

Sapiens+

Ciencia, Tecnología e Innovación

ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN:

APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PLANEACIÓN FORESTAL PARA ZONAS ÁRIDAS PARA EL GÉNERO AGAVE EN EL SEMIDESIERTO DEL ESTADO DE DURANGO

DISEÑO HIDROLÓGICO CON LÍNEA CLAVE: METODOLOGÍA PARA CONSERVAR SUELO EN EL EJIDO SAN JOSÉ DE TUITÁN, NOMBRE DE DIOS, DGO.

ACIDITHIOBACILLUS CALDUS COMO AYUDA EFECTIVA PARA REMOVER CONTAMINANTES DEL SUELO

RELACIÓN EXISTENTE ENTRE SUELO Y CRECIMIENTO DE AGAVE DURANGUENSIS EN EL EJIDO TOMÁS URBINA, DURANGO

EL ALFALFA, NO SÓLO PARA ALIMENTACIÓN ANIMAL: UN ALIMENTO RICO EN NUTRIENTES Y OTROS COMPUESTOS BENÉFICOS PARA LA SALUD HUMANA

LA DIVERSIDAD GENÉTICA Y LA CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS



Sapiens+

CONTENIDO

NUESTRA COMUNIDAD

CIENTÍFICA

02

DRA. SILVIA MARINA GONZÁLEZ HERRERA

04

DR. JOSÉ SALAS PACHECO

ACTIVIDADES

COCyTED

DA INICIO LAS CARAVANAS DE LA
CIENCIA

07

FERIA MEXICANA DE CIENCIAS E
INGENIERÍA DURANGO 2024

08

1st DURANGO INTERNATIONAL SEMINAR:
"THE CUTTING EDGE OF SCIENCE AND
TECNOLOGY IN AEROSPACE"

09

PROMOCIÓN DE POSGRADOS
DURANGO 2024

ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN

10

APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PLANEACIÓN FORESTAL PARA ZONAS ÁRIDAS PARA EL GÉNERO AGAVE EN EL SEMIDESIERTO DEL ESTADO DE DURANGO

12

DISEÑO HIDROLÓGICO CON LÍNEA CLAVE: METODOLOGÍA PARA CONSERVAR SUELO EN EL EJIDO SAN JOSÉ DE TUITÁN, NOMBRE DE DIOS, DGO.

16

ACIDITHIOBACILLUS CALDUS COMO AYUDA EFECTIVA PARA REMOVER CONTAMINANTES DEL SUELO

18

RELACIÓN EXISTENTE ENTRE SUELO Y CRECIMIENTO DE *AGAVE DURANGUENSIS* EN EL EJIDO TOMÁS URBINA, DURANGO

22

EL ALFALFA, NO SÓLO PARA ALIMENTACIÓN ANIMAL: UN ALIMENTO RICO EN NUTRIENTES Y OTROS COMPUESTOS BENÉFICOS PARA LA SALUD HUMANA

Visíta, Comenta y Comparte nuestras Redes Sociales:



[cocytcd](#)



[cocytcd](#)



[cocytcd_dgo](#)

26

LA DIVERSIDAD GENÉTICA Y LA CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS

DIRECTORIO

DR. ESTEBAN ALEJANDRO VILLEGAS VILLARREAL

Gobernador del Estado de Durango

DR. GUILLERMO ADAME CALDERÓN

Secretario de Educación en el Estado

DR. JOSÉ BETANCOURT HERNÁNDEZ

Director General del COCyTED

C.P. CÉSAR ERNESTO MARTÍNEZ GUERRERO

Director de Administración y Planeación del COCyTED

M.C. SOFÍA CARRILLO LECHUGA

Directora Regional Laguna del COCyTED

DRA. BLANCA DENIS VÁZQUEZ CABRAL

Jefa del Departamento de Desarrollo Científico

M.C. FRANCISCO ZALDÍVAR ORONA

Jefe del Departamento de Formación de Capital Humano

ING. JORGE ENRIQUE CANTELLANO VARGAS

Jefe del Departamento de Difusión y Divulgación de la CTI

Diseño

ING. ADAN EDMUNDO MARTÍNEZ ROSAS

Comunicación Social COCyTED

COMITÉ EDITORIAL

Presidente

DR. RUBÉN FRANCISCO GONZÁLEZ LAREDO

Vocales

DRA. NORMA ALEJANDRA RODRÍGUEZ MUÑOZ

DRA. SOCORRO GONZÁLEZ ELIZONDO

DRA. ANGÉLICA LECHUGA QUIÑONES

M.C. MARÍA DEL CARMEN ORRANTE REYES

DR. MARCELO BARRAZA SALAS

DR. GERARDO MARTÍNEZ AGUILAR

DR. JOSÉ SALAS PACHECO

DR. BENEDICTO VARGAS LARRETA

DR. JAIME SÁNCHEZ SALAS

DR. FRANCISCO CARRETE CARREÓN

DR. JESÚS GUADALUPE ARREOLA ÁVILA

Diseño

Centro de Impresión y Diseño, S.A. de C.V.

Correo de Contacto:

sapiens.cocytcd@gmail.com

Año 5, Número 13. Impresa en los talleres de Centro de Impresión y Diseño, S.A. de C.V. en Durango, Dgo., México.

Periodicidad de las Publicaciones: Cuatrimestral

Los artículos publicados en esta revista, expresan la opinión de sus autores y no representan forzosamente el punto de vista del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango (COCyTED)

Las imágenes e ilustraciones incluidas en los artículos, son responsabilidad del o los autores del mismo.

EDITORIAL

En un mundo que exige soluciones sustentables y una relación más armónica con el entorno, la ciencia se convierte en un puente entre el conocimiento profundo y la acción concreta; esta edición de Sapiens+ refleja ese compromiso: investigar, comprender y actuar sobre los sistemas naturales con una mirada integradora, respetuosa y propositiva. Desde el semidesierto de Durango, una de las regiones más desafiantes y, al mismo tiempo, más ricas en biodiversidad y cultura, emergen propuestas innovadoras; la aplicación del sistema de planeación forestal para zonas áridas, enfocada en el género Agave, abre nuevas posibilidades para el manejo sustentable de especies emblemáticas y económicamente importantes. En la misma línea, el diseño hidrológico con línea clave en el ejido San José de Tuitán, ofrece una metodología práctica para conservar el suelo, uno de los recursos más vulnerables y esenciales para la vida.

A nivel microbiológico, el uso de *Acidithiobacillus caldus* como herramienta para la biorremediación de suelos contaminados representa un avance prometedor en el combate contra la degradación ambiental; al mismo tiempo, la investigación sobre la relación entre el suelo y el crecimiento del Agave durangensis profundiza en los factores ecológicos que condicionan el éxito de esta planta, clave para la identidad y economía local. Pero el cuidado de los ecosistemas no termina en la tierra; también involucra nuestras decisiones como consumidores y ciudadanos, por eso, destacamos el enfoque novedoso que presenta a la alfalfa como un alimento funcional, trascendiendo su tradicional uso forrajero, y revalorando sus propiedades nutritivas para la salud humana. Finalmente, cerramos con una reflexión sobre la diversidad genética y su papel en la conservación de los ecosistemas, un tema crucial en tiempos de cambio climático y pérdida de biodiversidad.

En Sapiens+ creemos que el conocimiento científico no debe quedarse en los laboratorios ni en los artículos especializados, sino que debe permear a las comunidades, los territorios y las políticas públicas. Esta edición es una invitación a seguir explorando, aprendiendo y cuidando, porque sólo entendiendo la tierra, podemos habitarla con responsabilidad.

Dr. José Betancourt Hernández

Director General del Consejo de Ciencia y Tecnología
del Estado de Durango

NUUESTRA COMUNIDAD CIENTIFICA

**DRA. SILVIA MARINA
GONZÁLEZ HERRERA**

Su formación académica incluye una licenciatura en Ingeniería Bioquímica, una maestría en Ciencia de los Alimentos y obtuve mi grado de Doctor en Ciencia y Tecnología de los Alimentos en Enero de 2016.

La Dra. Silvia se ha desempeñado como profesora investigadora en los programas de Ingeniería Bioquímica, Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos Funcionales y en el de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Bioquímica, todos pertenecientes al Sistema Nacional de Posgrados de CONAHCyT. Ha contribuido a la formación de recursos humanos en posgrado, 14 Maestros en Ciencias y dos Doctores en Ciencias. Actualmente cuenta con 31 documentos publicados en revistas indexadas, como autor de correspondencia, primer autor o colaborador, además de la publicación de 5 capítulos de libros como colaborador. Tomando en cuenta estos productos de acuerdo a Google académico, tiene un total de 426 citas. Con participación en convocatorias, a la fecha ha obtenido el financiamiento en 7 Proyectos del TecNM y uno del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango (COCyTED) y colaboradora en proyecto de Infraestructura de CONAHCyT.

CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL ESTADO DE DURANGO

Entre los logros importantes alcanzados se encuentra ser Miembro del SNII Nivel II, Perfil Deseable, Investigador Honorífico del Sistema Estatal de Investigadores, miembro fundador del Comité de Ética en Investigación del TecNM, responsable de la Unidad de Servicio de Tecnología Poscosecha del Laboratorio Nacional CONAHCyT [LaNAEPBi] y una patente producto de su proyecto de doctorado.

Ha participado en comisiones de evaluación CONAHCyT tales como, convocatorias de Estancias Postdoctorales, programa de Cátedras y Proyectos al estímulo fiscal de Conahcyt, además de artículos de investigación, Reconocimiento al Perfil Prodep, becas para estudios de Posgrado y proyectos de investigación de COCyTED. Finalmente destaca en actividades realizadas de acceso universal al conocimiento, tales como, entrevistas, participación en mesas redondas, conferencias y publicación de artículos de divulgación y capítulos de libro.

La Dra. Silvia se considera una persona perseverante, determinada, empática y con alto sentido de compromiso para alcanzar metas sin importar el tiempo que ocupe. Como investigadora le caracteriza la alegría con que realiza su trabajo, la responsabilidad, la creatividad, y siempre tener presente la ética.

Ella tuvo la oportunidad de entrar a trabajar en un ambiente donde se desarrollaba investigación y la enorme fortuna de contar con compañeros de trabajo que le apoyaron e impulsaron su carrera dentro de la investigación y el campo de los alimentos le pareció atractivo para coadyuvar en el desarrollo de alimentos saludables para consumo popular.

A la Dra. Silvia le satisface haber incursionado en la investigación porque le condujo a un camino en el que cada proyecto que lleva a cabo es un reto académico y personal y representa una satisfacción los frutos que da ese proyecto, tales como conseguir recursos para proseguir con la investigación, la formación de estudiantes de hasta su titulación y el haber obtenido una patente.

