



# Vidsupra

Órgano de difusión científica y tecnológica del  
Centro Interdisciplinario de Investigación  
para el Desarrollo Integral Regional  
Unidad Durango  
IPN-CIIDIR DURANGO

**visión científica**  
**ISSN:2007-3127**

Vol. 9 Núm. 2  
julio - diciembre 2017





**38 Aniversario**  
CIIDIR  
Durango  
Instituto Politécnico Nacional

[www.ciidirdurango.ipn.mx](http://www.ciidirdurango.ipn.mx)

# Vidsupra

Órgano de difusión científica y tecnológica del  
Centro Interdisciplinario de Investigación  
para el Desarrollo Integral Regional  
Unidad Durango  
IPN- CIIDIR DURANGO

visión científica  
ISSN: 2007-3127



## Directorio

### Instituto Politécnico Nacional

- **Mario Alberto Rodríguez Casas.** Director General
- **Julio Gregorio Mendoza Álvarez.** Secretario General
- **Miguel Ángel Álvarez Gómez.** Secretario Académico
- **José Guadalupe Trujillo Ferrara.** Secretario de Investigación y Posgrado
- **Francisco José Plata Olvera.** Secretario de Extensión e Integración Social
- **Mónica Rocío Torres León.** Secretaria de Servicios Educativos
- **Primo Alberto Calva Chavarría .** Secretario de Gestión Estratégica
- **Francisco Javier Anaya Torres.** Secretario de Administración
- **Emmanuel Alejandro Merchán Cruz.** Secretario Ejecutivo de la COFAA
- **Ricardo Rivera Rodríguez.** Secretario Ejecutivo del POI
- **José Juan Guzmán Camacho .** Abogado General
- **Modesto Cárdenas García.** Presidente del Decanato

### CIIDIR Unidad Durango

- **Eduardo Sánchez Ortíz.** Director
- **Agustín Ángel Meré Rementería.** Subdirector Administrativo
- **Néstor Naranjo Jiménez.** Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social
- **Amelia Quezada Díaz.** Jefa del Departamento de Posgrado
- **Denise Martínez Espino.** Jefa de la Unidad Politécnica de Integración Social
- **Claudia Elia Soto Pedroza.** Jefa de la Unidad de Tecnología Educativa y Campus Virtual
- **César Israel Hernández Ramírez.** Jefe del Departamento. de Investigación y Desarrollo Tecnológico
- **Adán Villarreal Márquez.** Jefe de la Coordinación de Enlace y Gestión Técnica
- **Mayra Edith Burciaga Siqueiros.** Jefa del Departamento de Servicios Educativos
- **Víctor Daniel Ríos García.** Jefe de la Unidad de Informática
- **Diana Carolina Alanís Bañuelos.** Jefa del Dpto. de Recursos Financieros y Materiales
- **Sara Silva Haro .** Jefa del Departamento de Capital Humano

“Vidsupra, visión científica” Vol. 9, No. 2 JULIO - DICIEMBRE de 2017. Es una publicación semestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional CIIDIR-IPN Unidad Durango. Calle Sigma Núm. 119, Fracc. 20 de Noviembre II. C.P. 34220. Teléfonos: (618) 814 2091 y (618) 814 4540. Editor responsable: Eduardo Sánchez Ortíz. Editores asociados: Rebeca Álvarez Zagoya y Norma Almaraz Abarca. Producción Editorial: Claudia Elia Soto Pedroza  
Certificado de reserva de derechos: No. 04-2010-112211305700-102, ISSN: 2007-3127, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de licitud de título número 14715. Certificado de licitud de contenido número 12288, ambos otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por: Carlos Alberto González Cervantes. MGM impresos. Av. División Durango No. 217 Col. Benjamín Méndez C.P. 34020 Durango, Dgo.  
Este número se terminó de imprimir el 30 de diciembre de 2017 con un tiraje de 500 ejemplares. Distribución: CIIDIR-IPN Unidad Durango. Distribución gratuita a Instituciones de Educación Superior.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

Fotografía “*Ramaria flava* de la Región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. Autor: Néstor Naranjo Jiménez

# Índice

20

ELEMENTOS CONCEPTUALES DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO COMO PARTE INHERENTE AL PATRIMONIO PAISAJÍSTICO

Omar Alejandro Reyes Ortega

26

DOMESTICACIÓN Y DIVULGACIÓN DEL CULTIVO DEL HONGO SETA (*Pleurotus* spp.) EN DURANGO, MEXICO.

Néstor Naranjo Jiménez, Imelda Rosas Medina, Aurelio Colmenero Robles

30

HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLICOS Y EL POLIMORFISMO CYP1A1\*2C: UNA REVISION

José Israel Martínez Rivera, Julio Cesar Grijalva Avila, Miguel Ángel Soto Cardenas, Omar Alejandro Reyes Ortega, Laura Anabelle Páez Olivan, Verónica Castañeda Loera, Ignacio Villanueva Fierro, Antonio Ismael Lares Aseff

35

EFFECTO DE LA PODA EN PLANTAS AGAVE MEZCALERO DURANTE EL TRASPLANTE A CAMPO

Vicente Hernández Vargas, Gildardo Orea Lara, Armando Cifuentes Díaz de León

39

LOS ANTIOXIDANTES NATURALES EN LOS ALIMENTOS Y SU EFECTO EN LA SALUD. ESTUDIO DE CASO EN DOS POBLACIONES RURALES DEL ESTADO DE DURANGO, MÉXICO.

Aurelio Colmenero Robles, Imelda Rosas Medina, Néstor Naranjo Jiménez

44

MODELO DE ESCURRIMIENTO FUSTAL PARA *Pinus* sp. EN BOSQUE TEMPLADO DE DURANGO, MÉXICO

José Carlos Monárrez González, Gustavo Pérez Verdín, Jonathan G. Escobar Flores, Marco Antonio Márquez Linares

51

DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE METANOL, EXTRACTO SECO Y ACIDEZ TOTAL EN MEZCAL DURANTE EL PROCESO DE RECTIFICADO

Gildardo Orea Lara, Armando Cifuentes Díaz De León, Vicente Hernández Vargas

57

PERCEPCIÓN Y CONSUMO DE PRODUCTOS NATURALES ANTIOXIDANTES EN LA CIUDAD DE DURANGO, MÉXICO

Imelda Rosas Medina, Néstor Naranjo Jiménez, Aurelio Colmenero Robles

## **ELEMENTOS CONCEPTUALES DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO COMO PARTE INHERENTE AL PATRIMONIO PAISAJÍSTICO**

Omar Alejandro Reyes Ortega

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional. Calle Sigma Núm. 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Durango, México, C.P. 34220  
Correo electrónico: arq.alejandroyes@outlook.com

### **RESUMEN**

El patrimonio arquitectónico forma parte del paisaje cultural, de ese paisaje humanizado que es la representación material de expresiones culturales del colectivo. Es el resultado tangible de las interacciones entre sociedad y naturaleza en un territorio concreto. Conforman el patrimonio cultural no solo por su valor histórico, artístico, técnico, emocional o económico sino también por ser testigo y depositario del conocimiento, aspiraciones y memorias de la sociedad, constituyendo un elemento clave de afirmación de identidades y de cohesión social. En este trabajo se muestra el marco conceptual para comprender por qué el patrimonio arquitectónico debe considerarse inherente al patrimonio paisajístico.

### **ABSTRACT**

The architectural heritage is part of the cultural landscape, of that humanized landscape that is the material representation of cultural expressions of the collective. It is the tangible result of the interactions between society and nature in a specific territory. It shapes the cultural heritage not only because of its historical, artistic, technical, emotional or economic value but also as a witness and repository of knowledge, aspirations and memories of society, constituting a key element of affirmation of identities and social cohesion. The current paper shows the conceptual framework to understand why the architectural heritage must be considered inherent to the landscape heritage.

### **INTRODUCCIÓN**

De acuerdo con Mata (2008) “el paisaje es, en su configuración formal, la huella de la sociedad sobre la naturaleza y sobre paisajes anteriores, la marca o señal que imprime “carácter” a cada territorio. De aquí arranca justamente el entendimiento del paisaje como patrimonio”.

Reconocer que el paisaje tiene una dimensión patrimonial conlleva eliminar la división entre patrimonio natural y cultural, estableciendo una nueva relación entre cultura y naturaleza, generando a su vez un marco de acción pública donde el patrimonio es considerado el elemento de ordenamiento territorial, dejando “de ser “objeto” para convertirse en “sujeto” de intervención” (OSE, 2009).

Busquets y Cortina (2009) consideran las intervenciones arquitectónicas como parte del paisaje, en este caso del paisaje urbano; mencionan que “la ciudad, en tanto que entorno físico construido para la vida social, puede ser vista, o imaginada, como paisaje”; siendo el resultado de las intervenciones arquitectónicas y de planeación urbana, acciones relacionadas con la organización de espacios y los elementos necesarios para su funcionamiento, cuya valoración como parte del paisaje se da desde una interpretación cultural lo que le confiere su carácter de paisaje cultural.

### **PALABRAS CLAVE:**

Paisaje, patrimonio, patrimonio cultural, paisaje cultural, patrimonio arquitectónico.

### **KEY WORDS:**

Heritage, landscape, cultural heritage, cultural landscape, architectural heritage.

