinal • Enzimas digestivas 	T-Proteína T-Carbohidrato T-Mineral

KUXULKAB' Revista de divulgación científica de la División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

En condiciones naturales, el animal rumiante elimina el metano de manera continua por medio del eructo. Sin embargo, resulta necesario e importante determinar en ovinos si el consumo de '*E. americana*' y '*G. sepium*' reduce la generación de metano sin afectar la producción total de ácidos grasos volátiles (Naumann et al., 2017; Piñeiro-Vázquez, Canul-Solisa, Casanova-Lugo, Chay-Canul, Ayala-Burgos, Solorio-Sánchez, Aguilar-Pérez & Ku-Vera, 2017).

Interacción taninos-nematodos gastrointestinales.

La presencia de nematodos gastrointestinales en los ovinos es responsable de una reducción de su eficiencia productiva (Díaz, Torres, Osorio, Pérez, Pulido, Becerril & Herrera, 2000; González, Cordero, Torres, Arece & Mendoza de Gives, 2010). Al respecto, se han realizado múltiples estudios utilizando diversas fuentes foliares de taninos como una estrategia natural y sustentable para controlar y afectar el ciclo biológico de los nematodos gastrointestinales (Santiago, 2020).

El fundamento que permite explicar los efectos negativos de los taninos sobre los diferentes estadios de los nematodos gastrointestinales es la interacción tanino-proteínas que se encuentran en las membranas que cubren el huevo, larvas y parásitos adultos, interfiriendo con el desarrollo de sus funciones, metabolismo, desarrollo y reproducción (Borges & Borges, 2016). Los estudios a nivel experimental utilizando extractos de follaje de '*Leucaena leucocephala*', '*E. americana*' y '*G. sepium*', han dado resultados favorables en el control de los nematodos gastrointestinales, al detectarse una reducción en la

población de parásitos adultos, ovoposición y afectación del desarrollo larvario (Borges & Borges, 2016; Pérez, 2019; Santiago, 2020). Sin embargo, se requiere incrementar los estudios para evaluar la influencia de los taninos sobre los nematodos gastrointestinales utilizando los follajes de leguminosas arbóreas, así como los follajes de otro tipo de árboles y arbustos como proveedores de los taninos, con el fin de generar opciones tecnológicas simples y con posibilidades de poder ser adoptadas por los propietarios de los ovinos (Borges & Borges, 2016; Castillo-Linares et al., 2021).

Interacción taninos-proteína de la dieta.

El alimento que consumen los rumiantes debe ser degradado en un primer momento con la participación de los microorganismos que habitan el rumen, los cuales lo transforman de formas complejas (proteínas) a simples (aminoácidos, NH₃) y estas formas simples son incorporadas al metabolismo de los microorganismos (Castillo-Lopez & Domínguez-Ordóñez, 2019; Arias-Islas, Morales-Barrera, Prado-Rebolledo & García-Casillas, 2020). Sin embargo, cuando el follaje que consumen los rumiantes contiene taninos, estos son liberados cuando ocurre el proceso de masticación del alimento, por lo que se unen a diversas moléculas, entre las cuales se encuentran: proteínas del alimento consumido, enzimas generadas por los microorganismos del rumen y proteínas de la membrana celular de los microorganismos del rumen (tabla 2). Además, los taninos tienen la posibilidad de formar complejos con polisacáridos que forman parte del alimento consumido por el animal (hemicelulosa, celulosa, almidón y pectina) y con aquellos que son parte de la membrana celular de los microorganismos del rumen.

La consecuencia final de la formación de complejos taninos-proteína y taninos-polisacáridos es una reducción de la degradación ruminal de la materia seca consumida por los rumiantes (Frutos *et al.*).