Socialmente consideraría un impacto positivo ofrecer a los estudiantes una oportunidad de formarse en un Posgrado y proporcionarles conocimientos y habilidades que los pueden impulsar para tener una mejor calidad de vida. Y el hecho de desarrollar proyectos que involucran productos regionales para darles un valor agregado considero que puede influir en la economía de los productores.

La Dra. Silvia menciona que para ella, una manera de incrementar la investigación en Durango sería acercar la información sobre lo que significa “investigar” y llevar a cabo proyectos de en todos los niveles educativos, utilizando los recursos con que cuenta, aún cuando sea una investigación sencilla. Por otra parte incrementar la difusión de los posgrados que se existen en Durango y las oportunidades que ofrecen favorecería el interés de las nuevas generaciones en la investigación.



DR. JOSÉ SALAS PACHECO

Su Formación académica incluye Químico Farmacéutico Biólogo por la Universidad Juárez del Estado de Durango con Maestría en Biología y Doctorado en Biología por la Universidad de Guanajuato. 20 años como docente a nivel de licenciatura, maestría y doctorado. Responsable de gestionar recursos y ejecutar diversos proyectos con fondos de la SEP, CONACYT, COCYTED y del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Líder del Cuerpo Académico Consolidado “Genética, Ambiente y Salud”. Miembro del Sistema Estatal de Investigadores de Durango (Investigador Honorífico) y Miembro del Sistema Nacional de Investigadores-Nivel 2. Ganador del Premio Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación Durango en los años 2011, 2013, 2017 y 2018, del Premio Dr. Héctor Márquez Monter al mejor trabajo en Genética de Poblaciones y Epidemiología Genética en el 2020. Autor de más de 80 publicaciones en revistas científicas internacionales y capítulos de libro. Director de tesis de más de 40 alumnos a nivel de licenciatura, maestría, especialidad y doctorado. Actualmente, director del Instituto de Investigación Científica de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

El Dr. Salas se describe como una persona leal, de carácter afable, un tanto reservada en el tema de las redes sociales, pero siempre con la disposición de sumarse a causas en beneficio de otros, además, como investigador se considera responsable, persistente, dedicado y con capacidad de liderazgo.

El nos cuenta que su motivación para para incursionar la investigación científica y tecnológica nace desde niño al tener cercanía con actividades académicas y de investigación por el trabajo de su padre, sumado a la posibilidad de realizar si tesis de licenciatura en la Universidad de Guanajuato, en sus palabras esas fueron motivaciones importantes para tomar la decisión de dedicarse a la investigación científica.

El Dr. Salas con cuenta sus satisfacciones provenientes de su trabajo, en que de forma personal, se le ha permitido conocer excelentes personas, muchas de las cuales ahora son grandes amigos, por otro lado, en lo profesional, se le ha permitido desarrollar una solida carrera de mas de 20 años en la UJED, siendo participe de muchos proyectos de investigación, de la formación de capital humano, tanto en el aspecto académico como en el administrativo.

El Dr. Salas expresa el cómo impacta su investigación en problemas sociales, ambientales y económicos del estado de Durango y su respuesta radica en la generación de conocimiento por su grupo de investigación en el área de la salud y en la ambiental, siempre ha ido encaminada a tratar de resolver problemáticas de ciertos sectores de nuestra sociedad (mujeres embarazadas, niños, adultos mayores, etc), sumado a esto, muchos de sus proyectos van acompañados de estudios clínicos, cuyos resultados son entregados a los participantes y eso los beneficia porque les permite conocer algunos aspectos puntuales de su estado de salud.

En la opinión del Dr. Salas, para mejorar la investigación en Durango, debe haber una mayor coordinación y cooperación entre todos los actores implicados (investigadores, sector gubernamental, sector académico, sector empresarial y población en general), adicionalmente, debe existir una real política pública de impulso a la investigación que vea a la investigación no como un gasto, sino como una inversión.

ACTIVIDADES COCyTED

DA INICIO LAS CARAVANAS DE LA CIENCIA

Teniendo como sede el Centro de Atención Múltiple del Fraccionamiento Joyas del Valle (CAM Joyas) el Ing. Jorge Cantellano Jefe del Departamento de Difusión y Divulgación en representación del Director Dr. José Betancourt Hernández, en conjunto con el Mtro. Antonio Herrera Montes de la Coordinación General de Programas Federales y Estatales con la representación del Secretario de Educación Dr. Guillermo Adame Calderón y el Mtro. José Cruz Contreras Moreno del Departamento de Educación Especial, se dio inicio al Programa de Apropiación Social de la Ciencia y Tecnología, en los diversos centros escolares para el periodo septiembre - diciembre 2024, el cual tiene por objetivo: impulsar actividades de divulgación de la ciencia, tecnología e innovación como ejes estratégicos para el desarrollo social y cultural del Estado, así como, fomentar las vocaciones científicas y tecnológicas en los niveles básico, medio superior y superior en Durango. El programa integra diversas actividades como: impresión 3D, robótica, ciencias (astronomía, biología, física, química y matemáticas), visitas guiadas a museos y/o zoológico, entre otras.

De esta manera, alumnos, docentes, directivos y supervisores de zona disfrutaron actividades lúdicas que sin duda cultivan su interés por las disciplinas científicas.



FERIA MEXICANA DE CIENCIAS E INGENIERÍA DURANGO 2024

El 31 de octubre se llevó a cabo la Feria Mexicana de Ciencias e Ingeniería Durango 2024, en donde participaron Estudiantes de Educación Media Superior y Superior provenientes de diferentes partes de nuestro Estado. Esta edición de la FEMECI fue precidada e inaugurada por nuestras autoridades en Educación, Ciencia y Tecnología; El Dr. Jesus Salazar Ibarra de la Coordinación General de Gestión Gubernamental regalo palabras de ánimo y superación para todos y cada uno de los Estudiantes, fomentando en ellos la visión de llevar sus proyectos más allá, por otro lado el Dr. José Betancourt, Director General del COCyTED, felicitó a los Estudiantes por su trabajo y dedicación en sus proyectos, mismos que reflejaban la calidad de la educación en nuestro Estado, que ha ido incrementando gracias a los esfuerzos de la actual administración al mando de nuestro Gobernador, el Dr. Esteban Villegas; para dar inicio a los trabajos de esta FEMECI 2024 el Subsecretario de Educación Media Superior y Superior el Dr. Francisco Ibarra Guel, les dio un discurso muy emotivo y lleno de felicidades para los Estudiantes, animándolos a seguir mejorando cada vez más, que se llenen de alegría por su esfuerzo y que sigan haciendo de Durango un referente en desarrollo científico y tecnológico en la Educación.

Felicidades a todos los participantes de esta edición de la FEMECI en Durango, su esfuerzo es muy importante, felicitaciones especiales también a los ganadores de este certamen, ¡¡Enhorabuena y sigan adelante!!



1st DURANGO INTERNATIONAL SEMINAR: "THE CUTTING EDGE OF SCIENCE AND TECNOLOGY IN AEROSPACE"

El 25 de Noviembre se llevó a cabo las primeras sesiones del 1er Seminario Internacional en la Frontera del Conocimiento de Ciencia y Tecnología Aeroespacial. Con las conferencias de ponentes altamente calificados y con proyectos en la NASA.

El Seminario dio inicio en la Facultad de Medicina, recibiéndonos cálidamente la Dra. Ma. Del Carmen Rojas García, y la conferencia con la participación del Dr. Urquieta donde compartió conocimiento especial para aquellos Estudiantes e Investigadores que se dieron cita para escucharlo, con el tema: "Medicina espacial para la misión a Marte", donde enfatizó la importancia de la preparación médica y los retos que la exploración espacial representa para la medicina, animando a los presentes a visibilizar su profesión más allá de las estrellas. Así mismo el Hospital General 450 brindó su apoyo y recibió a los asistentes del Seminario que se dieron cita a la Inauguración formal, misma que las Autoridades Educativas y Económicas de nuestro Estado atendieron, con la presencia y participación del Secretario de Desarrollo Económico, el Lic. Fernando Miguel Rosas Palafox, el Director del Instituto Tecnológico de Durango, el Dr. Guillermo de Anda, así como el Director de Enseñanza e Investigación de Servicios de Salud, el Dr. Héctor Huerta, además de la presencia del Maestro Antonio Mier García, representante del Ayuntamiento de Durango y la participación del Dr. Francisco Javier Ibarra Guel, Subsecretario de Educación Media Superior y Superior, se inauguraron los trabajos del Seminario.

Esta misma tarde se impartieron dos conferencias más, la primera a cargo del Dr. Urquieta, demostrando la importancia de la preparación médica en las misiones espaciales, la segunda a cargo del Mtro. Sergio Montufar, quien compartió conocimiento especial en fotografía y astrofotografía, así como la importancia de la documentación visual de fenómenos astronómicos y la implementación de la IA en la divulgación científica.



PROMOCIÓN DE POSGRADOS DURANGO 2024

Como parte de las actividades del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango el pasado 3 de Diciembre, llevó a cabo “Promoción de Posgrados Durango 2024”, en donde las Instituciones de Educación Superior pudieron exponer la oferta de programas de Posgrado existentes en cada una de las IES, todo esto con la intención de impulsar la formación de capital humano especializado y de alto nivel; que cumpla con las exigencias del mundo laboral, académico y de investigación. Este evento se propone como una plataforma para que los egresados de los Programas de Licenciatura o Ingeniería encuentren la motivación para estudiar una Maestría, Doctorado o Especialidad, y poniendo a su alcance la información proveniente de primera mano de cada una de las IES que participaron en esta edición de la Promoción de Posgrados Durango 2024.

Este evento comenzó con la ceremonia de inauguración en la sala 3D del Museo Interactivo Bebeleche, contando con la presencia de nuestras autoridades educativas encabezando el presidium el Dr. Ricardo Morales Corral, Encargado de la Subsecretaría de Administración y planeación de la SEED representando a nuestro Gobernador el Dr. Esteban Alejandro Villegas Villarreal, la Lic. Consuelo Macías Castro, Directora de Formación Continua y Superación Profesional, de la SEED, representando al Dr. Rolando Cruz García, Subsecretario de Servicios Educativos de la SEED, representando al Dr. Francisco Javier Ibarra Guel Subsecretario de Educación Superior y Media

Superior de la SEED, la Mtra. Olga González Quiñones, Coordinadora de Educación Media Superior, Superior y Particular, así mismo el Dr. Othón Huerta, Secretario técnico de la UJED representante del M. A. Rubén Solís Ríos, Rector de la UJED; el Dr. Francisco Javier Godínez García. Jefe de la UPIDET representando al Dr. Guillermo de Anda Rodríguez, Director del Instituto Tecnológico de Durango, el Mtro. Roberto Robles Zapata, Director de la BYCENED, el M.C. Julio Gerardo Lozoya Vélez, Secretario General de la UJED, también nos acompañó el Dr. Eduardo Sánchez Ortiz, Director del CIIDIR-IPN, nuestro conferencista después de la inauguración y Director del CIMAV el Dr. Ignacio Martín Domínguez y el anfitrión de este evento el Dr. José Betancourt Hernández.