Conforme a la Convención del Patrimonio Mundial (CPM) de 1972 “Los paisajes culturales son bienes culturales y representan las obras conjuntas del hombre y la naturaleza”. “Ilustran la evolución de la sociedad humana y sus asentamientos a lo largo del tiempo, condicionados por las limitaciones y/o oportunidades físicas que presenta su entorno natural y por las sucesivas fuerzas sociales, económicas y culturales, tanto externas como internas”. En su Artículo 1 considera como patrimonio cultural, las obras arquitectónicas, grupos de construcciones, aisladas o reunidas que tengan un valor universal excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia (Sanz *et al.*, 2006a).

Desde esta perspectiva se puede entender la relación que existe entre patrimonio paisajístico y patrimonio arquitectónico; sin embargo, para comprender cómo y por qué se da esta relación, es necesario conocer los conceptos que intervienen en la misma, cómo surgen, se integran e insertan cada uno de ellos dentro de un marco conceptual. El objetivo de este trabajo fue presentar, mediante una revisión bibliográfica, los elementos del marco conceptual que intervienen en la relación entre patrimonio paisajístico y patrimonio arquitectónico, para comprender por qué esta relación es inherente.

### CONSTRUCCIÓN DEL MARCO CONCEPTUAL

“Los plurales sentidos del paisaje, sus distintas escalas y la diversidad de objetivos de los proyectos paisajísticos explican el carácter muy abierto de la metodología de análisis del paisaje y la variedad de instrumentos, explícita o implícitamente paisajísticos, destinados a la defensa de sus valores y a la ordenación de sus dinámicas y transformaciones” (Mata, 2008). Con lo anterior, el análisis del paisaje desde la perspectiva de éste como patrimonio y su relación con el patrimonio arquitectónico, parte de la generación de un diagrama en donde se muestran las interrelaciones entre los distintos conceptos que intervienen en esta relación: patrimonio, paisaje, patrimonio paisajístico, patrimonio cultural, paisaje cultural y patrimonio arquitectónico (Figura 1).

### PATRIMONIO

El Diccionario Inglés de Oxford define "patrimonio" como "propiedad que es o puede ser heredada; una herencia", "valora las cosas tales como edificios históricos que han sido transmitidos de generaciones anteriores", y "relativo a las cosas de valor histórico o cultural que son dignas de preservación". El énfasis en la herencia y la conservación es importante aquí, ya que se enfoca en "propiedad", "cosas" o "edificios". Por lo tanto (según el

Diccionario Oxford de inglés, de todos modos), el patrimonio es algo que se puede pasar de una generación a la siguiente, algo que puede ser conservado o heredado, y es algo que tiene un valor histórico o cultural. Patrimonio podría ser entendida como un "objeto" físico: un pedazo de la propiedad, un edificio o un lugar que es capaz de ser "propiedad" y "transmitido" a otra persona" (Harrison, 2010).

De acuerdo a la Real Academia Española (RAE) patrimonio se define como “conjunto de los bienes y derechos propios adquiridos por cualquier título”, y el patrimonio histórico como “conjunto de bienes de una nación acumulado a lo largo de los siglos, que, por su significado artístico, arqueológico, etc., son objeto de protección especial por la legislación” (RAE, 2001).

Desde el punto de vista cultural, el concepto de patrimonio ha evolucionado a través del tiempo cuyo significado varía de acuerdo a la interacción que el colectivo tenga sobre este. Lull (2005) expone los principales hitos de la evolución histórica del concepto de patrimonio (Tabla 1).

El patrimonio visto como bien público y colectivo es un concepto reciente, ya que hasta el siglo XIX, estaba en manos privadas como la monarquía, la iglesia, la nobleza o la burguesía, quienes han sido los propietarios de los bienes artísticos, histórico y culturales que reconocemos como patrimonio. Durante la ilustración se genera un proceso de cambio en el que las sociedades adquieren conciencia de lo que se consideraría como patrimonio cultural, visto como parte de identidad propia y deferencial (Rubio y Ponce, 2012).

### PATRIMONIO CULTURAL

Lull (2005) menciona que el patrimonio cultural es un concepto relativo y ese es su problema base, “se construye mediante un complejo proceso de atribución de valores sometido al devenir de la historia, las modas y el propio dinamismo de las sociedades”. Este relativismo genera que lo que tiene cualidades para ser conservado y transmitido a generaciones futuras, varía con frecuencia, dependiendo del tipo de interacción que las personas tengan sobre los bienes considerados culturales.

La Convención del Patrimonio Mundial de 1972 considera el patrimonio cultural como los monumentos (obras arquitectónicas, de escultura o de pintura monumentales, elementos o estructuras de carácter arqueológico, inscripciones, cavernas y grupos de elementos); los conjuntos (grupos de construcciones, aisladas o reunidas); los lugares (obras del hombre u obras conjuntas del hombre y la naturaleza así como las zonas, incluidos los lugares arqueológicos ) que tengan un Valor

Universal Excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia (Sanz *et al.*, 2006b).

“Tradicionalmente, el origen del patrimonio cultural tiende a vincularse a la Revolución Francesa, como reacción a la efervescencia revolucionaria y a una consciencia del devenir histórico que se ha ido asentando desde el periodo de la Ilustración. También ha sido asociado a la tradición romántica que le sucede durante el siglo XIX, aunque no han faltado los autores que postulan el patrimonio como algo intemporal, como parte de las pulsiones humanas por conservar y aferrarse a lo que desaparece” (Muriel, 2016).

Llull (2005) define patrimonio cultural como “el conjunto de manifestaciones u objetos nacidos de la producción humana, que una sociedad ha recibido como herencia histórica, y que constituyen elementos significativos de su identidad como pueblo. Tales manifestaciones u objetos constituyen testimonios importantes del progreso de la civilización y ejercen una función modélica o referencial para toda la sociedad, de ahí su consideración como bienes culturales”.

Es pues el patrimonio cultural un concepto que debe analizarse desde una perspectiva interdisciplinar, tomando en cuenta las distintas visiones de las diferentes disciplinas que participan: antropología cultural (estudio de todas las expresiones culturales producidas por las sociedades humanas); derecho (legislación de las formas de propiedad, transmisión, protección y control político de los bienes culturales); historia del arte (estudio y crítica de los bienes culturales bajo la óptica de la historia y la estética) y educación (difusión del valor de los bienes culturales como signos de identidad y referentes de una civilización) (Llull, 2005).

En resumen, se puede definir el patrimonio cultural como el conjunto de bienes materiales e inmateriales heredables, cuyo valor va más allá de su antigüedad o estética puesto que este varía dependiendo del tipo de interacción que hacia él se tenga; son el producto de manifestaciones culturales de las sociedades y constituyen un elemento de identidad y de conocimiento del pasado; forma parte del día a día de las sociedades modernas y en su gestión interviene cada uno de los individuos, además de profesionales especializados en diferentes disciplinas.

## PAISAJE

Como menciona Corraliza (1993) “el paisaje es el territorio percibido, con toda la complejidad psicológica y social que implica la percepción, desde los aspectos simplemente visuales a los más profundos relacionados con la experiencia estética de la contemplación reflexiva y el estudio consiguiente de “las variables relevantes para la

explicación del juicio estético de los paisajes” (Corraliza, 1993, citado por Mata, 2008).

Paisaje deriva de la palabra país, entendido como región o territorio, su diferencia radica en que paisaje es la visualización de esa realidad concreta que es el país. “El país sería más el contenido, y el paisaje sería la expresión sensible de esas relaciones entre el hombre y el medio que conforman su cultura. El paisaje se encuentra en el interior de cada persona que mira, que contempla y que interpreta con toda su propia cultura y toda su sensibilidad, por eso se dice que hay tantos paisajes como personas los interpreten” (Aguiló, 2005).

De acuerdo al Convenio Europeo del Paisaje, paisaje es “cualquier parte del territorio, tal y como es percibida por las poblaciones, cuyo carácter resulta de la acción de los factores naturales y humanos y de sus interrelaciones” (Consejo de Europa, 2000).

Mata (2008) menciona que el paisaje es el “resultado de la relación sensible de la gente con su entorno percibido, cotidiano o visitado”. “Se trata de una diversidad que resulta de la articulación de lo físico, lo biológico y lo cultural en cada lugar, un patrimonio valioso y difícilmente renovable”. En el paisaje todo tiene significado, es una visibilidad filtrada por las sensaciones subjetivas del observador, por lo que se entiende que va más allá de lo que se percibe a simple vista; así mismo, el paisaje es un documento territorial dinámico porque su carácter es temporal (histórico y reciente) y porque las realidades del observador nunca son fijas (Trinca, 2006).

Con lo anterior se puede definir de manera general Paisaje como parte de un territorio que es percibida e interpretada por un individuo o una colectividad a partir de la realidad y sensibilidad de su tiempo, y es el resultado de la interacción de las personas con la naturaleza. El paisaje puede ser predominantemente natural o urbano, ambos como una expresión cultural de apropiación del territorio.

## PAISAJE CULTURAL

El origen del concepto de Paisaje Cultural puede rastrearse en escritos de historiadores o geógrafos alemanes, franceses y rusos de finales del XIX y principios del XX, en los cuales se parte de “englobar la realidad geográfica, natural y humana, en un doble sentido, espacial y metodológico”, “reflexionando sobre el paisaje como objeto específico del estudio geográfico cuya función es la de abordar la relación universal existente entre los diversos elementos del medio y su subordinación en el espacio” (Álvarez, 2011).