Aunque el potencial de hidrógeno (pH) del rumen (5.5 a 7.0) favorece la formación de complejos taninos-proteínas, cuando estos complejos llegan a los subsecuentes compartimientos del tracto gastrointestinal (abomaso-intestino delgado) el pH del medio cambia y ocurre la disociación del complejo tanino-proteína (Frutos *et al.*; Arias-Islas *et al.*, 2020). Cuando hay disociación, la proteína liberada se degrada y provee de aminoácidos al animal para uso inmediato en su metabolismo. Mientras que el tanino liberado continúa interactuando con nuevas proteínas de la dieta presentes en intestino, con proteínas que tienen actividad enzimática y con proteínas de la membrana del intestino delgado (Frutos *et al.*; Borges & Borges, 2016). El panorama descrito indica lo incierto y variable de la acción de los taninos sobre las fuentes de proteína disponibles a través de los diversos compartimientos del tracto gastrointestinal de los rumiantes.

Beneficios ambientales del consumo de follaje con taninos. Los efectos negativos de los gases con efecto invernadero son motivo de atención por parte de organismos gubernamentales y no gubernamentales (FAO, 2017). Al respecto, se ha identificado a la cría y explotación de rumiantes domésticos (bovinos, ovinos y caprinos principalmente) como uno de los principales generadores de metano a nivel mundial, debido a la gran población

de rumiantes que se crían y desarrollan en sistemas extensivos en donde la principal fuente de alimento son los pastos presentes en la pradera (Parra-Cortés, Magaña-Magaña & Piñero-Vázquez, 2019). Ante esta situación, la forestación resulta una alternativa para dar sostenibilidad y competitividad a los sistemas de producción ganaderos debido a que un incremento en el número y uso de los árboles en las fincas ganaderas favorece que los sistemas de producción sean sustentables y amigables con el ambiente (FAO, 2017).

En este sentido, las leguminosas arbóreas junto con otro tipo de árboles forrajeros y arbustos, proporcionan follaje factible de ser consumido con facilidad por los ovinos en pastoreo y de esta forma pueden contribuir a mitigar la producción de metano (Torres-Salado, Sánchez-Santillán, Rojas-García, Herrera-Pérez & Hernández-Morales, 2018; Parra-Cortés *et al.*, 2019). Sin embargo, los resultados de un estudio efectuado en leguminosas perennes de estación cálida -donde destacan '*Leucaena retusa*' Benth.; '*Desmanthus illinoensis*' (Michx.) MacMill. Ex B.L. Rob. & Fernald; '*Lespedeza stuevei*' Nutt.; '*Mimosa strigillosa*' Torr. & A. Gray; '*Neptunia lutea*' Benth.; '*Acacia angustissima*' (Nutt.) B.L. Rob; '*Desmodium paniculatum*' (L.) DC.; '*Arachis glabrata*' Benth.; y '*Lespedeza cuneata*' (Dum. Cours.) G. Don.; con el propósito de establecer la influencia de los taninos condensados sobre la producción de metano indica una alta variación en la cantidad de metano producido por fermentación de cada especie de leguminosa, aún entre especies con similar concentración de taninos.

Tabla 5. Influencia de la edad de rebrote y de la época del año sobre la concentración de taninos condensados en el follaje de dos leguminosas arbóreas con alto potencial para usar como alimento en ovinos en el trópico húmedo (elaboración propia a partir de Hernández-Espinoza, Lagunes-Espinoza *et al.*, 2020; Romero-Lara *et al.*, 2000).

Leguminosa arbórea	Factor de estudio	Taninos condensados (g kg de materia seca ⁻¹)
' <i>Erythrina americana</i> ' Miller	Edad de rebrote (días)	
	60	9.7 ^b
	90	6.0 ^c
' <i>Gliricidia sepium</i> ' (Jacq.) Walp.	120	14.2 ^a
	Época del año	
	Mayo (sequía)	43.3 ^d
	Agosto (lluvias)	33.9 ^e
	Diciembre (inicio sequía)	40.8 ^d

Claves: ^{a, b, c} medias con letras diferentes dentro de la misma especie y columna indican diferencias ($P < 0.01$).
^{d, e} medias con letras diferentes dentro de la misma especie y columna indican diferencias ($P < 0.05$).