A este evento asistieron alrededor de 190 participantes, estudiantes y egresados de Licenciatura y exponentes de los Programas de Posgrado, los docentes participantes provenían de instituciones como el Instituto Tecnológico Superior de la Región de los Llanos, Instituto Tecnológico de El Salto, Universidad Tecnológica de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Tecnológica de Poanas, Universidad Tecnológica de Rodeo, Universidad España, Benemérita y Centenaria Escuela Normal del Estado de Durango, Instituto Tecnológico de Durango, Facultad de Lenguas, Universidad Autónoma de Durango, Facultad de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Exactas, entre otras.



ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN

Aplicación del Sistema de Planeación Forestal para Zonas Áridas para el género agave en el semidesierto del estado de Durango

Pablito Marcelo López Serrano^{1*}, José Javier Corral Rivas¹, Jaime Briseño Reyes², Daniel José Vega Nieva¹, Claudia Bailón Soto¹, Carlos Medina Tello²

1. Universidad Juárez del Estado de Durango

2. Tecnológico Nacional de México

E-mail: p_lopez@ujed.mx

Las plantas del género *agave* son de gran importancia en México, ya que es donde se encuentra la mayor diversificación y domesticación de las distintas especies de este género distribuidas en las zonas áridas y semiáridas del todo el territorio nacional [1]. De este recurso forestal no maderable, se deriva la producción de mezcal de manera artesanal e industrial, por lo que representa un insumo de gran importancia ecológica y económica en esta actividad comercial. La producción de mezcal a nivel nacional se ha incrementado en los últimos 5 años, pasando de ser una bebida de bajo costo y de consumo exclusivo de personas de escasos recursos a posicionarse en los primeros lugares de venta y consumo, lo que le ha permitido adquirir gran renombre a nivel nacional y comenzando a colocarse en el mercado internacional con gran aceptación [2].

Por lo que la producción de mezcal, es la actividad agroindustrial más importante en los ecosistemas áridos y semiáridos de nuestro país, y se realiza en al menos 20 estados, de los cuales solo los estados de Durango, Zacatecas, Michoacán, Puebla, Guerrero, Tamaulipas,

San Luis Potosí, Guanajuato y Oaxaca, cuentan con denominación de origen. En el caso específico del estado de Durango, el *Agave durangensis* es la especie de mayor importancia económica, ya que se utiliza principalmente para la elaboración del mezcal en la región, cuenta con una distribución geográfica en los municipios de Durango, Nombre de Dios, El Mezquital y Súchil [3].

Bajo este contexto, se concibe que esta industria cuenta con el potencial de desarrollo para convertirse en una fuente generadora de empleos en estas zonas de alta marginación, sin embargo, es necesario implementar estrategias de manejo sustentable que garanticen la conservación de la especie, dada la alta demanda y aprovechamiento irracional de este recurso, pues se están viendo amenazadas las poblaciones silvestres debido a su sobreexplotación para fines comerciales [4]. Esto conlleva a la necesidad de generar metodologías de carácter técnico-científicas en este tipo de ecosistemas, que permitan implementar un buen manejo, de tal manera que se garantice la producción de bienes y

servicios medioambientales, sociales y económicos [5].

Se ha desarrollado una herramienta tecnológica e innovadora destinada a los técnicos y poseedores de los terrenos forestales no maderables para la gestión sustentable de los recursos en zonas áridas y semiáridas para las principales especies de mayor importancia en México. Dicho sistema, es el Sistema de Planeación Forestal de Zonas Áridas (SiFoZa), aplicable para el género agave en predios en el semidesierto del estado de Durango. El SiFoZa es un sistema que cuenta con dos módulos importantes, por un lado, nos muestra una biblioteca de ecuaciones alométricas para la estimación de los diferentes componentes de las especies (tallos, frutos, hojas, piñas, pencas, planta completa, etc.). En este módulo, actualmente se tienen 206 ecuaciones alométricas para el cálculo de la biomasa de 23 especies no maderables en México. Para el estado de Durango se cuenta con 26 ecuaciones para las especies de *Agave lechuguilla*, *Euphorbia antisiphilitica*, *Dasyllirion cedrosanum*, *Lippia graveolens* y *Agave durangensis*. Para el *Agave durangensis* en el estado, en el SiFoZa se encuentran albergadas 6 ecuaciones para estimar la biomasa (kg) de la penca, piña y planta total del agave en seco y en verde.

Por otro lado, se cuenta con un segundo módulo de planeación del inventario forestal no maderable. En este módulo en el SiFoZa, es necesario la generación de un producto cartográfico, que consiste en la generación de la rodalización del polígono del predio que cuenta con la clasificación de la superficie con la distribución de las áreas donde se encuentra la especie. Esta rodalización es validada por el técnico ya que el es el encargado de la clasificación de la superficie que se va a aprovechar. Posteriormente, se realiza un el diseño de la planeación del inventario forestal no maderable, la captura y validación de datos y la estimación por el sistema de las existencias reales distribuidas en el predio, el cual representa la información importante en la elaboración y ejecución de programas de manejo forestal no maderable. Se plantea que los resultados de la aplicación del SiFoZa incluya una memoria de documentos necesarios y apegado a la normatividad

vigente para la autorización del aprovechamiento de la especie ante las autoridades correspondientes. Hasta el momento el SiFoZa cuenta con acceso gratuito, solo es necesario un registro con datos generales y que se cuente con acceso a internet. La generación de nuevas herramientas tecnológicas aplicadas al manejo y monitoreo de los recursos naturales permitirá apoyar el proceso de toma de decisiones a los técnicos forestales y autoridades encargadas en la elaboración y ejecución de programas de manejo forestal no maderable de manera sustentable en los ecosistemas áridos y semiáridos de México.

Referencias

1. García-Villalba, W. G., Rodríguez-Herrera, R., Ochoa-Martínez, L. A., Rutiaga-Quiñones, O. M., López, M. G., gallegos-Infante, J. A., Bermudez-Quiñonez, G. and González-Herrera, S. M. (2023). Comparative study of four extraction methods of fructans (agavins) from *Agave durangensis*: Heat treatment, ultrasound, microwave and simultaneous ultrasound-microwave. *Food Chemistry*, 415, 135767. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135767>.
2. García-Barrón, S.E.; de Jesús Hernández, J.; Gutiérrez-Salomón, A.L.; Escalona-Buendía, H.B.; Villanueva-Rodríguez, S.J. (2017). Mezcal y Tequila: Análisis conceptual de dos bebidas típicas de México. *Rev. Iberoam. De Vitic. Agroind. Y Rural*. 4, 138–162, e-ISSN 0719-4994.
3. López-Serrano, P.M.;Hernandez-Ramos, A., Méndez-González, J., Martínez-Salvador, M., Aguirre-Calderon, O., Vargas-Larreta, B., Corral-Rivas, J.J. (2021). Mejores prácticas d manejo y ecuaciones alométricas de biomasa de *Agave durangensis* Gentry., en el estado de Durango. Proyecto: 2017-4-292674. CONAFOR-CONACYT. México. [Fecha de consulta 2 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.gob.mx/conafor/documentos/mejores-practicas-de-manejo-y-ecuaciones-alometricas-de-biomasa-de-agave-durangensis-gentry-en-el-estado-durango>.
4. López-Serrano, P.M.; Núñez-Fernández, G.A.; Alvarado-Barrera, R.; García-Montiel, E.; Ramírez-Aldaba, H.; Bocanegra-Salazar, M. (2022). Biomass Estimation of *Agave durangensis* Gentry Using High-Resolution Images in Nombre de Dios, Durango. *Drones*. 6:148. <https://doi.org/10.3390/drones6060148>
5. Gschaedler, A.C.; Mora, A.G.; Ramos, S.M.C.; Vázquez, G.D.; Valdez, J.G. (2017). Panorama del aprovechamiento de los Agaves en México. In *Red Temática Mexicana Aprovechamiento Integral Sustentable y Biotecnología de los Agaves*; CIATEJ: Guadalajara, México. ISBN 978-607-97548-5-3.

Diseño hidrológico con línea clave: metodología para conservar suelo en el ejido San José de Tuitán, Nombre de Dios, Dgo.

*Felipa de Jesús Rodríguez Flores¹, María Elena Pérez López², Judith Amador Sierra², Karla García².

1 Programa de Tecnología Ambiental de la Universidad Politécnica de Durango.

Carretera Durango-México, Km. 9.5, Localidad Dolores Hidalgo. felipa.rodriguez@unipolidgo.edu.mx

2 Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Durango.

Sigma 119, 20 de noviembre II, 34220 Durango, Dgo.

Las áreas agrícolas de temporal presentan además de una deficiente cantidad de agua y una pobre retención de ésta, una baja calidad de suelo, escasa materia orgánica, y problemas de erosión particularidades que se observan, entre otros muchos, en el ejido de San José de Tuitán, localidad ubicada en Nombre de Dios Durango. Donde se utilizan técnicas tradicionales de cultivo, que, no son sustentables por el mal uso de la relación agua-suelo, lo que provoca deterioro del rendimiento potencial, lo cual repercute en un mayor gasto de mano de obra y combustible.

Para lograr prácticas agrícolas adecuadas se han desarrollado investigaciones en países como México, Suiza y Cuba en donde se pone como objetivo la conservación de suelo. Una de las soluciones que se proponen para minimizar este deterioro es implementar técnicas de conservación de agua y suelo entre las que se encuentra el diseño hidrológico con línea clave (DHLC) (Cortés, 2013).

Con el DHLC se optimiza el agua de la lluvia dentro de la parcela, aumenta la infiltración y evita la erosión, conjunto a esto con el tiempo se mejora el suelo y permite un aumento en la productividad agrícola. El DHLC fue desarrollado en los años 50 en Australia por el ingeniero

Alfred Yeomans. Esta metodología se basa en modificar el patrón de cultivo conduciendo las escorrentías de las vertientes hasta las laderas, con lo que se reduce la concentración de aguas en las vertientes, también su velocidad y con ello se favorece la infiltración, lo cual deja mayor tiempo al agua en el terreno y con ello queda disponible por una mayor cantidad de tiempo y reduce el arrastre del suelo (Ponce-Rodríguez et al., 2019) (Figura 1). Para realizar el DHLC se reúnen los registros correspondientes al ciclo del agua en la parcela de interés y se revisa su respuesta hidrológica, con ello se toman las medidas más adecuadas para modificar el movimiento del agua, que como ya se dijo, con el objetivo de reducir la velocidad del escurrimiento superficial, aumentar la infiltración, dar una mayor eficiencia para conducir las aguas de las tormentas, con ello evita la erosión conjunto a esto con el tiempo se mejora el suelo y permite un aumento en la productividad agrícola. (Amador, 2019).