De acuerdo con el Observatorio de Sostenibilidad de España (OSE) “El paisaje cultural es el resultado del

desarrollo de actividades humanas en un territorio concreto. Sus componentes son: territorio natural, acción humana y actividad desarrollada. Se trata de una realidad compleja, integrada por componentes naturales y culturales, tangibles e intangibles” (OSE, 2009). desarrollo de actividades humanas en un territorio concreto. Sus componentes son: territorio natural, acción humana y actividad desarrollada. Se trata de una realidad compleja, integrada por componentes naturales y culturales, tangibles e intangibles” (OSE, 2009).

Álvarez (2011) menciona que “no se puede entender la vida individual y social de las personas si se prescinde del medio ambiente en el que están instaladas, es decir, del espacio social y culturalmente construido que habitan”. Los seres humanos se apropian culturalmente de la naturaleza modelando el paisaje como resultado de su desarrollo cultural, los paisajes son estructuras culturales expuestas a la influencia económica y sociocultural que detona cualquier paisaje; no existen paisajes sin personas (Seeland, 2008 citado por Álvarez, 2011). El estudio de esta relación, entre medio ambiente y seres humanos es el origen del concepto de paisaje cultural.

De acuerdo con la Convención del Patrimonio Mundial de 1972 “Los paisajes culturales son bienes culturales y representan las “obras conjuntas del hombre y la naturaleza” citadas en el Artículo 1 de la Convención. Ilustran la evolución de la sociedad humana y sus asentamientos a lo largo del tiempo, condicionados por las limitaciones y/o oportunidades físicas que presenta su entorno natural y por las sucesivas fuerzas sociales, económicas y culturales, tanto externas como internas” (Sanz *et al.*, 2006a).

Los paisajes culturales se dividen en tres categorías: “el paisaje claramente definido, concebido y creado intencionalmente por el hombre”; “el paisaje que ha evolucionado orgánicamente, el cual es fruto de una exigencia originalmente social, económica, administrativa y/o religiosa y ha alcanzado su forma actual por asociación y, como respuesta a su entorno natural” y “el paisaje cultural asociativo”, “se justifica por la fuerza de evocación de asociaciones religiosas, artísticas o culturales del elemento natural, más que por huellas culturales tangibles, que pueden ser insignificantes o incluso inexistentes” (Sanz *et al.*, 2006a).

Los paisajes culturales representan las obras conjuntas del hombre y la naturaleza, son ilustrativos de la evolución de la sociedad humana y los asentamientos en el tiempo, bajo el impacto de las limitaciones físicas y/o ventajas que presenta el entorno natural y de la sucesiva fuerza social, económica y cultural, tanto externa como interna (Fowler, 2003).

Como se puede observar en lo mencionado anteriormente, el concepto de paisaje cultural nace por la inquietud de entender el medio ambiente más allá de su carácter natural, interpretarlo desde una perspectiva holística, al considerar la influencia del ser humano sobre el mismo y como el desarrollo de las sociedades en un territorio concreto van modelando el paisaje natural para dar origen al paisaje cultural.

### **PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO**

Terán (2004) menciona que “la arquitectura es el arte y técnica de diseñar y construir edificaciones para crear espacios adecuados en función de las necesidades de la vida humana; es un hecho histórico, producto de una sociedad y de un momento determinado, es decir, es el resultado de una serie de factores y condicionantes que influyeron en su creación”. Puede considerarse como vestigio al mismo tiempo que testigo y depositario de vestigios y testimonios históricos, los cuales deben ser estudiados, para conocerlos, valorarlos y conservarlos para generaciones futuras.

De acuerdo con Azkarate *et al.* (2003) “el patrimonio arquitectónico puede definirse como el conjunto de bienes edificados, de cualquier naturaleza, a los que cada sociedad atribuye o en los que cada sociedad reconoce un valor cultural”. El patrimonio cultural, reflejado en el patrimonio arquitectónico urbano, es para cada comunidad memoria de su pasado, su conciencia como comunidad y define una identidad que la relaciona con dicho pasado desde el presente (Garré, 2001).

Por lo anterior se puede resumir que el Patrimonio Arquitectónico sería concebido como un bien tangible heredable de gran valor para una sociedad, por ser el reflejo de la evolución histórica resultado de su expresión cultural en un territorio concreto, otorga conciencia de identidad por lo que es objeto de conservación.

### **PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO COMO PARTE DEL PATRIMONIO PAISAJÍSTICO**

Como se mencionó anteriormente, la Convención del Patrimonio Mundial de 1977 considera como parte del patrimonio cultural obras arquitectónicas, grupos de construcciones, aisladas o reunidas que tengan un Valor Universal Excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte o de la ciencia, son bienes culturales y representan las obras conjuntas del hombre y la naturaleza, por tal motivo el patrimonio arquitectónico es parte del patrimonio cultural y del paisaje cultural.

“En el marco del valor testimonial, el patrimonio arquitectónico urbano, como parte del patrimonio cultural, forma parte del paisaje cultural, producido por el accionar

conjunto del hombre y la naturaleza y constituido por la morfología del territorio y el accionar humano (el hombre como productor de cultura) sobre dicha morfología” (Garré, 2001).

El patrimonio cultural de manera general y el arquitectónico de manera particular dan carácter y personalidad a los pueblos, junto con sus valores y aspiraciones, es un capital para promover el desarrollo, ya sea como objeto de disfrute de los ciudadanos, como símbolo de promoción de su imagen hacia el exterior o bien como recurso para generar desarrollo económico (OSE, 2009).

En resumen y por lo antes mencionado, se puede decir que el patrimonio arquitectónico, forma parte del patrimonio paisajístico, al ser bienes culturales resultado de la expresión cultural de la sociedad en un territorio concreto y que representa la relación hombre naturaleza cuyo desarrollo modifica la morfología del territorio.

**CONSIDERACIONES FINALES**

Como se mencionó anteriormente, el patrimonio se considera un bien material o inmaterial heredable de gran valor para un individuo o para un colectivo, uno de estos

patrimonios es el cultural, el cual se presenta como testigo, vestigio o depositario de vestigios de la evolución histórica de las sociedades, cuyo desarrollo modela gradualmente el paisaje, esta relación territorial entre paisaje y ser humano es el que le da el valor de paisaje cultural.

El paisaje cultural a su vez, es un concepto dinámico, por su carácter temporal (histórico y presente) y por el propio dinamismo de las sociedades que se apropian culturalmente del territorio; son el resultado de la interacción hombre naturaleza e ilustran el desarrollo histórico de las sociedades por lo que se considera como un bien cultural y pasan a formar parte del patrimonio.

Así mismo, el patrimonio arquitectónico es considerado patrimonio cultural y paisajístico, al ser resultado de una expresión cultural de apropiación del territorio, ya que el colectivo se vale del medio ambiente que habita para extraer lo necesario para su desarrollo, modelando (de manera directa o indirecta) el paisaje de acuerdo a sus necesidades, capacidades y aspiraciones, por lo que el patrimonio arquitectónico no solo forma parte del patrimonio paisajístico, sino que es uno de los elementos cuyo desarrollo le otorga al paisaje el carácter de patrimonio.

Tabla 1. Evolución histórica del concepto de patrimonio (Fuente: Lull, 2005).

Epoca	Concepción	Ideas relacionadas
Edad antigua	Patrimonio = colección de riquezas, rarezas y antigüedades de carácter extraordinario o de gran valor material, indicadores de poder, lujo y prestigio	Botín de guerra. Trofeos. Tesoros. Ajuares funerarios. Ofrendas religiosas. Propiedad privada. Disfrute individual. Inaccesibilidad
Grecia, Roma y Edad Media	Patrimonio = vestigios de una civilización considerada superior y que por ello es norma y modelo a imitar. Valoración estética y herencia cultural de interés pedagógico	Excavaciones arqueológicas. Coleccionismo selectivo. Tráfico de obras de arte. Copias de los modelos originales. Museos y cámaras de maravillas. Reliquias. Exposición pública de algunos elementos con intención propagandística.
Renacimiento y siglos XVI-XVIII	Patrimonio = objetos artísticos especialmente bellos o meritorios también valorados por su dimensión histórica y rememorativa. La obra de arte puede ser un documento para conocer el pasado	Cultura elitista de intención pedagógica. Academicismo. Coleccionismo artístico y científico. Primeros estudios rigurosos de Historia del Arte. Disfrute en grupos eruditos. Cierta grado de accesibilidad.
Siglo XIX y principios del XX	Patrimonio = conjunto de expresiones materiales o inmateriales que explican históricamente la identidad sociocultural de una nación y, por su condición de símbolos, deben conservarse y restaurarse	Nacionalismo. Investigaciones histórico artísticas, arqueológicas y etnológicas. Importancia del folklore. Educación popular. Legislación protectora. Conservación selectiva. Restauración monumental. Museos, archivos y bibliotecas estatales al servicio del público
1945-1980	Patrimonio = elemento esencial para la emancipación intelectual, el desarrollo cultural y la mejora de la calidad de vida de las personas. Se empieza a considerar su potencial socioeducativo y económico, además de su valor cultural.	Reconstrucción del patrimonio destruido. Políticas de gestión educativa. Exposiciones y ciclos de actos culturales para dar a conocer el patrimonio a toda la población. Difusión icónica y publicitaria de los bienes culturales. Consumo superficial. Turismo de masas
Actualidad	Patrimonio = riqueza colectiva de importancia crucial para la democracia cultural. Se exige el compromiso ético y la cooperación de toda la población para garantizar tanto su conservación como su adecuada explotación	Legislación. Restauración. Plena accesibilidad y nuevos usos. Participación,. Implicación de la sociedad civil. Turismo sostenible. Cultura popular significativa. Creatividad. Descentralización. Didáctica del patrimonio.