Figura 3. A) corderos en pastoreo con acceso a árboles de '*Gliciridia sepium*' (cocoite) para su ramoneo. B) corderos en corral con suministro de follaje de '*G. sepium*' en pesebre.



Figura 4. A) ovejas en pastoreo con acceso a ramas de '*Erythrina americana*' para su ramoneo; B) ovejas en corral alimentadas con follaje de '*E. americana*'.

Lo señalado previamente sugiere que aún existe desconocimiento del tipo y cantidad de taninos (provenientes de los follajes) que debe consumir diariamente el ovino para que sea efectiva la reducción en la producción de metano (Naumann, Tedeschi, Muir, Lambert & Kothmann, 2013).

Además, se debe considerar que el proceso de cosecha, manejo y suministro de follaje de leguminosas arbóreas a los ovinos es laborioso por la cantidad de follaje que se requiere proporcionarles de manera diaria, y por la limitada capacidad de producción de follaje por parte de los árboles a intervalos de cosecha fijos, por ejemplo, 90 días (García & Oliva-Hernández, 2012; Oliva-Hernández, López-Herrera & Castillo-Linares, 2021a, 2021b). Por lo que el uso de follaje de leguminosas arbóreas tienen más factibilidad de emplearse en explotaciones ovinas de tipo familiar (Castillo-Linares *et al.*).

Limitaciones para obtener un buen resultado en ovinos que consumen leguminosas arbóreas con taninos

La respuesta en salud y producción por parte del ovino que consume una fuente de alimento o un extracto con taninos, depende de la concentración y del tipo de tanino (Hernández-Espinoza, Ramos-Juárez *et al.*). Sin embargo, también se debe considerar que tanto el follaje como los extractos no contienen únicamente taninos, existe la presencia de más metabolitos secundarios que también difieren en su concentración y efectos que ocasionan a los macroorganismos (animal, nematodo) y microorganismos (bacteria, protozoario) (Pérez, 2019; Santiago, 2020).

El manejo que se le otorga al follaje para suministrarlo a los ovinos, en verde o henificado, es otro factor que afecta la disponibilidad de los taninos. Además, la respuesta final del consumo de follajes y extractos puede ser consecuencia de la interacción entre los diferentes metabolitos secundarios, lo que dificulta obtener un efecto deseable de forma sostenida en el animal (Naumann *et al.*, 2017).

Existen otros factores que influyen sobre la cantidad y tipo de metabolitos secundarios en los follajes de árboles, destacando entre ellos, edad de rebrote, tipo de suelo, época del año en que ocurre la cosecha del follaje y especie de leguminosa arbórea (tabla 5) (Pérez, 2019; Hernández-Espinoza, Lagunes-Espinoza, et al.; Romero-Lara et al.; Santiago, 2020). Todos ellos en conjunto dificultan obtener un follaje con una cantidad estable en taninos, capaz de generar un efecto positivo en la salud y producción del animal (figura 3 y 4). El tipo de tanino presente en el follaje es un factor más que condiciona el tipo de respuesta en el animal. La estructura molecular de los taninos es muy variable y depende entre otros factores de la especie vegetal y de la edad de rebrote de la especie, condiciones que dificultan disponer de un producto estable en tipo y concentración de taninos para poder evaluar sus efectos en el animal (Naumann et al., 2017). La adaptación y resistencia de los microorganismos y macroorganismos a la exposición continua por largos períodos a los taninos condensados es otro aspecto que se deberá abordar en estudios futuros.

Conclusiones e implicaciones

Los beneficios en salud y producción animal como consecuencia de exponer a los ovinos al consumo de follajes de leguminosas arbóreas y extractos con taninos dependen en gran parte del contenido y tipo de taninos; así como de la cantidad diaria de material con taninos que se ofrece al animal. La concentración diaria de taninos que debe consumir un ovino para obtener una respuesta positiva en salud puede diferir de la necesaria para reducir la emisión de metano o la que se requiere para optimizar la eficiencia de crecimiento del animal.