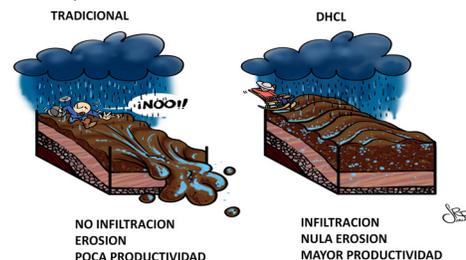


Figura 1. DHLC vs Método tradicional

Para iniciar se debe considerar la topografía del sitio, establecer las curvas de nivel e identificar el punto de mayor inflexión en la zona que se usa como base para establecer el surcado. Para definir la pendiente que permita una mejor distribución del agua de lluvia, se debe considerar el tipo de suelo, los eventos de precipitación y las necesidades hídricas del cultivo; para apoyar el mantenimiento del DHLC se pueden establecer árboles u otras plantas que permitan sostenerla en el terreno (Gras, 2013).

El DHLC implica trabajos de topografía que aumentan el costo de producción, sin embargo, una vez ubicada, puede ser usada permanentemente, en otras palabras, los costos de implementación son altos, pero los beneficios a largo plazo pagarán muchas veces la inversión. Considerando lo anterior, se han implementado ensayos del DHLC en el ejido San José de Tuitán, donde la investigación de Aragón-Díaz, 2021, describe que el ejido tiene 362 parcelas y el 42% presenta un grado de baja a moderada erosión. Esta degradación es causada por el sobrepastoreo y malas prácticas agrícolas en la zona de acuerdo con el Ordenamiento Territorial del Municipio de Nombre de Dios (DOF, 2020). La precipitación media anual es de 500 a 600 mm con mayor presencia en verano. Es un área con suelo pobre, pedregoso y superficial con poca materia orgánica y con problemas de escorrentía.

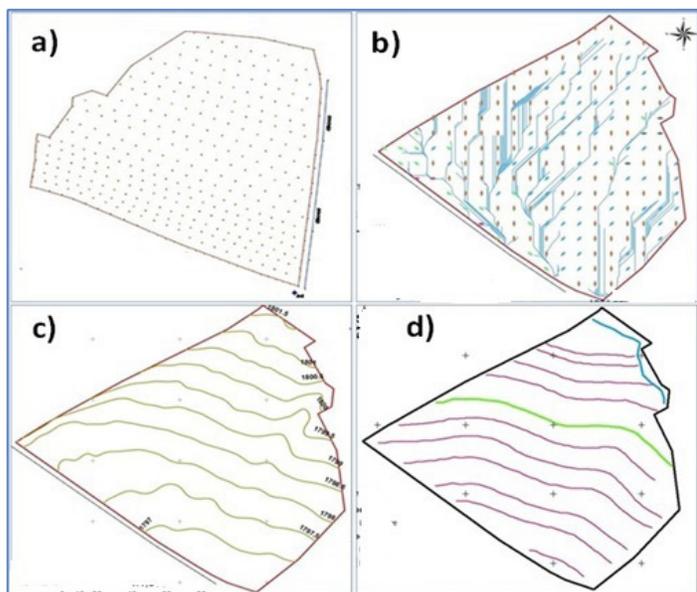


Figura 2. a) la ubicación de los puntos topográficos del terreno, (b) el flujo del agua, (c) el diseño de las curvas de nivel, (d) posteriormente se selecciona el punto clave

En la Figura 2 se observa la metodología de la implementación de del DHLC a través de Sistemas de Información Geográfica en el cual se utilizó el software Arc Map Versión 3.10 (a) muestra el área delimitada, la ubicación de los puntos topográficos del terreno el diseño de las curvas de nivel, el flujo del agua, posteriormente se selecciona el punto clave y con base en este último punto se establece el surcado. Hasta ahora se han realizado 3 ensayos donde se ha observado que la producción es mayor que en las parcelas aledañas donde no se utilizó la línea clave.

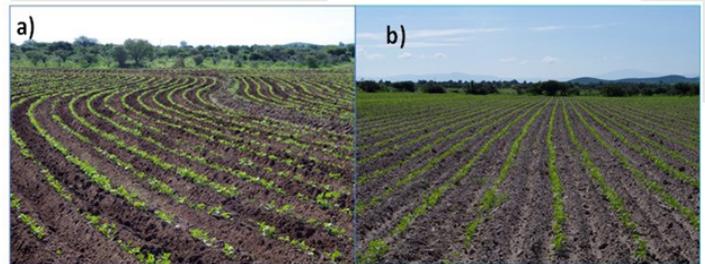


Figura 3. DHLC (a) vs Método tradicional (b) en San José de Tuitán

En la figura 3 se observa las actividades del surcado, del DHLC contra el sistema tradicional, durante el proceso se busca hacer más lento el movimiento del agua, con diseños que redistribuyen el flujo natural y se persigue la mayor absorción de agua posible en áreas más altas, previene la concentración rápida de flujos, atenuando de esta manera la pérdida de nutrientes del suelo y el arrastre de sedimentos por erosión, en las parcelas se trató de cuidar a detalle lo anterior debido a que la zona es muy pedregosa y con suelos muy calichosos.

Las diferencias más importantes entre esta técnica, y el método tradicional es que la de DHLC provee mayor conservación de humedad y con el tiempo conserva los nutrientes, aumentado la producción agrícola. El cultivo tradicional con el tiempo hay una pérdida de nutrientes y debido a que la formación de surcos son rectos, producen erosión. En México existen diversos especialistas que, de manera empírica, han desarrollado exitosos proyectos de DHLC en múltiples áreas (ganaderos, agrícolas, turísticos, forestales y de belleza escénica), sin embargo la investigación formal es escasa y Durango ha sido pionero en el estudio técnico del DHLC. Existen proyectos desarrollados por diversas instituciones de investigación en donde han colaborado

académicos, estudiantes y agricultores; cuyos resultados coinciden en que el DHLC permite el aumento de la humedad del suelo, disminuye la erosión y se obtiene un mayor rendimiento en los cultivos. (Amador, 2019; García 2021, Ponce-Rodríguez et al., 2021 y Alonso et al 2021). Ponce-Rodríguez et al., 2021, implementaron el DHLC en el mismo poblado, en 7 hectáreas con *Phaseolus vulgaris* L. (frijol), donde encontraron que el área con DHLC retuvo la humedad un 5% más que en cultivo tradicional; con respecto a la producción de frijol, esta fue 126% mayor que la producción regional de temporal y se evitó el arrastre de sedimentos (29 toneladas menos) al disminuir la velocidad de escorrentía. (Ver figura 4). Estos trabajos han permitido

difusión adecuada a estos trabajos y el establecimiento de una parcela modelo.

Agradecimiento. Gracias por el apoyo al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango (COCYTED) por para realizar el proyecto “Implementación de parcelas demostrativas del diseño y trazo hidrológico con la técnica del Keyline en zonas agrícolas de San José del Tuitán, Nombre de Dios” con número de folio 98, financiado dentro la Convocatoria para el Impulso a la Vinculación mediante Proyectos Academia - Empresa - Sociedad 2019-01.

Referencias

Alonso, N. F. G., Del Carmen, P. R. M., Ángel, P. G. M., Emily, G. M., Cárdenas, O. R., & Marcelo, L. S. P. 2021. Evaluation of a Hydrological Design Applied to Rainfed Agriculture Using Vegetation Indexes. <http://www.academicstar.us/issueshow.asp?daid3866> Consultado 22 de febrero de 2022

Amador Sierra Judith, 2019. Implementación del diseño hidrológico con líneas clave con frijol de temporal Durango. Tesis de maestría en Nombre de Dios. CIDIIR-IPN. Pág. 60. Durango, Dgo.

Aragón Díaz Yesenia. 2021. Proyecto de estadía Inventario de las tierras de temporal, de acuerdo con el uso del suelo, con problemas de deterioro y baja productividad para establecer parcelas para el diseño hidrológico con keyline clave en San José de Tuitán, Nombre De Dios, Dgo. Universidad Politécnica de Durango. Páginas 1-110

Cortés, H. (2013). Manual técnico. Diseño Hidrológico del terreno (sistema keyline) en parcelas agrícolas con precipitación limitada. Jiutepec, Morelos: IMTA.

Diario Oficial de la Federación. (DOF número 36). Aprobación del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Nombre de Dios, Durango.

Gras, E., Gómez, R., De la permacultura a la agricultura orgánica. www.mashumus.com. [en línea] mayo 2013. <http://www.mashumus.com/index.php/articulos/13-interesante2/52-de-la-permacultura-a-laagricultura>. 15 de mayo 2021.

García-García Karla Guadalupe. 2021. Proyecto de estadía “Implementación de la línea clave en terrenos agrícolas del Ejido San José de Tuitán, Nombre de Dios, Durango. Universidad Politécnica de Durango. Páginas 1-85

Ponce-Rodríguez, M.D.C.; Prieto-Ruiz, J.Á.; Carrete-Carreón, F.O.; Pérez-López, M.E.; Muñoz-Ramos, J.D.J.; Reyes-Estrada, O.; Ramírez-Garduño, H. Influence of stone bunds on vegetation and soil in an area reforested with *Pinus engelmannii* Carr. in the forests of Durango, Mexico. *Sustainability* 2019, 11, 5033

Ponce-Rodríguez, M.D.C., Carrete-Carreón F- O., Núñez-Fernández G-A., J Muñoz-Ramos J. J and Pérez-López M. E. 2021. “Keyline in Bean Crop (*Phaseolus vulgaris* L.) for Soil and Water Conservation” *Sustainability* 13, no. 17: 9982. <https://doi.org/10.3390/su13179982>



Figura 4. Vista del método tradicional contra el DHLC del trabajo de Ponce Rodríguez, et al, 2021 (tomado con permiso de los autores)



Figura 5 Identificación de punto y línea clave en la parcela

sentar las bases para realizar evaluaciones cada vez más finas del DHLC, donde los principales parámetros a considerar para desarrollar el modelo hidrológico son la pendiente, textura, tipo de cultivo y los eventos de precipitación. Para la apropiación social de esta técnica es necesario que los agricultores vean resultados positivos y con ello tomen la decisión de cambiar la manera en que gestionan sus terrenos, por lo que es vital que se le de



Acidithiobacillus caldus como una ayuda efectiva para remover contaminantes del suelo.

Hugo Ramirez Aldaba, Estela Ruiz Baca y René Homero Lara Castro.
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del Estado de Durango.
E-mail: h_ramirez@ujed.mx

Los microorganismos alrededor del mundo, se utilizan en procesos de limpieza del agua y del suelo contaminado por procesos industriales, como lo es la industria del papel, la fabricación de automóviles, la fabricación de pinturas, así como la minería, entre otras industrias, las cuales tienen desechos que son dispuestos algunas veces sin tratamiento en cuerpos de agua como ríos, lagunas, o en el caso de la minería, en presas de jales, escorias o predios con minerales sin procesar, los cuales quedan expuestos al aire que oxida la superficie de estas rocas la cual con la presencia de sulfuros minerales presentes más la acción del aire y la lluvia que oxida dichos sulfuros provocan al paso del meteoro lo que se conoce como drenaje ácido de mina (DAM), un severo problema de contaminación del suelo y agua.