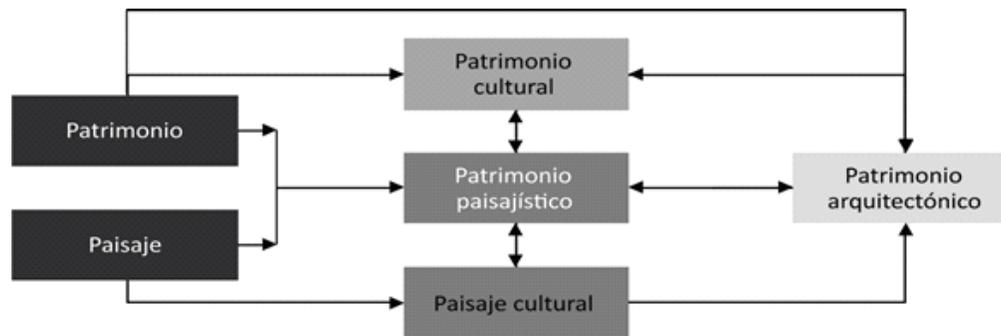


Figura 1. Marco conceptual patrimonio arquitectónico.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agiló, A. M. 2005. Naturaleza, paisaje y lugar: del uso al significado. En: Paisajes Culturales: Ronda, 7 al 12 de julio de 2003 (Eds. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos). Madrid, pp. 33-50.
- Álvarez, M. L. 2011. La categoría de paisaje cultural. *Revista de Antropología Iberoamericana* 1: 57-80.
- Azkarate, A., M. J. Ruiz de Ael, A. Santana. 2003. El patrimonio Arquitectónico. [file:///C:/Users/Alejandro%20Reyes/Downloads/AZKARATE\\_A.\\_RUIZ\\_DE\\_AEL\\_M.J.\\_SANTANA\\_A..pdf](file:///C:/Users/Alejandro%20Reyes/Downloads/AZKARATE_A._RUIZ_DE_AEL_M.J._SANTANA_A..pdf). Consulta: 8 de noviembre de 2017
- Busquets, J., A. Cortina. 2009. Gestión del paisaje: Manual de protección, gestión y ordenación. Editorial Ariel, Barcelona.
- Consejo de Europa. 2000. Convenio Europeo del Paisaje. [http://www.mecd.gob.es/cultura-mecd/dms/mecd/cultura-mecd/areas-cultura/patrimonio/Convenio\\_europeo\\_paisaje.pdf](http://www.mecd.gob.es/cultura-mecd/dms/mecd/cultura-mecd/areas-cultura/patrimonio/Convenio_europeo_paisaje.pdf). Consulta: 13 de noviembre de 2017. C
- Fowler, P. J. 2003. World Heritage Cultural Landscapes 1992-2002. UNESCO World Heritage Centre. <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001331/133121e.pdf>. Consulta 15 de noviembre de 2017
- Garré, F. 2001. Patrimonio arquitectónico urbano, preservación y rescate: bases conceptuales e instrumentos de salvaguarda. *Conserva* 5: 5-21.
- Harrison, R. 2010. What is heritage? En: *Understanding the politics of heritage* (Ed. Harrison, R). Manchester University Press, Manchester, pp. 5-42.
- Llull, P. J. 2005. Evolución del concepto y de la significación social del patrimonio cultural. *Arte, Individuo y Sociedad* 17: 177-206.
- Mata, O. R. 2008. El paisaje, patrimonio y recurso para el desarrollo territorial sostenible. *Conocimiento y acción pública*. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura* 729: 155-172.
- Muriel, D. 2016. El modelo patrimonial: el patrimonio cultural como emergencia tardo-moderna. *Pasos Revista de Turismo y Patrimonio Cultural* 1: 181-192.
- OSE (Observatorio de Sostenibilidad en España). 2009. Patrimonio Natural, Cultural y Paisajístico: Claves para la Sostenibilidad Territorial. <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/UO556177.pdf> Consulta 9 de noviembre de 2017
- RAE (Real Academia Española). 2001. Diccionario de la lengua española (22 ed.). <http://dle.rae.es/srv/fetch?id=SBOxisN>. Consulta 7 de noviembre de 2017
- Rubio, M. L., H. G. Ponce. 2012. Introducción. En: *Gestión del patrimonio arquitectónico, cultural y medioambiental. Enfoques y casos prácticos* (Eds. Rubio, M. L., H. G. Ponce). Publicaciones de la Universidad de Alicante. Alicante, pp. 13-16.
- Sanz, N., A. González, M. S. Pataro, L. Alfaro. 2006a. Proceso de inscripción de bienes en la lista del patrimonio mundial. Anexo 3. En: *Textos Básicos de la Convención del Patrimonio Mundial de 1972*. París. (Coord. Sanz, N.). Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO. París, pp. 132-133.
- Sanz, N., A. González, M. S. Pataro, L. Alfaro. 2006b. La lista del patrimonio mundial. En: *Textos Básicos de la Convención del Patrimonio Mundial de 1972*. París. (Coord. Sanz, N.). Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO. París, pp. 47-63.
- Terán, B. J. A. 2004. Consideraciones que deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica. *Conserva* 8: 101-122.
- Trinca, F. D. 2006. Paisaje natural, paisaje humanizado o simplemente paisaje. *Revista Geográfica Venezolana* 1: 113-118.

## DOMESTICACIÓN Y DIVULGACIÓN DEL CULTIVO DEL HONGO SETA (*Pleurotus* spp.) EN DURANGO, MEXICO

Néstor Naranjo-Jiménez<sup>2,3</sup>, Imelda Rosas Medina<sup>1,3</sup>, Aurelio Colmenero Robles<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional-SIP. Email: imelros@hotmail.com; acolmenero@ipn.mx

<sup>2</sup>CIIDIR Unidad Durango.- Instituto Politécnico Nacional. email: nnestor@hotmail.com

<sup>3</sup>Becarios COFAA

### RESUMEN

Algunas especies de hongos silvestres comestibles existentes en los bosques de Durango pueden ser cultivados, primordialmente aquellos denominados hongos de la pudrición café y blanca. El interés por el cultivo comercial de hongos comestibles es tendencia en casi todo el país, porque este cultivo es una alternativa alimenticia por su valor nutricional y económico para las comunidades rurales. El propósito del proyecto fue recabar los diversos trabajos de investigación realizados sobre el cultivo de la seta *Pleurotus* spp. en el estado de Durango, publicada en artículos y participaciones en eventos académicos-científicos. Los primeros indicios del cultivo de *Pleurotus* en el estado de Durango se remontan a 1990. Se evaluaron diferentes sustratos existentes en la región: paja de frijol, bagazo de agave, corteza de pino y se valoró su efecto en la eficiencia biológica y contenido de proteína en cuerpos fructíferos. También se elaboraron medios de cultivo con extracto acuoso de paja de frijol, trigo, maíz, bagazo de agave mezcalero, aserrín de pino. Se aislaron 210 micelios homocarióticos de cepas silvestres de *Pleurotus*, para generar cepas más adaptables a la zona. Para contribuir y ampliar el consumo y cultivo de hongos comestibles, se trabajó en la elaboración de productos con el hongo *Pleurotus*: licor de hongo, crema cosmética, shampoo, mermelada y chorizo de hongo y con ello darle un valor agregado al cultivo. En Durango se tienen ocho módulos de producción de setas, cuya producción estimada es de una tonelada anual, la cual es comercializada en fresco y en productos elaborados. Para el año 2000 el 5% de la población de El Salto del municipio Pueblo Nuevo, Durango, sabía del cultivo de hongos; para el 2010 era el 24%, esto indica el interés por el cultivo del hongo en la sierra de Durango. El conocimiento y consumo de *Pleurotus* spp. se ha incrementado, tanto en fresco como en productos elaborados, lo que ha incentivado su cultivo

### ABSTRACT

Some species of edible wild mushrooms existing in the Durango forests can be cultivated primarily as so-called brown and white rot fungi. Interest in the commercial cultivation of edible mushrooms is practically all over the country, because this crop is an alternative food because of its nutritional value and economic development for rural communities. The purpose was to collect the various research work on the cultivation of the *Pleurotus* spp mushroom in the state of Durango. All information on the cultivation of *Pleurotus* spp in the state, published in articles and participations in academic-scientific events, was collected. The earliest evidence of *Pleurotus* cultivation in the state of Durango dates back to 1990. Different substrates were evaluated in the region: bean straw, agave bagasse, pine bark and their effect on the biological efficiency and protein content in fruiting bodies. Cultivation media were also prepared with aqueous extract of straw of bean, wheat, maize, mezcalero agave bagasse, pine sawdust. 210 homocariotics mycelia were isolated from wild strains of *Pleurotus*, to generate strains more adaptable to the area. To contribute and expand the consumption and

### PALABRAS CLAVE:

*Pleurotus*, cultivo de hongos, setas.