La situación anterior dificulta, por el momento, una recomendación técnica práctica para el ofrecimiento y consumo mínimo de follajes de '*E. americana*' y '*G. sepium*' en los ovinos con implicaciones positivas en su salud y eficiencia de producción. Sin embargo, el consumo de '*E. americana*' y '*G. sepium*' en cantidades limitadas o como única fuente de alimento por períodos cortos, no produce efectos negativos en la salud de los ovinos, por lo que su uso como alimento es una oportunidad para aprovechar los recursos naturales disponibles en la región tropical y dar sostenibilidad a las unidades de producción ovinas.

Agradecimientos

El presente trabajo es un producto resultado del proyecto con clave SIGI: 1315835078.

Referencias

- Akande, K.E.; Doma, U.D.; Agu, H.O. & Adamu, H.M.** (2010). Major antinutrients found in plant protein sources: their effect on nutrition. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(8): 827-832. Recovered from <<https://docsdrive.com/pdfs/ansinet/pjn/2010/827-832.pdf>>
- Araiza-Ponce, K.; Murillo-Ortiz, M.; Herrera-Torres, E.; Valencia-Vázquez, R.; Carrete-Carreón, F. & Pámanes-Carrasco, G.** (2020). '*Leucaena leucocephala*' y '*Opuntia ficus-indica*' reducen la producción de metano in vitro. *Abanico Veterinario*, 70(e110):1-13. DOI <<https://doi.org/https://doi.org/10.21929/abavet2020.18>>
- Arias-Islas, E.; Morales-Barrera, J.; Prado-Rebolledo, O. & García-Casillas, A.** (2020). Metabolismo en rumiantes y su asociación con analitos bioquímicos sanguíneos. *Abanico Veterinario*, 70: 1-24. DOI <<https://doi.org/10.21929/abavet2020.15>>
- Ávalos, G.A. & Pérez-Urria, C.E.** (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal*, 2(3): 119-145. Recuperado de <<http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/articulo/view/798/814>>
- Ayala Burgos, A.; Cetina Góngora, R.; Capetillo Leal, C.; Zapata Campos, C. & Sandoval Castro, C.** (2006). *Composición química-nutricional de árboles forrajeros: compilación de análisis del laboratorio de nutrición animal* (p. 56). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); COFUPRO; Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán. México. Recuperado de <<https://infopastosyforrajes.com/libros-y-manuales-pdf/composicion-quimica-nutricional-de-arboles-forrajeros/>>
- Benneker, C. & Vargas, J.E.** (1994). Estudio del consumo voluntario de cinco procedencias de matarratón ('*Gliricidia sepium*') realizado con ovejas africanas alimentadas con tres dietas diferentes. *Livestock Research for Rural Development*, 6(1). Recuperado de <<http://www.lrrd.org/lrrd6/1/julio2.htm>>
- Borges, D.G.L. & Borges, F.A.** (2016). Plants and their medicinal potential for controlling gastrointestinal nematodes in ruminants. *Nematoda*, 3: e92016. Recovered from <<https://acortar.link/XIQCKP>>
- Castillo-España, P.; Perea-Arango, I.; Arellano-García, J. de J. & Valencia-Díaz, S.** (2017, marzo-abril). Qué son y para qué sirven los metabolitos de las plantas. *Ciencia y Desarrollo*, 43(288). Consultado en <<https://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=227>>
- Castillo-Linares, E.B.; López-Herrera, M.A.; Vélez-Izquierdo, A. & Oliva-Hernández, J.** (2021). Sistema silvopastoril de cosecha y acarreo como alternativa para la producción ovina sostenible en el trópico húmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(66): 4-25. DOI <<https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i66.872>>

Castillo-Lopez, E. & Domínguez-Ordóñez, M.G. (2019). Factores que afectan la composición microbiana ruminal y métodos para determinar el rendimiento de la proteína microbiana: revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(1): 120-148. DOI <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i1.4547>