En Durango se trabaja actualmente en una fórmula novedosa para maximizar la capacidad de algunos microorganismos para extraer de forma natural contaminantes como los sulfuros (azufre), asociado a la arsenopirita y piritita (conocida como el oro de los tontos). Se trata de usar bacterias presentes en la naturaleza que puedan atacar este problema de contaminación, en términos generales se pretende someter a las bacterias a una adaptación de condiciones que permitan que el organismo realice un proceso de remoción del contaminante, ya que estas son capaces de resistir a pHs extremos y lugares con alto contenido de sustancias tóxicas las cuales son aprovechadas por los microorganismos para efectuar sus propios procesos metabólicos (Ramírez-Aldaba et al. 2016).

Entre las técnicas para recuperar minerales con valor económico como el oro y la plata asociados a la arsenopirita se encuentra el proceso de biolixiviación, el cual consiste en disolver los metales en un medio acuoso usando bacterias para liberar la mayor cantidad del mineral con mayor estimación comercial y económica.

De igual forma se utiliza esta técnica para remover contaminantes del suelo como pueden ser Arsénico, Plomo, Cadmio, Cromo y Mercurio los cuales son expuestos en el proceso de oxidación de los sulfuros metálicos contenidos en el mineral. La mayoría de las bacterias se alimentan de arsénico y de azufre, provocando que estos precipiten y puedan ser tratados o removidos, a estas bacterias se les conoce como acidófilas porque se desarrollan en condiciones muy ácidas de pH, normalmente a un valor por debajo de 5 (Chen et al. 2023).

Acidithiobacillus caldus es una bacteria acidófila oxidante del azufre, capaz de oxidar compuestos inorgánicos reducidos del azufre que se han formado por la descomposición de sulfuros minerales como el azufre elemental, sulfuros y tiosulfato. Esta bacteria con pequeños bastoncillos (Figura 1A) en especial le encanta los entornos ácidos con contenido de azufre y con una temperatura cálida para su desarrollo y multiplicación.

También utilizan el dióxido de carbono (CO₂) presente en el aire como fuente de carbono. *A. caldus* ha sido poco estudiada lo que permite aun generar alternativas de aplicación mediante su estudio detallado en diferentes escenarios de caracterización (Johnson y Bangor, 2009).

Esta bacteria ha demostrado que por su naturaleza termófila permite una tasa más rápida de biolixiviación de minerales en aplicaciones de la biominería. *A. caldus* posee de ventaja una demanda de energía baja al igual que las emisiones al medio ambiente, la cual puede llegar a ser una opción más benigna para el ecosistema de la región, cuando se le compara con otros métodos de extracción como la lixiviación con ácidos fuertes (Brierley, 2008; Jerez, 2009).

¿Pero por qué estudiar *Acidithiobacillus caldus*?

Actualmente la interacción entre *A. caldus* y la arsenopirita está pobremente descrita en la literatura científica y no se representa a detalle cuando los factores como el pH, temperatura, presencia de metales pesados varían en distintos escenarios dentro de la actividad minera. En nuestro estudio, se simulará procesos de biooxidación utilizando experimentos electroquímicos para poder evaluar la formación de una biopelícula como interacción microorganismo-mineral.

Los procesos oxidativos de la arsenopirita ocurren en presencia del arsénico en el sistema, debido a residuos mineros ricos en este metaloide, las bacterias lixiviantes como *A. caldus* generan estas sustancias poliméricas que conocemos como biopelícula, la cual está compuesta de proteínas, polisacáridos y lípidos). La influencia y variación de las condiciones ambientales en las propiedades transitorias de la biopelícula, contribuirán a comprender mejor las reacciones bacterianas que tienen presencia durante la biolixiviación de la arsenopirita en presencia de arsénico y en entornos mineros, forestales e industriales.

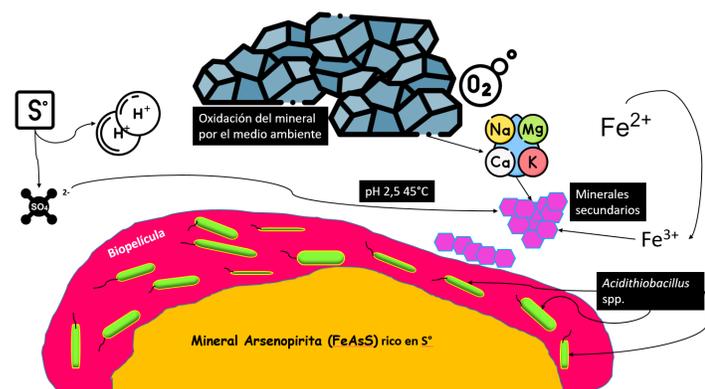


Figura 1. Bacteria

Referencias

Brierley, C. 2008. How will biomining be applied in future? Transactions of nonferrous metals society of China 18(6):1302-1310.

Chen, H-R; Li, Q; Zhao, X-J; Zhang, D-R; Pakostova, E. 2023. Two-step sequential bio-oxidation of arsenopyrite catalyzed by a mesophilic bacterium eliminates hazardous Fe (III)/As-bearing products and enhances mineral dissolution Chemical Engineering Journal 462:142259.

Jerez, CA. 2009. Metal extraction and biomining Encyclopedia of microbiology 3:407-420.

Johnson, DB; Bangor, U. 2009. Extremophiles: acidic environments The desk encyclopedia of microbiology:463-480.

Ramírez-Aldaba, H; Valles, OP; Vázquez-Arenas, J; Rojas-Contreras, JA; Valdez-Pérez, D; Ruiz-Baca, E; Meraz-Rodríguez, M; Sosa-Rodríguez, FS; Rodríguez, ÁG; Lara, RH. 2016. Chemical and surface analysis during evolution of arsenopyrite oxidation by *Acidithiobacillus thiooxidans* in the presence and absence of supplementary arsenic Science of The Total Environment 566:1106-1119.

Relación existente entre suelo y crecimiento de *Agave durangensis* en el ejido Tomás Urbina, Durango.

Loera Gallegos Héctor Manuel^{1*}, Hernández Díaz Daniela Neftalí, Domínguez Calleros Pedro Antonio¹, Meléndez Soto Arnulfo¹.

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango. Río Papaloapan y Blvd. Durango s/n; col. Valle del Sur. C.P. 34120. Durango, Dgo.

²Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. Universidad Juárez del Estado de Durango. Río Papaloapan y Blvd. Del Guadiana 501; SARH. C.P. 34104. Durango, Dgo.

Email: hm.gallegos@ujed.mx

Los factores más significativos que determinan la cobertura del agave, comúnmente conocido como maguay, son la obtención de luz, así como la competencia por ella con arbustos o árboles; también se ha documentado la importancia de algunas propiedades del suelo como el contenido de materia orgánica y el nitrógeno(1). El incremento de la demanda de mezcal obtenido del *Agave durangensis* Gentry, ha provocado una sobreexplotación del recurso, debido a que para la elaboración de esa bebida se colectan indiscriminadamente las plantas de sus poblaciones naturales. Esta recolección está ocasionando la disminución y la fragmentación de las poblaciones silvestres de este recurso en el estado de Durango, Durango, México (2).

La calidad del suelo y la fertilización son factores que determinan el crecimiento de las plantas. La cantidad de hojas que despliegan los agaves, está relacionada con su crecimiento, por lo que dicha cantidad constituye una variable apropiada para evaluar el efecto de la fertilización (3). Para el crecimiento de plantas se han identificado 12 elementos esenciales para su desarrollo. Estos elementos esenciales se encuentran clasificados en dos grupos, los macronutrientes, que son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, los cuales son usados por las plantas en cantidades relativamente

grandes; mientras que los micronutrientes son: fierro, manganeso, zinc, boro, cobre y molibdeno, se utilizan en pequeñas cantidades (4).

En el presente trabajo de investigación, se caracterizaron las áreas con presencia de *Agave durangensis* en el ejido Tomás Urbina, el cual se localiza en el municipio Durango del estado de Durango, México y se encuentra en las coordenadas 23°49'11.30" N 104°23'45.47" O, como se muestra en la (Fig. 1) Localización del área de estudio, a una altitud media de 1930 m. En esta caracterización se clasificaron y evaluaron sitios de muestreo, considerando los diferentes tipos de suelos presentes en el lugar, para posteriormente determinar el efecto en el crecimiento y la productividad de las poblaciones silvestres de agave. Se utilizó un muestreo dirigido al rango de exposición con sitios circulares de 1000 m², con la finalidad de abarcar los rangos de calidad de estación, altitud, exposición y pendiente; considerando además las áreas con presencia de *Agave durangensis*, siendo propuestos 10 sitios, como representativos de la zona.

Con la cinta métrica se midió la altura de los *Agave durangensis* en el área de estudio registrándolo en un formato, para después vaciar la información a una base de datos, como se muestra en la (Fig. 2) Medición de

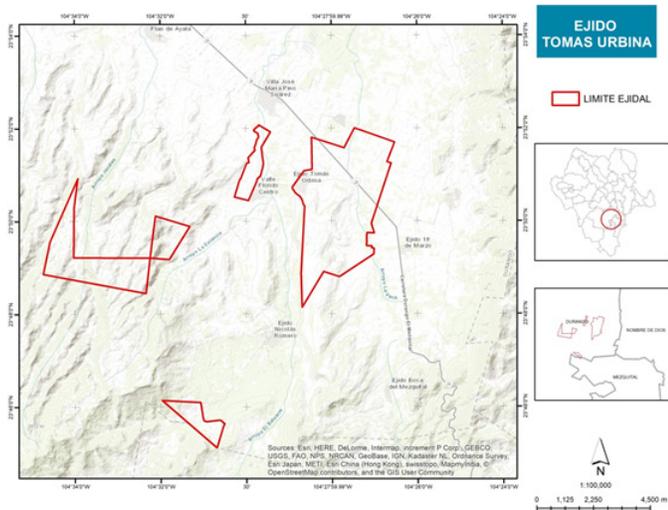


Figura 3. Toma de muestra de suelo

Figura 1. Localización del área de estudio

altura de *Agave durangensis*. En cada sitio se tomó una muestra de 100 cm² de los primeros 30 cm de suelo, utilizando un pico y una pala, incluyendo la materia orgánica en la muestra (Fig. 3) Toma de muestra de suelo. Las muestras de suelos fueron secadas a temperatura ambiente. Posteriormente se enviaron para su análisis al Laboratorio de Análisis de Suelo y Agua del Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana, el cual se apega a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Para el análisis matemático se utilizó el modelo de regresión que tiene como objetivo explicar la relación que existe entre una variable dependiente Y (Crecimiento de *Agave durangensis*) con un conjunto de variables independientes X (pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, fósforo disponible, nitrógeno total). Estas observaciones se ajustaron al coeficiente de correlación de Pearson, bajo la consideración de que existe una relación entre la altura dominante y los análisis de suelo.