### KEY WORDS:

*Pleurotus*, mushroom cultivation, mushrooms

cultivation of edible fungi, several products were made from the fungus *Pleurotus*: fungus liqueur, cosmetic cream, shampoo, jam and sausage of mushroom and with that to give an added value to the crop. In Durango there are eight mushroom production modules, whose estimated production is annual one ton, which is sold fresh and processed in the region. For the year 2000, 5% of the population of El Salto, Pueblo Nuevo, knew of the cultivation of mushrooms; for 2010 was 24%, this indicates the interest for the cultivation of the fungus in the Sierra de Durango, Mexico. The knowledge and consumption of *Pleurotus* spp has increased, both in fresh and processed products, which has consequently encouraged its cultivation.

## INTRODUCCIÓN

Durango ocupa el cuarto lugar del país en extensión y presenta una importante cobertura forestal. El aprovechamiento forestal ha sido la principal alternativa de desarrollo para los pobladores que dependen de sus áreas boscosas, por lo que hasta ahora se ha dado poca importancia al aprovechamiento sustentable de los recursos forestales no maderables, tales como los hongos comestibles.

Debido a la gran variedad de climas, suelos y vegetación presentes en el estado, es de esperarse que exista una gran diversidad de hongos silvestres comestibles en los bosques de pino-encino de la Sierra Madre del estado de Durango, que puedan aprovecharse para consumo y para el cultivo y comercialización en el mercado regional, nacional e internacional. Sin embargo, estas posibilidades han sido poco estudiadas en Durango.

Los hongos silvestres comestibles son recolectados y consumidos principalmente por los lugareños indígenas y mestizos. La población indígena conoce más de 14 especies de hongos y los mestizos conocen entre seis a ocho especies comestibles. La aparición de los hongos es estacional en el periodo de lluvias. Algunas especies de hongos silvestres comestibles existentes en los bosques pueden ser cultivados, primordialmente aquellos denominados hongos de la pudrición café y blanca, comúnmente llamados lignícolas, es decir aquellos que crecen en trocos de árboles dañados o secos. Las especies presentes en los bosques de Durango susceptibles de ser cultivadas son *Sparassis crispa*, *Hericium erinaceus* y *Pleurotus* spp.; este último es el hongo que ha sido cultivado con mayor éxito en el estado. El interés por el cultivo comercial de hongos comestibles hoy en día se ha extendido a casi todo el país y lo mismo está sucediendo en países de Centro y Sudamérica porque han visto en este cultivo una alternativa alimenticia por su valor nutricional y económico para las comunidades rurales (Martínez-Carrera 2002). A continuación, se describen los diversos trabajos de investigación realizados sobre el cultivo de la seta *Pleurotus* spp. en la entidad.

## INVESTIGACIONES SOBRE EL CULTIVO DE SETAS (*Pleurotus* spp.)

En 1990 Medrano y colaboradores, realizaron los primeros trabajos del cultivo de setas para su producción masiva, logrando una producción de 10 kg de hongo fresco por 60 kg de paja seca (comunicación personal del Dr. Hiram Medrano Roldan, 2013).

En 1993 en el Programa de Biotecnología del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-DGO-IPN) se iniciaron los primeros trabajos sobre el cultivo de setas. Se eligieron estos hongos por la facilidad de su cultivo y la experiencia sobre el mismo, además de las propiedades organolépticas para su inclusión en la dieta de los habitantes de las zonas forestales de Durango (Naranjo-Jiménez *et al.*, 1995a).

Sáenz-Soto (1995) evaluó el uso de la corteza de pino mezclada con paja de frijol y su efecto en el crecimiento y contenido de proteína en el hongo *Pleurotus* sp. Los resultados indican que la mezcla de crecimiento con menos del 40% de corteza combinada con paja de frijol, influye en una buena producción de setas con un adecuado contenido de proteína.

Aguirre-Villareal (2000) determinó el efecto del tamaño de partícula de las mezclas de bagazo mezcalero con esquilmos de frijol, para la producción del hongo seta (*Pleurotus* sp.) y su efecto en el contenido de proteína cruda y verdadera, obteniéndose que el tamaño de partícula no influyó en el contenido de proteína (Naranjo-Jiménez *et al.*, 1995b).

En otros trabajos relativos con el cultivo de *Pleurotus* sp., Romo-Nevarés (2000) valoró medios de cultivo elaborados con extracto acuoso de paja de frijol, trigo, maíz, bagazo de agave mezcalero, aserrín de pino y su adición al medio malta agar levadura (MAL) y se compararon con un testigo de MAL. Obtuvieron que el medio con MAL adicionado con extracto de paja de maíz fue superior al testigo, por lo que su uso ayuda a reducir los tiempos de crecimiento del micelio hacia el micelio activado para la producción comercial del hongo.

Ramírez-Estrada (1999) colectó individuos silvestres de *Pleurotus* sp. y logró aislar más de 210 micelios homocarióticos (micelios con la mitad de información genética, resultantes de germinar las esporas sexuales) para su posible uso en la mejora genética de este hongo y desarrollar cepas más adaptables a la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. Para darle continuidad al trabajo anterior se estudiaron seis cruces de cepas de *Pleurotus* sp., las cuales se cultivaron en sustratos de paja de frijol y se determinó que la cepa A23M3 presentó la mayor eficiencia biológica o producción del hongo y el periodo de desarrollo más corto de 64.2 días, siendo esta cepa prometedora para el cultivo de setas en Durango (Ordaz, 2000).

Villanueva-Ramírez (2003) analizó la factibilidad técnica financiera para el establecimiento de un módulo de producción del hongo *Pleurotus* spp. Los indicadores mostraron la viabilidad del establecimiento de este módulo, como una alternativa productiva para Durango. Dichos resultados han apoyado la posibilidad del cultivo de setas en El Salto, Pueblo Nuevo, Dgo., con una producción estimada de 500 kg/año.

Para contribuir y ampliar las expectativas en el consumo y cultivo de hongos comestibles, se trabajó en el desarrollo de tres métodos para la elaboración de licor de champiñón (ebullición, extracción y concentración de alcohol) y se realizaron pruebas organolépticas, donde se observó que 85% de los catadores mostraron disposición para probar el licor de champiñón y el 81% indicó

que lo consumirían de existir en el mercado (Domínguez-Marrufo, 2003, Naranjo-Jiménez *et al.*, 2008). Con el propósito de difundir el cultivo de hongos comestibles setas, Naranjo-Jiménez *et al.* (2009a), incursionaron en la comunidad menonita de Nuevo Ideal, Durango, México, para informar sobre el cultivo y consumo de estos hongos logrando que este grupo étnico los consumiera, así como el establecimiento de un micromódulo de cultivo de hongos.

Naranjo-Jiménez *et al.* (2009b) evaluaron la apropiación del conocimiento sobre el cultivo de hongos comestibles (*Pleurotus* sp.) y su impacto económico en un grupo de mujeres en la sierra de Durango, México, a partir de un proyecto de autogestión y diversidad productiva para elaborar productos de mayor valor agregado, como licor de hongo, crema cosmética de extracto de hongo, shampoo, mermelada y chorizo de hongo.

Se observó una mejora en los ingresos y en la producción del hongo, así como la apropiación del conocimiento sobre el cultivo por parte del grupo de mujeres, lo que las habilitó para la transferencia de su experiencia a otros grupos de mujeres de comunidades ejidales de la sierra de El Salto, Pueblo Nuevo, Dgo. (Naranjo-Jiménez *et al.*, 2009a; Naranjo-Jiménez *et al.*, 2010). En el estado se tienen ocho módulos de producción de setas, cuya producción estimada es de una tonelada anual, la cual es comercializada en fresco y en producto elaborado, en forma local y en la ciudad de Durango (Tabla1).

Tabla 1. Módulos de producción de hongos seta (*Pleurotus* spp.) en el estado de Durango  
La producción de hongos es variable, depende del clima, la demanda y de los insumos para su producción.

Modulo	Municipio	Sistema de producción	Estatus	Producción
El Salto	Pueblo Nuevo	Semi-tecnificada	permanente	Más de 500 kg/año
Las Hongueras de San Antonio y Anexos	Pueblo Nuevo	rustico	intermitente	50 a 60 kg/año
Ejido la campana	Pueblo Nuevo	Semi-tecnificado	intermitente	150 kg/año
Ejido La Ciudad	Pueblo Nuevo	rustico	intermitente	40 kg/año
Modulo Tepehuanes	Tepehuanes	rustico	intermitente	50 kg/año
Hongueras de Suchil	Suchil	Semi-tecnificado	intermitente	100 kg/año
Hongueras Parque ladrillero	Durango	Semi-tecnificado	intermitente	125 kg/año
Modulo La Muralla, Ejido Presidente Salvador Allende	Durango	Semi-tecnificado	intermitente	Producción estimada 150 Kg/año

## CONCLUSIONES

El conocimiento y consumo de setas (*Pleurotus* sp.) se ha incrementado en el estado, tanto en fresco como en productos elaborados como licor de hongo, crema cosmética de extracto de hongo, shampoo, mermelada y chorizo de hongo, lo que ha incentivado el consumo y por consecuencia, su cultivo.