Díaz Rivea, P.; Torres Hernández, G.; Osorio Arce, M.M.; Pérez Hernández, P.; Pulido Albores, A.R.; Becerril Pérez, C.M. & Herrera Haro, J.G. (2000). Resistencia a parásitos gastrointestinales en ovinos Florida, Pelibuey y sus cruza en el trópico mexicano. *Agrociencia*, 34(1): 13-20, enero-febrero. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/302/30234102.pdf>

FAO (Food and Agriculture Organization). (2017). *Ganadería sostenible y cambio climático en América Latina y el Caribe*. Consultado el 25/julio/2021 de <http://www.fao.org/americas/prioridades/ganaderia-sostenible/es/>

Fleurat-Lessard, P.; Béré, E.; Lallemand, F.; Dédaldéchamp, F. & Roblin, G. (2016). Co-occurrence of tannin and tannin-less vacuoles in sensitive plants. *Protoplasma*, 253: 821-834. DOI <https://doi.org/10.1007/s00709-015-0844-z>

Frutos, P.; Hervás, G.; Giráldez, F.J. & Mantecón, A.R. (2004). Review: tannins and ruminant nutrition. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2(2): 191-202. DOI <https://doi.org/10.5424/sjar/2004022-73>

García Osorio, I.C. & Oliva Hernández, J. (2012). Observaciones sobre la cosecha de follaje de cocoite para alimentar corderos en pastoreo. *Kuxulkab'*, 18(34): 59-64. Recuperado de <https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/244>

González Garduño, R.; Cordero Ortega, J.C.; Torres Hernández, G.; Arece García, J. & Mendoza de Gives, P. (2010). Efecto del hipoclorito de sodio y extracto de cítricos en la reducción de la infestación con nematodos gastrointestinales resistentes a antihelmínticos en ovinos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1(2): 179-187. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242010000200009&lng=es&tlng=es>

Grande Cano, D.; Villanueva López, G.; Maldonado García, N.M. & Hernández Daumás, S. (2013). Las cercas vivas. En: Maldonado García N.M. (Coord.); *Los sistemas silvopastoriles en Tabasco: una opción para desarrollar una ganadería productiva y amigable con la naturaleza* (pp. 23-39). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco; México. Recuperado de <https://pcientificas.ujat.mx/index.php/pcientificas/catalog/view/33/28/120-1>

Grande Cano, J.D. (2010). *Los árboles forrajeros como recurso potencial para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en la región Sierra de Tabasco* (Tesis Doctor en Ciencias Biológicas). Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). México D.F.; México. Recuperado de <http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/aspuam/presentatesis.php?recno=15363&docs=UAMI15363.pdf>

Hernández-Espinoza, D.F.; Lagunes-Espinoza, L.C.; López-Herrera, M.A.; Ramos-Juárez, J.A.; González-Garduño, R. & Oliva-Hernández, J. (2020). Edad de rebrote de '*Erythrina americana*' Miller y concentración de compuestos fenólicos en el follaje. *Madera y Bosques*, 26(1): e2611826. DOI <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2611826>

Hernández-Espinoza, D.F.; Ramos-Juárez, J.A.; González-Garduño, R.; Lagunes-Espinoza, L.C.; López-Herrera, M.A. & Oliva-Hernández, J. (2020). Consumo de follaje de '*Erythrina americana*' Miller en ovejas Blackbelly x Pelibuey. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(1): 70-88. DOI <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.5226>

Lamy, E.; Rawel, H.; Schweigert, F.J.; Capela e Silva, F.; Ferreira, A.; Costa, A.R.; Antunes, C.; Almeida, A.M.; Coelho, A.V. & Sales-Baptista, E. (2011). The effect of tannins on Mediterranean ruminant ingestive behavior: the role of the oral cavity. *Molecules*, 16(4): 2766-2784. DOI <https://doi.org/10.3390/molecules16042766>

Lawrence, E. (Comp.). (2014). *Diccionario de Biología* (Trad. Henderson's Dictionary of Biology; p. 622). México: Editorial Trillas. ISBN 978-607-17-2057-3.