Los resultados obtenidos, a partir del análisis de suelo, permitieron desarrollar el coeficiente de correlación de Pearson, de 10 sitios de estudio con datos de altura promedio dominante de *Agave durangensis*, y los resultados de análisis de suelo como se muestra en la Tabla 1.

Una vez establecidos los diferentes análisis de suelos del área de estudio, se realizó la matriz de correlación de Pearson conforme a la altura dominante de *Agave durangensis*, como se muestra en la Tabla 2. De los sitios muestreados para la realización de este estudio, el que mejor resultado obtuvo fue el sitio 3, debido a que presentó una mayor altura en las plantas de agaves y en las características presentes en el suelo ya mencionadas anteriormente. Según los valores de referencia, el pH es medianamente alto, la materia orgánica es baja, la conductividad eléctrica es medianamente alto, el fósforo es excesivo y el nitrógeno deficiente.



Figura 2. Medición de altura de *Agave durangensis*.

Tabla 1. Análisis de suelo en sitios con relación a la altura de *Agave durangensis*

Sitio	Altura (m)	pH	Materia Orgánica (%)	Conductividad eléctrica (ds/m)	Fósforo (mg kg ⁻¹)	Nitrógeno
1	0.637	7.80	0.695	0.145	2.36	0.034
2	0.610	7.33	1.327	0.124	143.42	0.066
3	0.686	7.48	0.695	0.106	79.02	0.034
4	0.584	7.22	1.896	0.146	43.15	0.094
5	0.648	7.11	1.010	0.162	39.74	0.050
6	0.635	7.40	1.126	0.134	61.55	0.057
7	0.634	7.39	1.125	0.135	61.54	0.056
8	0.633	7.38	1.124	0.136	61.53	0.055
9	0.632	7.37	1.123	0.137	61.52	0.054
10	0.631	7.36	1.122	0.138	61.51	0.053

Tabla 2. Correlación de Pearson de altura de *Agave durangensis*, pH, materia orgánica, conductividad, fosforo y nitrógeno.

	Altura (m)	pH	MO (%)	C.E (ds/m)	P (mg kg ⁻¹)	N
Altura (m)	1					
Ph	0.288	1				
MO (%)	-0.880	-0.601	1			
C.E (ds/m)	-0.406	-0.313	0.256	1		
P (mg kg ⁻¹)	-0.076	-0.321	0.212	-0.599	1	
N	-0.876	-0.599	0.998	0.252	0.217	1

Estos valores obtuvieron mejor resultado y se encuentran dentro del rango de medidas óptimas para un buen crecimiento de *Agave durangensis*.

Con los resultados obtenidos del coeficiente de correlación de Pearson en los que ninguno resultado ser igual a 0, se concluye que existe relación entre la altura promedio de *Agave durangensis* y a las características del suelo estudiadas (nivel del pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, existencia de fósforo y nitrógeno).

Siendo la materia orgánica y el nitrógeno los valores más representativos (-0.88 y -0.87 respectivamente). Como se mencionó, el nitrógeno en el suelo se obtiene principalmente, a través de diferentes microorganismos presentes que lo fijan de su forma gaseosa; sin embargo, en la zona de estudio, nos encontramos con un déficit de nitrógeno, lo que nos indica que es necesaria una incorporación de este elemento al suelo, para propiciar

un óptimo crecimiento del agave, mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos y o químicos es cómo podemos ayudar a incrementar la existencia de este elemento tan importante en el suelo para ser incorporado a las plantas.

Referencias

- Nobel, P. (1998). Los Incomparables Agaves y Cactus. México. Trillas. 211 p.
- Valenzuela, JF, Velasco, OH., Márquez, MA. (2003). Desarrollo sustentable de Agave Mezcalero en Durango. Fundación Produce Durango-CIIDIR Durango, IPN. Durango, México CIIDIR.188 p.
- Martinez-Ramírez S., Trinidad-Santos A., Bautista-Sánchez G y Pedro-Santos C. (2013). Crecimiento de plántulas de dos especies de mezcal en función del tipo de suelo y nivel de fertilización. Fitotec. Mex. 36(4): 387-393.
- Rosales, S., Sigala, JA., Bustamante, V. (2013). Producción y trasplante de planta de Agave en vivero. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Durango, México. 42 p.



El alfalfa, no solo para alimentación animal: un alimento rico en nutrientes y otros compuestos benéficos para la salud humana.

Cesar Daniel Terrazas Luévanos, Luz Araceli Ochoa Martínez, Jesús Paez Lerma, Oscar N. Soto Cruz y Juliana Morales Castro*.

TecNM/ Instituto Tecnológico de Durango.
UPIDET. Laboratorio de Desarrollo de Nuevos Productos. Blvd. Felipe Pescador 1830 Ote., Col. Nueva Vizcaya, Durango, Dgo.

Email: jmorales@itdurango.edu.mx

Al escuchar la palabra “alfalfa”, nos viene a la mente, alimento para ganado, y efectivamente, la alfalfa, se ha cultivado para alimentación animal. Sin embargo, la alfalfa contiene numerosos nutrientes que la hacen adecuada para el consumo humano, aunque estudios científicos que respalden su seguridad y los efectos en la salud por su consumo, son aún limitados. El consumo de alfalfa en nuestro país, se conoce por el agua de alfalfa, jugos, por los germinados o brotes en ensaladas o sándwiches, infusiones de las hojas secas, diversos platillos y panadería, donde incrementa el valor nutritivo, por el contenido de fibra y proteína, además de algunas vitaminas y otros compuestos. En adición, diversos estudios han encontrado que es una excelente fuente de compuestos bioactivos, como fitoquímicos, con efectos muy amplios en diversos padecimientos de las personas. Además, derivado de su composición química, rica en proteína y otros componentes químicos, la alfalfa se está utilizando, sobre todo en Europa para la obtención de proteína vegetal, en forma de concentrados, industria que genera, como la mayoría de las industrias, subproductos, cuya utilización crece día a día, con la finalidad de disminuir la producción de desperdicios orgánicos y el consecuente impacto

ambiental que tienen cuando se confinan en rellenos sanitarios.

¿Dónde y cuanto se produce de alfalfa en nuestro país?

La producción de Alfalfa, de acuerdo con el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP, con datos del 2018, es de 33.9 millones de toneladas, donde el 54.2 de la producción nacional, la tienen los estados de Chihuahua, Durango, Guanajuato e Hidalgo. (SIAP, 2018) La producción nacional promedio anual de alfalfa, en los últimos 10 años, es de 30 millones 950 toneladas, donde el 54.2 de la producción nacional, la tienen los estados de Chihuahua, Durango, Guanajuato e Hidalgo. (SIAP, 2018). Desde el punto de vista de clasificación botánica, la alfalfa pertenece a la familia denominada *Fabaceae*, donde también se encuentra la soya.

¿Qué contiene la alfalfa, para promocionarla con “potencial bioactivo”, que beneficia nuestra salud?

La composición nutrimental de la alfalfa la hace una excelente fuente de nutrientes, importantes en la salud humana, como proteína y fibra, además es una fuente abundante de compuestos bioactivos, denominados fitoquímicos con actividad biológica que contribuyen a

mejorar la salud como compuestos *fenólicos*, *flavonoides* y *saponinas* (Rafinska et al., 2017), con actividad antioxidante, producto de su estructura química. También contiene aceites esenciales polisacáridos y alcaloides. Contiene *flavonoides* como *quercetin* y *biochanin a*, *genistein*, *erbstatina*, con potencial para tratar tumores e inflamación, especialmente, durante la menopausia, cuando se disminuye la producción de hormonas (Barna, 2022). También las *saponinas*, presentes en la alfalfa, han mostrado actividad antifúngica, nematocida e insecticida en la agricultura y horticultura (D'addabbo et al., 2009 y 2011).

En estudios anteriores, la alfalfa ha mostrado efectos farmacológicos and aliviar enfermedades del sistema nervioso central, enfermedades cerebrovasculares y en mejorar la memoria (Bora & Sharma, 2011). Mas recientemente, extractos de alfalfa, conteniendo *saponinas* mostraron potente actividad neuroprotectora con potencial para tratar enfermedades neurodegenerativas (Li et al., 2020). También se ha utilizado para tratar la tos, úlceras gástricas, piedras en el riñón y artritis (Liu et al., 2019). Extractos obtenidos de *M. sativa* o alfalfa tienen propiedades benéficas, ya que en su aplicación como suplementos dietarios, han mostrado actividad anti-oxidante, antifúngica, antibacteriana, disminuyen el colesterol, y actividad fitoestrogénica (Rafinska et al., 2022).

La alfalfa es una excelente fuente de proteína vegetal a través de procesos industriales

Debido al aumento poblacional, existe mayor demanda por fuentes de proteína, ya sea animal o vegetal. Dado el alto impacto negativo que tiene la producción de ganado de carne como fuente de proteína animal, se ha impulsado la búsqueda de fuentes de proteína de origen vegetal a base de plantas, siendo las mas conocidas, los granos y leguminosas, como las lentejas, frijoles, garbanzos, chícharos secos, entre otras, cuyo cultivo promueve la agricultura sustentable, puesto que estas cosechas ayudan a disminuir los gases de efecto invernadero, mantienen los suelos saludables y utilizan menos agua que otras cosechas. De esta manera, la alfalfa es una candidata ideal para la producción de proteína vegetal, puesto que contiene proteína de alta

calidad (entre 50 y 60%), gran adaptabilidad, alto valor nutricional, sabor agradable, amplia distribución y producción estable (Zhang, et al., 2017). La proteína vegetal también se está obteniendo de chícharos, soya y trigo, sin embargo, la alfalfa es superior en cuanto a proteína cruda obtenida de estas cosechas (Tenorio et al., 2016). Durante el proceso de obtención de proteína a partir de alfalfa, se generan subproductos conocidos como jugo oscuro, estimándose que de cada kilogramo de alfalfa fresca, se producen 500 g de este jugo, que contiene proteína y fenoles además de otros compuestos menores, por lo que si este jugo no se utiliza, se desperdician compuestos valiosos que contiene. De esta manera, su utilización se adapta al concepto de economía circular, donde la tecnología no produce desperdicios, manteniendo los materiales por largo tiempo, con menor gasto energético y utilizando todos los recursos renovables (Bakongi, et al., 2020). El jugo oscuro, contiene flavonoides, derivados de flavonoides (apigenina, naringenina, luteolina.)