Es importante continuar los estudios y colectas científicas para ampliar el conocimiento de la biodiversidad del recurso fúngico y la posibilidad de ser parte del manejo sustentable de los bosques de Durango. Es importante conocer el papel que tienen los hongos en los ecosistemas forestales, como simbioses mutualistas con especies arbóreas y recicladores de la materia orgánica. Varias especies silvestres de *Pleurotus* spp y de otros hongos que pueden ser cultivados pueden aminorar la presión sobre el recurso fúngico y propiciar nuevas opciones productivas para la gente que vive en los bosques y depende de este recurso. Finalmente, para incrementar el conocimiento de los hongos en el estado, se hace necesario realizar foros, talleres, reuniones y congresos que pongan de manifiesto la importancia de estos organismos en la vida del hombre.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre-Villareal, I. C. 2000. Efecto del sustrato agave mezcalero y paja de frijol en el contenido de proteína cruda y verdadera en cuerpos fructíferos de *Pleurotus* sp. Tesis de Licenciatura, Escuela de Ciencias Químicas, de la UJED.
- Domínguez-Marrufo, D. 2003. Elaboración de un licor de champiñón (*Agaricus bisporus*). Tesis de Licenciatura, Escuela de Ciencias Químicas de la UJED.
- Martínez-Carrera, D. 2002. Current development of mushroom biotechnology in Latin-American. World Society for Mushroom Biology and Mushroom Products Symposium: Prospects of Mushroom Cultivation in Latin America for the XXI Century. *Micología Aplicada Internacional* 14: 61-74.
- Naranjo-Jiménez, N., Ávila R. J. A., Pérez L. M. E. 1995a. Cultivo de hongos comestibles. Parte I. *Ubamari* 34: 51-57
- Naranjo-Jiménez, N., J. Herrera-Corral, J. A. Ávila-Reyes y N. Almaraz-Abarca. 1995b. Cultivo de hongos comestibles. Parte II. Crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* en mezclas de paja de frijol con bagazo de agave mezcalero. *Ubamari* 36: 77-83.
- Naranjo-Jiménez, N., J. Herrera-Corral, N. Almaraz-Abarca, S. Uribe, R. Díaz-Moreno. 2008. Evaluación organoléptica de un licor de champiñón (*Agaricus bisporus*). VI Congreso Latinoamericano de Micología, Mar del Plata, Argentina.
- Naranjo-Jiménez, N., J. Herrera-Corral, N. Almaraz-Abarca y N. Uribe-Soto. 2009a. Cultivo de setas en la comunidad menonita de Nuevo Ideal, Durango, México. I Congreso Latinoamericano de Etnobiología y VII Congreso Mexicano de Etnobiología. Pachuca, Hgo., México
- Naranjo-Jiménez, N., F. González-González, J. Herrera-Corral, N. Almaraz-Abarca y N. Uribe-Soto. 2009b. Cultivo de setas: estudio etnoeconómico de la comunidad del ejido San Antonio y anexos, Durango. X Congreso Nacional de Micología, Guadalajara, Jal., México.
- Naranjo-Jiménez, N., I. C. López González, V. Del Toro López y S. Velázquez Stewart. 2010. Apropiación del conocimiento del cultivo de hongos en un grupo de mujeres de la sierra. I Simposio Internacional Experiencial para el Desarrollo Psicosocial y Educativo de Durango. Durango, Dgo., México.
- Ordaz, V. L. G. 2000. Fenología de micelios heterocarióticos de *Pleurotus ostreatus* en esquilmos agrícolas de frijol. Tesis de Licenciatura, Escuela de Ciencias Químicas. Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Ramírez-Estrada, A. E. 1999. Compatibilidad sexual de micelio homocariótico de cepas silvestres y comerciales de *Pleurotus* spp. Tesis de Licenciatura, Escuela de Ciencias Químicas. Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Romo-Nevarés, J. 2000. Velocidad de crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* en medios de cultivo adicionados con extractos de diferentes esquilmos agrícolas. Tesis de Licenciatura, Escuela de Ciencias Químicas. Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Sáenz-Soto, L. 1995. Crecimiento del hongo *Pleurotus* sp sobre corteza de pino y su valoración del contenido de proteína. Tesis de Licenciatura, Escuela de Ciencias Químicas. Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Villanueva-Ramírez, M. 2003. Estudio de factibilidad financiera de una planta de cultivo de setas. Tesis de Licenciatura en Agronomía, Instituto Tecnológico Agropecuario N° 33. Roque, Guanajuato, México.

## HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLICOS Y EL POLIMORFISMO CYP1A1\*2C: UNA REVISION

José Israel Martínez Rivera<sup>1</sup>, Julio Cesar Grijalva Avila<sup>1</sup>, Miguel Ángel Soto Cardenas<sup>1</sup>, Omar Alejandro Reyes Ortega<sup>1</sup>, Laura Anabelle Páez Oliven<sup>1</sup>, Verónica Castañeda Loera<sup>2</sup>, Ignacio Villanueva Fierro<sup>2</sup>, Antonio Ismael Lares Aseff<sup>2</sup>.

Estudiante del Doctorado en Ciencias en Biotecnología<sup>1</sup>, Docente de la Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental<sup>2</sup> del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, del Instituto Politécnico Nacional, Calle Sigma Núm. 119, Fraccionamiento 20 de noviembre II, Durango, Dgo., C.P. 34220

### RESUMEN

Los contaminantes ambientales conocidos como Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs), son compuestos metabolizados en el cuerpo humano por el complejo enzimático citocromo P450 (CYP 450). En ocasiones los metabolitos producidos por esta interacción resultan ser más peligrosos que el compuesto original, ya que poseen propiedades genotóxicas considerables. Dentro del CYP 450 tenemos a la familia CYP1A1, cuya variable polimórfica 2454 A>G (CYP1A1\*2C, rs1048943) destaca por ejercer una mayor actividad metabólica hasta 12 veces mayor que su alelo silvestre. Se ha asociado este polimorfismo a una mayor susceptibilidad al riesgo de cáncer en poblaciones que lo presentan, siendo uno de los más estudiados por la comunidad científica.

### ABSTRACT

The environmental pollutants known as Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), are compounds mostly metabolized in the human body by the enzymatic complex cytochrome P450 (CYP 450). Sometimes, the metabolites produced by this interaction are more dangerous than the original compound, as they have significant genotoxic properties. Within the CYP 450 we have the family CYP1A1, whose 2454 polymorphic variable A>G (CYP1A1\*2C, rs1048943) stands out because has a metabolic activity up to 12 times greater than its wild allele. This polymorphism has been associated with an increased susceptibility to risk of cancer in populations that exhibit it, being one of the most studied by the scientific community.

### INTRODUCCIÓN

La atmosfera es una mezcla de gases que hace posible la vida en la tierra y no está exenta del fenómeno de la contaminación que en los últimos años ha incrementado, causando efectos adversos tanto en el hombre como en los animales y vegetales (Enger y Smith, 2006). Existen diversos tipos de contaminantes atmosféricos; un grupo muy extendido son los contaminantes orgánicos, entre otros: Acetonitrilo, Benceno, HAPs, Monóxido de carbono (World Health Organization Regional Office for Europe, 2000).

Si bien todos son dañinos a la salud, los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) han despertado mayor preocupación. Su presencia en la atmósfera es común debido a sus diversas fuentes emisoras y sus propiedades genotóxicas los relacionan directamente con el riesgo de desarrollar cáncer (German Federal Environmental Agency, 2005; United States Department of Health and Human Services, 1995; Vives *et al.*, 2001).

### PALABRAS CLAVE:

HAPs, Citocromo P450, Polimorfismos.

### KEYWORDS:

PAHs, Cytochrome P450, Polymorphisms.

## HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLÍCOS

Los HAPs pertenecen a un variado grupo de contaminantes ambientales emitidos durante la combustión incompleta de materia de origen orgánico. Estructuralmente están formados por dos o más anillos aromáticos que les confiere una alta estabilidad química. Tienen afinidad por sustancias grasas así como petróleos (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente – Gobierno de España, 2012).

Generalmente su exposición se da en complejas mezclas. En función del tipo de combustible y las condiciones de pirólisis, se formarán diferentes tipos de HAPs; es aquí donde se origina su gran diversidad grupal (Mastandrea *et al.*, 2005).

Se ha descubierto que los HAPs tienen diversos efectos en el cuerpo humano; están asociados con enfermedades pulmonares, estrés oxidativo, cáncer de piel, pulmón, vejiga, estómago y piel (Giri *et al.*, 2012).

Los HAPs poseen un potencial carcinógeno de orden limitado, el problema se presenta cuando son metabolizados y se “bioactivan”; esto genera compuestos reactivos que son capaces de efectuar alquilación del ADN, iniciando mecanismos que pueden derivar en cáncer (Central Pollution Center Board "Parivesh Bhawam", 2003; Calderón-Segura *et al.*, 2004; United States Department of Health and Human Services, 1995).

## CITOCROMO P450

El complejo CYP450 está compuesto por diversas familias de homo-proteínas que tienen presencia en muchas variedades de seres vivos; bacterias, mamíferos, humanos, etc. (Jaimes-Santoyo *et al.*, 2014). La función del CYP450 es convertir sustratos xenobioticos en compuestos polares que puedan ser excretados fácilmente, es decir sean hidrosolubles (González *et al.*, 2012). Existen más de 2000 isoformas del CYP450; estas se agrupan en familias y subfamilias en función de la similitud de secuencia de ADN que presenten (Donato, 2006).

Existen 57 genes separados en 18 familias, 44 subfamilias y 58 pseudogenes en el ser humano, dando un total de 115 genes en total. Son las familias 1, 2 y 3 las que metabolizan los sustratos endógenos; estas tres familias constituyen cerca del 70% de los CYP450, por lo cual son las más importantes (Rodríguez-González y Rodeiro-Guerra, 2014).