Lawrence, E. (Edit.). (2003). *Diccionario Akal de Términos Biológicos* (12ª ed.; Henderson's Dictionary of Biological Terms; R. Codes Valcarce & Fco. J. Espino Nuño, Trad.; p. 688). Madrid, España: Ediciones Akal. ISBN 84-460-1582X.

Meléndez Nava, F. (2003). *Arbustos forrajeros para Tabasco: manejo de forrajes tropicales en Tabasco* (Folleto técnico; p. 40). Villahermosa, Tabasco; México: Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco.

Naumann, H.D. (2013). *Molecular weight of condensed tannins from warm-season perennial legumes and its effect on condensed tannin biological activity* (Doctoral dissertation). Texas A&M University. USA. Recovered from <https://hdl.handle.net/1969.1/151029>

Naumann, H.D.; Tedeschi, L.O.; Muir, J.P.; Lambert, B.D. & Kothmann, M.M. (2013). Effect of molecular weight of condensed tannins from warm-season perennial legumes on ruminal methane production *in vitro*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 50: 154-162. DOI <https://doi.org/10.1016/j.bse.2013.03.050>

Naumann, H.D.; Tedeschi, L.O.; Zeller, W.E. & Huntley, N.F. (2017). The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46(12): 929-949. DOI <https://doi.org/10.1590/s1806-92902017001200009>

Oliva-Hernández, J.; López-Herrera, M.A. & Castillo-Linares, E.B. (2021a). Asociación entre medidas morfológicas del tronco en '*Erythrina americana*' Miller y rendimiento de follaje comestible. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(1): e2863. DOI <<https://doi.org/10.19136/era.a8n1.2863>>

Oliva-Hernández, J.; López-Herrera, M.A. & Castillo-Linares, E.B. (2021b). Composición química y producción de follaje de '*Erythrina americana*' (Fabaceae) en cercos vivos durante dos épocas climáticas. *Revista de Biología Tropical*, 69(1): 90-101. DOI <<https://doi.org/10.15517/RBT.V69I1.41822>>

Olivas-Aguirre, F.J.; Wall-Medrano, A.; González-Aguilar, G.A.; López-Díaz, J.A.; Álvarez-Parrilla, E.; de la Rosa L.A. & Ramos-Jimenez, A. (2015). Revisión: Taninos hidrolizables: bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1): 55-66. Recuperado de <<https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v31n1/05revision05.pdf>>

Parra-Cortés, R.I.; Magaña-Magaña, M.A. & Piñeiro-Vázquez, A.T. (2019). Intensificación sostenible de la ganadería bovina tropical basada en recursos locales: alternativa de mitigación ambiental para América Latina (revisión bibliográfica). *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 115(4): 342-359. DOI <<https://doi.org/10.12706/itea.2019.003>>

Pedraza Olivera, R.M.; Martínez Sáez, S.; Hernández Hernández, J.E. & Franco Guerra, F.J. (2019). Los taninos en los forrajes y su papel en la nutrición de los rumiantes (artículo reseña). *Revista de Producción Animal*, 17(1): 1-9. DOI <<https://doi.org/10.12706/itea.2019.003>>

Pérez Pérez, C. (2019). *Efecto de los polifenoles totales y taninos condensados de 'Gliricidia sepium' sobre nematodos gastrointestinales* (Tesis de Maestría). Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco; México. Recuperado de <<http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/4445>>

Pinto-Ruiz, R.; Hernández, D.; Gómez, H.; Cobos, M.A.; Quiroga, R. & Pezo, D. (2010). Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: usos y características nutricionales. *Universidad y Ciencia*, 26(1): 19-31. Recuperado de <<https://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v26n1/v26n1a2.pdf>>