Carbohidratos o polisacáridos y su efecto en la salud

Las plantas contienen carbohidratos o azúcares, principalmente, almidón, glucosa, celulosa, hemicelulosa, pectina y oligosacáridos. Se clasifican en dos tipos: Carbohidratos de reserva, como el almidón, oligosacáridos y azúcares. Y el segundo tipo, polisacáridos de pared celular, dentro de los cuales se encuentran varios que constituyen, la fibra dietaria. En general, los carbohidratos en la dieta, son indispensables para mantener la salud, porque participan en diversas funciones en el organismo: Como fuente de energía, en el balance energético y saciedad, relacionado con la obesidad; en la regulación de azúcar en la sangre y concentraciones de insulina, importante en personas con diabetes y síndrome metabólico (asociado con la obesidad). La fibra dietaria, compuesta por carbohidratos no digeribles, proveen salud intestinal, ya que son alimento para los microorganismos del intestino, que producen ácidos grasos de cadena corta y butirato, compuestos con efectos benéficos en fortalecer el sistema inmune, en prevenir el cáncer de colon, en hormonas del páncreas y tejido adiposo que regulan el metabolismo energético, asociado con obesidad. (Lovegrove et al., 2017).

De este conocimiento sobre la importancia de los carbohidratos y/o polisacáridos, se han estudiado estos compuestos en alfalfa, desde hace algunos años, encontrando que la fracción de polisacáridos de alfalfa, ha mostrado actividad antioxidante, capacidad de disminuir los lípidos y protección del hígado. También se ha reportado que la fracción de polisacáridos de alfalfa tienen efectos neuroprotectores (5), de remover radicales y de actividad inmunomoduladora celular (Liu 2020; Shang, 2019; Xie, 2019). Estas propiedades dependen del método de extracción que se utilice para obtenerlos, tal como lo reportan Shang et al (2019), así como del método de secado de la alfalfa, previo a la obtención de la fracción de polisacáridos (Shang et al., 2021).

La flora intestinal participa en diversos procesos metabólicos que mantienen nuestro cuerpo saludable. Aunque se ha sabido por mucho tiempo, sobre el efecto de la alimentación en la salud, en los últimos años, se ha hecho evidente la cercana conexión entre los alimentos y bebidas que consumimos y nuestra salud y bienestar y en el centro de este tema, se encuentra la microbioma intestinal, o flora intestinal, como de denominamos de forma común, donde se encuentran millones de microorganismos, con funciones diversas que impactan, directamente, nuestra salud. El microbioma, no solo ayuda en la digestión, sino tiene un efecto directo en el sistema inmune, el metabolismo, el peso, el sueño, los niveles de energía. También se ha establecido una relación directa entre la dieta y el microbioma para el manejo de enfermedades como la enfermedad de Crohns, colitis ulcerativa y el síndrome del colon irritable. Así, el microbioma determina muchas funciones que sustentan la salud y el sentido de bienestar de nuestro cuerpo. De esta manera, es prioritario mantener un balance saludable para las funciones del sistema inmune y metabólicas, fundamentalmente, para la prevención de enfermedad y protección contra patógenos.

El factor más importante que determina un microbioma intestinal saludable es la dieta. Numerosos estudios han mostrado que el consumo de carbohidratos complejos no digeribles, como fibra dietaria, (polisacáridos) en granos enteros, incrementan la abundancia de una o

más de las bacterias benéficas. Asimismo, el consumo de proteínas derivadas de plantas promueve la microbiota benéfica, de los géneros, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Akkermansia*, *Faecalibacterium*, *Eubacterium*, *Roseburia* y *Ruminococcus*, que se asocian con buena salud (Institute of Food Technologists, 2020). Además de las recomendaciones sobre el consumo de una dieta variada, se está promoviendo, el consumo de prebióticos, sustancias o compuestos que son selectivamente seleccionados por los microorganismos benéficos de nuestro cuerpo para desarrollarse. Anteriormente, solo se consideraba como prebióticos, a los carbohidratos no-digeribles, como la fibra dietaria. Sin embargo, el concepto se ha expandido a otros componentes.

Por lo anterior, es que se hace necesario desarrollar estudios científicos que generen conocimiento sobre el potencial que tiene la alfalfa, como agente prebiótico, dado su contenido de fibra y compuestos bioactivos. De esta manera, es que, en el Instituto Tecnológico de Durango, se está desarrollando un proyecto de investigación, cuya finalidad es la de obtener una fracción de la alfalfa, los polisacáridos, para evaluar su potencial como agente prebiótico y ofrecer una evidencia más, de que su consumo es benéfico para mantener nuestro cuerpo saludable y representa una alternativa de consumo para contribuir a mantener nuestro cuerpo saludable, tanto por los compuestos bioactivos, como por el contenido de fibra y proteína.

Agradecimientos

Los autores, agradecen al Tecnológico Nacional de México, por el apoyo otorgado para el desarrollo del Proyecto de Investigación “Evaluación del Potencial Funcional de Polisacáridos de Alfalfa (Medicago sativa)”, con Clave No.15262.22-P. El estudiante, Cesar Daniel Terrazas Luévanos, agradece al CONACYT por el apoyo otorgado para realizar sus estudios de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos Funcionales.

Referencias

Bákonyi, Nóra, Kisvarga, Szilvia, Barna, Döme, Tóth, Ibolya O., El-Ramady, Hassan, Abdalla, Neama, Kovács, Szilvia, Rozbach, Margaréta, Fehér, Elhawwat, Nevien, Alshaal, Tarek* and Gábor Fári, Miklós. 2020. Chemical Traits of Fermented Alfalfa Brown Juice: Its Implications on Physiological, Biochemical, Anatomical, and Growth Parameters of *Celosia*. *Agronomy* 2020. 10, 247. doi:10.3390/agronomy10020247

Barna, D., Alshaal, T., Toth, I.O., Cziaky, Z., Fári, M.G., Domokos-Szabolcsy, E., Bakonyi. 2022. Bioactive metabolite profile and antioxidant properties of brown juice, a processed alfalfa (*Medicago sativa*) by-product. *Heliyon* 8. E11655.

Institute of Food Technologists, IFT. 2020. The Gut Microbiota. What it is, why its important, and how to support yours. IFT Brain Food Blog

Katarzyna Rafinska, Olga Wrona, Aneta Krakowska-Sieprawska, Justyna Walczak-Skierska Anna Kielbasa, Zbigniew Rafinski, Paweł Pomastowski, Mateusz Kolankowski, Bogusław Buszewski. 2022. Enzyme-assisted extraction of plant material – New functional aspects of the process on an example of *Medicago sativa* L. *Industrial Crops & products* 187. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115424>

Liu, X.G., Y.Q. Sun, J. Bian, T. Han, P.Y. Gao, Neuroprotective effects of triterpenoid saponins from *Medicago sativa* L. Against H₂O₂-induced oxidative stress in SH-SY5Y cells, *Bioorg. Chem.* 83 (2019) 468–476.

Li, D., D. Liu, M. Lv, P. Gao, X. Liu, Isolation of triterpenoid saponins from *Medicago sativa* L. With neuroprotective activities, *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 30 (2020), 126956.

Liu, X.-G., M.-Y. Huang, P.-Y. Gao, C.-F. Liu, Y.-Q. Sun, M.-C. Lv, G.-D. Yao, L.-X. Zhang, D.-Q. Li, Bioactive constituents from *Medicago sativa* L. With antioxidant, neuroprotective and acetylcholinesterase inhibitory activities, *J. Funct. Foods* 45 (2018) 371–380.

Liu, X. S. Xu, X. Ding, D. Yue, J. Bian, X. Zhang, G. Zhang, P. Gao. (2020). Structural characteristics of *Medicago sativa* L. Polysaccharides and Se-modified polysaccharides as well as their antioxidant and neuroprotective activities, *Int. J. Biol. Macromol.* 147 1099–1106.

Lovegrove, A., C. H. Edwards, I. De Noni, H. Patel, b S. N. El, T. Grassby, C. Zielke, M. Ulmius, L. Nilsson, P. J. Butterworth, P. R. Ellis, and P. R. Shewry. 2017. Role of polysaccharides in food, digestion, and health. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2017 Jan 22; 57(2): 237–253. doi: 10.1080/10408398.2014.939263

Shang, H., H. Wu, X. Dong, X. Shi, X. Wang, Y. Tian. (2019). Effects of different extraction methods on the properties and activities of polysaccharides from *Medicago sativa* L. And extraction condition optimization using response surface methodology, *Process Biochem.* 82 179–188.

Tenorio, A.T.; Gieteling, J.; de Jong, G.A.H.; Boom, R.M.; van der Goot, A.J. Recovery of protein from green leaves: Overview of crucial steps for utilisation. *Food Chem.* 2016, 203, 402–408.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pequera. Alfalfa verde, producción y comercio exterior. 11 de Octubre del 2018. Accesado el 8 de enero del 2023. <https://www.gob.mx/siap/articulos/alfalfa-verde-produccion-y-comercio-exterior#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20nacional%20promedio%20anual,para%20el%20hato%20ganadero%20mexicano>.

Xie, Y., L. Wang, H. Sun, Y. Wang, Z. Yang, G. Zhang, S. Jiang, W. Yang, Polysaccharide from alfalfa activates RAW 264.7 macrophages through MAPK and NF-κB signaling pathways, *Int. J. Biol. Macromol.* 126 (2019) 960–968.

Xie, Y., L. Wang, H. Sun, Y. Wang, Z. Yang, G. Zhang, W. Yang, (2019). Immunomodulatory, antioxidant and intestinal morphology-regulating activities of alfalfa polysaccharides in mice, *Int. J. Biol. Macromol.* 133 1107–1114.

Shang, Hongmei, Cao, Zihang, Zhang, Hexiang; Guo, Yang; Zhao, J., Wu, Hongxin. 2021. Physicochemical characterization and in vitro biological extraction of polysaccharides from alfalfa (*Medicago sativa* L.) as affected by different drying methods. *Process Biochemistry* 103: 39-49

Zhang, W.; Grimi, N.; Jaffrin, M.Y.; Ding, L.; Tang, B. A short review on the research progress in alfalfa leaf protein separation technology. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 2017, 2, 2894–2900.

La diversidad genética y la conservación de los ecosistemas

Alberto González Zamora^{1*}, María Fernanda González Delgado², Efraín Ríos-Sánchez³ y Rebeca Pérez Morales^{2*}

1 Laboratorio de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango.

2 Laboratorio de Biología Celular y Molecular, Facultad de Ciencias Químicas Campus Gómez Palacio, Universidad Juárez del Estado de Durango.