El CYP450 no es una enzima altamente específica, lo que le permite metabolizar diferentes sustratos, además de poseer diversas isoformas que incrementan su rango de sustratos. La velocidad de reacción del CYP450 es menor a las enzimas altamente específicas del cuerpo; esta es la causa de

que algunas drogas tengan tiempos de vida muy diferentes, de 3 hasta 30 horas (González, 2012)

Del total de las drogas prescritas, al menos el 90% es metabolizado por el CYP450 (Ekhart *et al.*, 2009) El metabolismo de los compuestos puede dividirse en dos fases:

Fase I: A través de reacciones de reducción, hidrólisis y oxidación se adicionan grupos funcionales al compuesto en cuestión. Grupos carboxilo, hidroxilo y amino son comunes. Todo esto en su mayoría por medio del sistema monooxigenasa dependientes del CYP450 (Rodríguez González y Rodeiro Guerra, 2014)

Fase II: Consiste en la adición de moléculas endógenas al compuesto en cuestión. También se conocen como reacciones de conjugación; la adición de grupos como el glutatión, genera moléculas polares que son fácilmente expulsadas del organismo a través de la orina (Vega, 1986).

## ENZIMA CYP1A1

Esta enzima es codificada por el gen CYP1A1, compuesto por 5987 pb (Kawajiri, 1999) y se encuentra en la región 15q24.1 (Hildebrand *et al.*, 1985). Una vez transcrita se compone de 512 aminoácidos. Se puede encontrar en tejidos como el hígado, pulmones, tejido endotelial y tracto intestinal (Shimada, 2006).

La expresión de esta enzima es inducida por la vía de señalización del receptor de hidrocarburos de arilo (AhR). Es especialmente considerada la isoforma de metabolización de HAPs por excelencia (Chi *et al.*, 2009; Vázquez-Gómez *et al.*, 2016).

Han sido reportados diferentes polimorfismos del gen que codifica esta enzima (hasta el momento 14 diferentes), de los cuales cuatro han sido vinculados con hipertensión arterial, enfermedad pulmonar crónica y diversos tipos de cáncer (Kisselev *et al.*, 2005; Wenzlaff *et al.*, 2005), siendo al cáncer de pulmón el más común. Se ha determinado que el aumento en la inducción enzimática de CYP1A1 favorece la formación de aductos de ADN (Nebert *et al.*, 1996).

## POLIMORFISMO 2454 A>G

También conocido como CYP1A1\*2C, m2, rs1048943 (Bartsch *et al.*, 2000), fue reportado en el año por Hayashi *et al.*, (1991); su secuencia tiene una sustitución del aminoácido isoleucina por el aminoácido valina en el codón 462.

Como ya se mencionó anteriormente, el efecto de este cambio es un incremento de hasta 12 veces mayor actividad en comparación con el alelo silvestre (Hayashi *et al.*, 1991; Kawajiri *et al.*, 1993; Kisselev *et al.*, 2005).

Existe evidencia conflictiva sobre los efectos que ejerce este polimorfismo en la población humana dado que su frecuencia varía dependiendo de la etnia y raza. En la Tabla 1 se muestran algunas frecuencias alélicas por etnia.

En poblaciones asiáticas la enzima CYP1A1 se ha relacionado con un incremento moderado en el riesgo de padecer cáncer de pulmón (Sugimura, 1998). En poblaciones caucásicas y afro-americanas se han documentado pocos estudios debido a su baja frecuencia de la mutación, en los cuales se ha reportado poca o nula asociación con este tipo de cáncer (Wenzlaff *et al.*, 2005).

En población hispana se tiene la mayor frecuencia registrada (18-43% gMAF); su alta prevalencia sugiere una raíz emparentada a la población asiática.

Además de cáncer de pulmón existen otras afectaciones con las cuales se ha relacionado este polimorfismo: Bartsch (2000) lo asoció a cáncer de cabeza, cuello, esófago y pulmón en personas fumadoras.

Li *et al.* (2012) realizaron un meta-análisis de estudios y reportaron una asociación positiva entre la presencia del polimorfismo y el riesgo de contraer cáncer de próstata.

Economopolus y Sergentanis (2010) evaluaron cuatro polimorfismos y su relación con el cáncer de mama. La evidencia encontrada revela que para la población

caucásica la presencia del polimorfismo 2455 A/G si es un factor de riesgo significativo. Sreelekkha *et al.* (2001) y Kao *et al.* (2002) reportaron que la presencia del polimorfismo está asociada a padecer cáncer oral en población de origen indio y chino; sin embargo, otros estudios no reportan evidencia significativa (Shaik *et al.*, 2009).

Estos resultados contradictorios son en parte producto de las diferentes frecuencias alélicas de cada etnia y en mayor medida por la carencia de estudios estadísticos adecuados, que brinden mayor certeza a los resultados que se obtengan (Bag *et al.*, 2015).

### CONSIDERACIONES FINALES

La realización de estudios en diferentes poblaciones y condiciones ambientales es fundamental para poder lograr una mejor comprensión de los efectos de estos compuestos en el cuerpo humano. El componente genético juega un papel muy importante en la respuesta biológica que genera la exposición a los HAPs, sin embargo no podemos descartar que otras variables puedan modificar dicha respuesta. Una vez que se haya logrado descifrar que variables y factores participan en el deterioro a la salud por exposición a HAPs, podremos generar acciones concretas que puedan mitigar los efectos y daños a la salud que estos compuestos son capaces de causar.

Tabla 1. Frecuencias alélicas por etnia.

Población	Frecuencia Alelo
ACB (African Carribeans in Barbados)	0.0104
ASU (Americans of African Ancestry in SW USA)	0.0574
BEB (Bengali from Bangladesh)	0.1395
S (Han Chinese in Bejin, China)	0.2429
GBB (British in England and Scotland)	0.0330
MXL (Mexican Ancestry from los Angeles USA)	0.3359

National Center for Biotechnology Information (2016)

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Bag, A., N. Jyala, N. Bag. 2015. Cytochrome P450 1A1 genetic polymorphisms as cancer biomarkers. *Indian Journal of Cancer* 52: 479-489.
- Bartsch, H., U. Nair, A. Risch, M. Rojas, H. Wikman, A. Kroum. 2000. Genetic polymorphism of CYP genes, alone or in combination, as a risk modifier of tobacco-related cancers. *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers* 9: 3-28.
- Calderon-Segura, M. E, S. Gomez-Arroyo, R. Villalobos Petrini, F. M. Butterworth, O. Amador Muñoz. 2004. The effects of seasonal weather on the genotoxicity, cytotoxicity and organochemical content of extracts of airborne particulates in Mexico City. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 558: 7-17.
- Central Pollution Control Board "Parivesh Bhawam". 2003. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Air and Their Effects on Human Health. Chandu Press. New Delhi.
- Chi, A. C., K. Appleton, J. B. Henroid, N. M. Marlow, D. Bandyopadhyay, R. Sigmon, D. Kurtz. 2009. Differential induction of CYP1A1 and CYP1B1 by benzo [a] pyrene in oral squamous cell carcinoma cell lines and by tobacco smoking in oral mucosa. *Oral Oncology* 45: 980-985.
- Donato, M. 2006. Citocromo P450. ¿Qué es el citocromo P-450 y cómo funciona? Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia. España. Monografía XIV. Artículo 1: 29-62.
- Economopoulos, K.P., T. Sergentanis. 2010. GSTM1, GSTT1, GSTP1, GSTA1 and colorectal cancer risk: a comprehensive meta-analysis. *European Journal of Cancer* 46: 1617-1631.
- Ekhart, C., S. Rodenhuis, P. Smits, J. Beijnen, A. Huitema. 2009. An overview of the relations between polymorphisms in drug metabolizing enzymes and drug transporters and survival after cancer drug treatment. *Cancer Treatment Reviews* 35: 18-31.
- Enger, E. D., B. E. Smith. 2006. Environmental science: a study of interrelationships. McGraw-Hill.
- German Federal Environmental Agency. 2005. 1-hydroxypyrene in urine as an indicator of internal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH)-reference value for 1-hydroxypyrene in urine. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz.
- Giri, S. K., A. Yadav, A. Kumar, K. Dev, S. Gulati, R. Gupta, N. Aggarwal, S. K. Gautam. 2012. CYP1A1 gene polymorphisms: modulator of genetic damage in coal-tar workers. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. 13: 3409-3416.
- González, F. J., M. Coughtrie, R. H. Tukey. 2012. "Drug Metabolism: How Humans Cope with Exposure to Xenobiotics." Goodman and Gilman's the Pharmacological Basis of Therapeutics. McGraw-Hill. New York. 71-91.
- Hayashi, S.I, J. Watanabe, K. Nakachi, K. Kawajiri. 1991. PCR detection of an A/G polymorphism within exon 7 of the CYP1A1 gene. *Nucleic Acids Research* 19: 4797-4797.
- Hildebrand, F. J. Gonzalez, O. W. McBride, D. W. Nebert. 1985. Assignment of the human 2, 3, 7, 8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin-inducible cytochrome P1-450 gene to chromosome 15. *Nucleic Acids Research* 13: 2009-2016.
- Jaimes-Santoyo, J., A. De Montesinos-Sampedro, R.E. Barbosa-Cobos, S.G. Moreno-Mutio, D. Rodriguez-Ballesteros, T. Ramos-Cervantes, M. E. Ocharan-Hernandez, J. Toscano-Garibay, O. Beltran-Ramirez. 2014. El Citocromo P-450. *Revista del Hospital Juárez de México* 81: 250-256.
- Kao, S. Y., C. H. Wu, S. C. Lin, S. K. Yap, C. S. Chang, Y. K. Wong, L. Y. Chi, T. Y. Liu. 2002. Genetic polymorphism of cytochrome P4501A1 and susceptibility to oral squamous cell carcinoma and oral precancer lesions associated with smoking/betel use. *Journal of Oral Pathology & Medicine* 31: 505-511.
- Kawajiri, K. 1999. CYP1A1. International Agency for Research on Cancer. Scientific publications. 148: 159-172.
- Kawajiri, K., K. Nakachi, K. Imai, J. Watanabe, S. Hayashi. 1993. The CYP1A1 gene and cancer susceptibility. *Critical Reviews in Oncology/Hematology* 14: 77-87.
- Kisselev, P., W. H. Schunck, I. Roots, D. Schwarz. 2005. Association of CYP1A1 polymorphisms with differential metabolic activation of 17 $\beta$ -estradiol and estrone. *Cancer Research* 65: 2972-2978.
- Li, H., D. Xiao, L. Hu, T. He. 2012. Association of CYP1A1 polymorphisms with prostate cancer risk: an updated meta-analysis. *Molecular Biology Reports* 39: 10273-10284.
- Mastandrea, C., C. Chichizola, B. Ludueña, H. Sanchez, H. Álvarez, A. Gutierrez. 2005. Hidrocarburos aromáticos policíclicos. Riesgos para la salud y marcadores biológicos. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana* 39: 27-36.
- Ministerio de Agricultura (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente-Gobierno de España) 2012 2012. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.