Pinto-Trinidad, L.R.; Ramírez-Díaz, R. & Sandoval-González, L.M. (2019). Efecto del uso de semillas arbóreas forrajeras sobre la actividad fermentativa de los microorganismos ruminales. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 17(2): 46-52. DOI <<http://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v17n2.1252>>

Piñeiro-Vázquez, A.T.; Canul-Solisa, J.R.; Casanova-Lugo, F.; Chay-Canul, A.J.; Ayala-Burgos, A.J.; Solorio-Sánchez, F.J.; Aguilar-Pérez, C.F. & Ku-Vera, J.C. (2017). Emisión de metano en ovinos alimentados con '*Pennisetum purpureum*' y árboles que contienen taninos condensados. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(2): 111-119. DOI <<https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i2.4401>>

Rodríguez, R.; Sosa, A. & Rodríguez, Y. (2007). La síntesis de proteína microbiana en el rumen y su importancia para los rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41(4): 303-311. Recuperado de <<https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017712001.pdf>>

Romero Lara, C.E.; Palma García, J.M. & López, J. (2000). Influencia del pastoreo en la concentración de fenoles totales y taninos condensados en '*Gliricidia sepium*' en el trópico seco. *Livestock Research for Rural Development*, 12(4). Recuperado de <<http://www.lrrd.org/lrrd12/4/rome124.htm>>

Santiago Figueroa, I. (2020). *Alternativas para el control de nematodos gastrointestinales en ovinos tropicales de pelo* (Tesis Doctorado en Ciencias en Innovación Ganadera). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México; México. Recuperado de <<https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/4445d30e-143f-4c9e-aea0-d57faf98606>>

Sol-Sánchez, A.; López-Juárez, S.A.; Córdova-Ávalos, V. & Gallardo-López, F. (2018). Productividad potencial del SAF cacao asociado con árboles forestales. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(7): 862-877. DOI <<https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i7.6327>>

Soltan, Y.A.; Morsy, A.S.; Sallam, S.M.A.; Lucas, R.C.; Louvandini, H.; Kreuzer, M. & Abdalla, A.L. (2013). Contribution of condensed tannins and mimosine to the methane mitigation caused by feeding '*Leucaena leucocephala*'. *Archives of Animal Nutrition*, 67(3): 169-184. DOI <<https://doi.org/10.1080/1745039X.2013.801139>>

Torres-Salado, N.; Sánchez-Santillán, P.; Rojas-García, A.R.; Herrera-Pérez, J. & Hernández-Morales, J. (2018). Producción de gases efecto invernadero *in vitro* de leguminosas arbóreas del trópico seco mexicano. *Archivos de Zootecnia*, 67(257): 55-59. DOI <<https://doi.org/10.21071/az.v67i257.3491>>

Vázquez-Flores, A.A.; Alvarez-Parrilla, E.; López-Díaz, J.A.; Wall-Medrano, A. & De la Rosa, L.A. (2012). Taninos hidrolizables y condensados: naturaleza química, ventajas y desventajas de su consumo. *Tecnociencia Chihuahua*, 6(2): 84-93. Recuperado de <<https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/678>>



**ESTUDIANTE DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA EN PRÁCTICA DE CAMPO COMO PARTE DE LA ASIGNATURA «ALGAS Y BRIOFITAS»
EN LAS INSTALACIONES DE LA DACBiol.**

**División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
Villahermosa, Tabasco; México.**

Fotografía: cortesía de Ma. Guadalupe Rivas Acuña.

«La disciplina es no perder de vista lo que se desea alcanzar»

DACBIOL

EJEMPLAR DE MACULÍS *Tabebuia roseae* (Bertol.) Bertero ex A.D.C.; UBICADO FRENTE AL EDIFICIO 'C' Y PARTE DE LOS JARDINES DE LA DACBIOL.

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: cortesía de Marcela Alejandra Cid Martínez



KUXULKAB'

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

+52 (993) 358 1500, 354 4308 ext. 6415

kuxulkab@ujat.mx • kuxulkab@outlook.com

www.revistas.ujat.mx

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039.
Villahermosa, Tabasco. México.