3 Centro de Atención por Metales Pesados, Secretaría de Salud del Estado de Coahuila.

E-mail: agzfc@ujed.mx; rebecapms@ujed.mx

La diversidad biológica se compone de tres niveles de organización: los ecosistemas, las especies y los genes, por lo que las diversas formas y variedades que observamos en los organismos que viven de forma silvestre o asociados a las actividades humanas como la crianza de ganado, las plantas cultivadas, nuestras mascotas, aquellas que sirven para preparar bebidas, para vestirnos, preparar nuestros alimentos e incluso aquellas que hemos llamado plagas, invasoras o malezas son el reflejo de la diversidad genética de los mismos. La pérdida de la biodiversidad implica no solo la pérdida de especies sino también, la pérdida de la diversidad genética que afecta negativamente la viabilidad, fertilidad y habilidad de los organismos para responder a los cambios en el ambiente; lo que se acentúa en especies con poblaciones fragmentadas o aisladas y pequeñas como es el caso de muchas de especies endémicas, es decir, aquellas que viven restringidas a ciertos lugares.

Para darnos una idea de la importancia de las especies endémicas podemos tomar como ejemplo a las plantas, de acuerdo con Rzedowski (1), en las zonas áridas y semiáridas de México se han descrito cerca de 6 000 especies de plantas vasculares (helechos, pinos y aquellas que presentan flores) de las cuales alrededor de 60% tienen una distribución restringida. En el Desierto Chihuahuense, que es la zona árida más grande de Norte América, Villarreal-Quintanilla et al., (2) han inventariado aproximadamente 600 especies de plantas

endémicas que equivalen al 25 % del total de especies registradas para este desierto, de las que sobresalen aquellas especies que pertenecen a la familia de las cactáceas con alrededor de 140 especies.

Los datos anteriores muestran que el Desierto Chihuahuense (que ocupa casi la mitad del territorio del Estado de Durango) es la zona con el mayor número de especies de cactáceas endémicas en el país, muchas de ellas cuentan con algún estatus de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y en las listas rojas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), lo que nos habla del nivel de vulnerabilidad que presentan estas especies debido a que se encuentran amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad y por lo tanto, se necesita propiciar la recuperación y conservación de sus poblaciones; algunas de ellas son aprovechadas por las comunidades humanas, por lo que su conservación debe considerar la participación de las mismas.

Sin embargo, la amplia variabilidad morfológica y los cambios fenotípicos presentes en diferentes etapas del desarrollo en los representantes de este grupo de plantas han sido interpretados de diversas formas y han dificultado alcanzar un consenso en la delimitación de sus especies y un sistema de clasificación taxonómico estable para algunas de ellas, lo que en ocasiones dificulta su reconocimiento. Además del número y el tipo de especies, los ecosistemas están formados

por comunidades y estas a su vez por poblaciones que presentan una determinada cantidad de genes y alelos (las distintas expresiones de un gen); que al estar representados en diferentes combinaciones entre los individuos que componen estas poblaciones forman lo que conocemos como diversidad genética.

Esta analiza la cantidad y tipo de alelos para diversos genes, así como las proporciones en que se presentan combinados entre los individuos, ya sea que presenten una condición homocigota (si heredaron de cada uno de sus progenitores el mismo alelo para un gen determinado) o heterocigota (sí cada uno de sus padres les heredo un alelo diferente para un gen en específico) y si esta combinación cumple con una ley fundamental en la genética de poblaciones llamada el Equilibrio de Hardy-Weinberg y con la segunda ley de Mendel que habla de la herencia independiente de cada gen con respecto a los demás (3).

El análisis de la diversidad genética y las diversas formas en que esta se trasmite, de acuerdo con las relaciones que presentan los organismos en las poblaciones, nos permite conocer la estructura genética de las poblaciones, es decir, si los alelos se transmiten exclusivamente entre los individuos de cada población o si individuos de diversas poblaciones son capaces de compartir características porque sus alelos se intercambian debido a la migración entre las poblaciones ya que no hay barreras que impidan su libre dispersión o porque sus gametos son transportados por otros factores como el viento, el agua o los polinizadores.

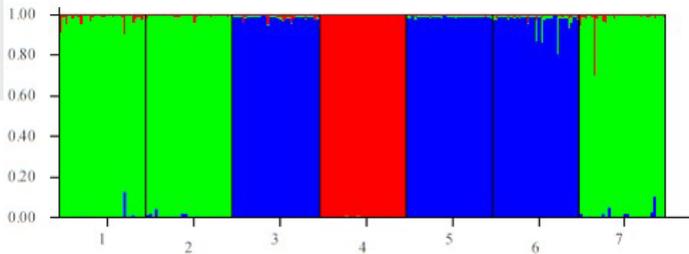
Así también, la estructura genética de una población nos permite conocer si las mismas han sufrido un descenso drástico de la diversidad genética algo que en términos de la evolución se denomina cuello de botella, un proceso que puede poner en riesgo a las poblaciones ya que aunque veamos muchos organismos en una población, esto no siempre significa que haya una alta diversidad genética, ya que muchos grupos de plantas y otros organismos pueden presentar reproducción asexual (solo se requiere de un individuo para reproducirse), por lo que en estos casos la diversidad genética puede ser muy baja.

El estudio de la diversidad y la estructura genética de las poblaciones es llevado a cabo por una disciplina de la biología llamada genética de poblaciones (con los avances de la biología molecular, actualmente no solo se analizan genes, sino que también se pueden estudiar genomas por lo que en este caso se denomina genómica de poblaciones) (4). La genética de poblaciones ha llamado la atención de biólogos a los que les gustan las matemáticas, ya que la mayor parte de los análisis llevados a cabo para conocer los diferentes parámetros fueron desarrollados por matemáticos, o por biólogos en colaboración con matemáticos. Sin embargo, a pesar de lo anterior, entender y analizar las poblaciones de esta manera no es una tarea difícil, solo es cuestión de recordar las operaciones básicas como sumar, restar, multiplicar, dividir y combinarlas de manera adecuada en cada análisis, además de seguir una interpretación adecuada de los resultados (5).



Un ejemplo de ello son las investigaciones que se han desarrollado en el equipo formado por los autores de este trabajo en colaboración con investigadores de otras instituciones del estado de Durango y Coahuila -con apoyo del COCYTED e industrias de reciclaje de la región-, entre las que se encuentra el estudio de la diversidad genética de *Coryphantha durangensis* una especie de cactácea endémica del Desierto Chihuahuense (Figura 1), la cual en términos cualitativos presenta una moderada diversidad genética, aunque las poblaciones analizadas presentan una baja cantidad de alelos compartidos entre ellas (Figura 2), esta condición puede ser el resultado de que la especie en cuestión es una especie endémica que surgió hace relativamente

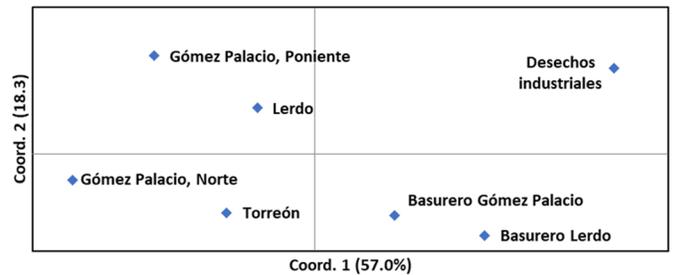
poco en términos evolutivos, aunado a los cambios en el clima en los últimos 10,000 años en el Desierto Chihuahuense han jugado un papel importante en el aislamiento genético de la especie. Los resultados obtenidos concuerdan con su condición de estar listada con el estatus de preocupación menor en las listas rojas de la IUCN y sujeta a protección especial en la NOM-059-SEMARNAT-2010.



Otro ejemplo de las investigaciones realizadas por el grupo de trabajo, es el análisis de la diversidad genética de las poblaciones de *Solanum elaeagnifolium*, una especie de la familia de las *solanáceas* (que incluye al tomate, chile, tabaco y papa, entre muchas otras especies) que es conocida regionalmente como trompillo y que crece como una maleza en diferentes ambientes (Figura 3), los resultados de este estudio demuestran que la estructura genética de las poblaciones que habitan en sitios contaminados es diferente a aquellas que habitan en sitios no contaminados (Figura 4), lo que nos permite plantear otras preguntas relacionadas con la remediación de ecosistemas contaminados. Ambos trabajos han sido presentados en congresos a nivel nacional y la publicación en revistas especializadas se encuentra en proceso.



Coordenadas Principales (PCoA)



El conocimiento de la diversidad y la estructura genética que presentan las poblaciones de los especies que habitan en el Desierto Chihuahuense nos permitirá entre otros aspectos identificar características a nivel molecular que complementen la información morfológica para reconocer de manera integral a las especies, así como los principales factores que afectan a las poblaciones y determinan el efecto de su diversidad, además de que puede servir para reforzar o refutar la condición de vulnerabilidad en el que se encuentra una especie determinada; lo cual permitirá tomar las mejores decisiones para el correcto manejo de los sitios donde habitan con la finalidad de conservar a la biota que cohabita en los distintos ecosistemas, así como conocer el papel fundamental de especies que puedan actuar como indicadores de la perturbación de las condiciones ambientales.

Agradecimientos.

Al COCYTED, por su apoyo mediante la Convocatoria para el Impulso a la Vinculación mediante Proyectos Academia-Empresa-Sociedad 2019-01. Folio 148. A Industrias SANO y Grupo MR.

Referencias

Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica mexicana. *Acta Botanica Mexicana*. 14: 3-21.

Villarreal-Quintanilla, J. A., J. A. Bartolomé-Hernández, E. Estrada-Castillón, H. Ramírez-Rodríguez y S. J. Martínez-Amador. 2017. El elemento endémico de la flora vascular del Desierto Chihuahuense. *Acta Botanica Mexicana*. 118: 65-96.

Hamilton, M. 2021. *Population genetics*. John Wiley & Sons Ltd. Chichester, West Sussex, UK. 422 p.

Hartl, D. L. 2020. *A Primer of Population Genetics and Genomics*. Oxford University Press. Oxford, USA. 320 pp.

Saetre, G.-P. y M. Ravinet. 2019. *Evolutionary Genetics: Concepts, Analysis, and Practice*. Oxford University Press. Oxford, USA. 336 pp.



SEED

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
DEL ESTADO DE DURANGO



2022 **DURANGO** 2026
GOBIERNO DEL ESTADO

COCYTED

CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEL ESTADO DE DURANGO



Promoción de Posgrados Durango 2024

03 de Diciembre de 2024
Museo Interactivo Bebeleche
10:00 a.m.

www.cocyted.gob.mx





COCYTED
CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEL ESTADO DE DURANGO

Ho ho ho!

Feliz navidad

Consejo de Ciencia y Tecnología del
Estado de Durango

Que la paz y la dicha llenen tu hogar y
que el calor familiar inunde tu corazón



Feliz 2025 Año Nuevo

Que este Año Nuevo traiga felicidad, salud y éxito en todo lo que te propongas. Que cada rincón de tu hogar esté lleno de luz, sueños cumplidos y grandes aventuras por vivir.

¡Feliz 2025!



2022 **DURANGO** 2028
GOBIERNO DEL ESTADO

COCYTED

CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEL ESTADO DE DURANGO