<http://www.prtr-es.es/Hidrocarburos-Aromaticos-Policiclicos-705112007.html>

Fecha de consulta: 30/05/2017

- National Center for Biotechnology Information. 2016. Database resources of the National Center for Biotechnology Information. *Nucleic Acids Research* 44: D7-D19.
- Nebert, D. W., R. A. Mckinnon, A. Puga. 1996. Human drug-metabolizing enzyme polymorphisms: effects on risk of toxicity and cancer. *DNA and Cell Biology* 15: 273-280
- Rodríguez-Gonzales, J.C., I. Rodeiro-Guerra. 2014. El Sistema Citocromo P450 y el metabolismo de Xenobióticos. *Revista Cubana de Farmacia* 48: 495-507
- Shaik, A.P., K. Jamil, P. Das. 2009. CYP1A1 Polymorphisms and Risk of Prostate Cancer. *Urology Journal* 6: 78-86
- Shimada, T. 2006. Xenobiotic-metabolizing enzymes involved in activation and detoxification of carcinogenic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *Drug Metabolism and Pharmacokinetics* 21: 257-276
- Sreelekha, T., K. Ramadas, M. Pandey, G. Thomas, K. R. Nalinakumari, M. R. Pillai. 2001. Genetic polymorphism of CYP1A1, GSTM1 and GSTT1 genes in Indian oral cancer. *Oral Oncology* 37: 593-598
- Sugimura, H. 1998. Association of Ile462Val (Exon 7) polymorphism of cytochrome P450 IA1 with lung cancer in the Asian population: further evidence from a case-control study in Okinawa. *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers* 7: 413-417
- United States Department of Health and Human Services. 1995. Toxicological profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Url: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69.pdf>
- Vázquez-Gómez, G., J. Rubio-Lightbourn, J. J. Espinosa-Aguirre. 2016. Mecanismos de acción del receptor de hidrocarburos de arilos en el metabolismo del benzo [a] pireno y el desarrollo de tumores. *TIP. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 19: 54-67
- Vega, V.P. 1986. Toxicología de alimentos. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Metepec, México. 35-53
- Vives, I., G. Joan, G. Raimon. 2001. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos y la salud humana. *Apuntes de Ciencia y Tecnología* 3: 45-51
- Wenzlaff, A. S., M. L. Cote, C. H. Bock, S. J. Land, S. K. Santer, D. R. Schwartz, A. G. Schuartz 2005. CYP1A1 and CYP1B1 polymorphisms and risk of lung cancer among never smokers: a population-based study. *Carcinogenesis* 26: 2207-2212
- World Health Organization Regional Office for Europe. 2000. Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications. Copenhagen. European Series. No. 91

## EFFECTO DE LA PODA EN PLANTAS AGAVE MEZCALERO DURANTE EL TRASPLANTE A CAMPO

Vicente Hernández Vargas, Gildardo Orea Lara, Armando Cifuentes Díaz de León.

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional, Calle Sigma Núm. 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Dgo., 34220. Correo electrónico: vicehv@yahoo.com

### RESUMEN

El desarrollo del cultivo de agave mezcalero (*Agave durangensis* Gentry) en la región sureste del estado de Durango ha presentado una serie de problemas para el establecimiento de plantaciones comerciales. En los últimos 12 años se han realizado diversos intentos para incrementar la superficie de cultivo, sin embargo, han sido poco exitosos por falta de un paquete tecnológico acorde a las características fisiológicas y fenológicas de la planta y las condiciones climatológicas de la región. Para el establecimiento de plantaciones comerciales o reforestación actualmente se produce planta por germinación de semillas mantenidas en invernadero y vivero. El trasplante se ha realizado copiando la metodología de otros estados y solo se realiza la poda de raíz, por lo que en esta investigación se determinó la respuesta a diferentes niveles de poda de hoja en plantas de agave mezcalero durante el trasplante. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con un arreglo factorial AxB (2X3) con 3 repeticiones. Los tratamientos se determinaron considerando el factor poda de raíz (con poda o sin poda) y tres niveles de poda de hoja (3, 5 y 7), el testigo se estableció con plantas de 10 hojas. El mejor tratamiento fue de poda a 7 hojas con poda de raíz. El tratamiento de poda a 3 hojas presenta los valores más bajos. La poda de raíz presenta una respuesta influenciada por el nivel de poda de hojas, sin embargo, se recomienda para efectos prácticos de manejo

### ABSTRACT

The development of agave mezcalero (*Agave durangensis* Gentry) in the southeastern region of the state of Durango has presented problems for the establishment of commercial plantations. In the last 12 years, several attempts have been made to increase the surface; however, they have been unsuccessful due to the lack of a technological package according to the physiological and phenological characteristics of the plant and the climatological conditions of the region. For the establishment of commercial plantations or reforestation, a plant is currently produced by germination of seeds maintained in the greenhouse and nursery. The transplant has been done by copying the methodology of other states and only the root pruning is performed, so in this investigation the response to different levels of leaf pruning in mezcalero agave plants was determined during the transplant. An experimental block design was used randomly, with a factorial arrangement AxB (2X3) with 3 repetitions. The treatments were determined considering the root pruning factor (with pruning or without pruning) and three levels of leaf pruning (3, 5 and 7), the control was established with plants of 10 leaves. The best treatment was pruning to 7 leaves with root pruning. The 3-leaf pruning treatment has the lowest values. The pruning of root presents a response influenced by the level of pruning of leaves, nevertheless it is recommended for practical effects of handling.

### PALABRAS CLAVE:

Poda, hoja, raíz, manejo.

### KEYWORDS:

Pruning, leaf, root

## INTRODUCCIÓN

En la región sureste del estado de Durango el mezcal se ha producido tradicionalmente mediante la extracción de la materia prima (piña) de las poblaciones naturales de agave mezcalero (*Agave durangensis* Gentry). En los últimos 12 años se han realizado diversos intentos para establecer plantaciones comerciales que abastezcan de materia prima a la industria mezcalera, sin embargo, el desarrollo del cultivo ha presentado una serie de problemas para incrementar la superficie por falta de un paquete tecnológico acorde a las características fisiológicas y fenológicas de la planta y las condiciones climatológicas de la región. El agave mezcalero que crece en poblaciones silvestres se reproduce principalmente por semilla ya que produce una cantidad mínima de vástagos (hijuelos). En condiciones controladas la semilla presenta un 94% de germinación (Orea, 2006).

Para el establecimiento de plantaciones comerciales actualmente se produce planta por germinación de semillas mantenidas en invernadero y vivero, obteniendo planta de buena calidad; sin embargo, se desconocen las condiciones de manejo en las cuales se debe realizar el trasplante por lo que se ha realizado copiando de manera parcial la metodología utilizada en otros estados para otras especies.

En el establecimiento de plantaciones de agave en nuestro país se utilizan diferentes técnicas de producción y prácticas tradicionales que han sido adaptadas a cada especie. Una de estas prácticas es el manejo de la planta previo al trasplante.

En *Agave tequilana* Weber la metodología para la preparación de las plantas está basada en la experiencia generada por más de 200 años y recomiendan la selección de los hijuelos que provengan de una plantación comercial o de viveros, que las plantas procedan de una madre joven (de 2 a 4 años) preferentemente de primer arranque, libre de plagas y enfermedades, buena estructura de cabeza y foliar, buen tamaño de cabeza (tamaño similar a una naranja de 9 a 10 cm o tamaño toronja de 10 a 12 cm de diámetro), buen peso, vigoroso y con un color azul intenso (INEGI, 2012). Posteriormente se realiza la poda (barbeo de semilla), que consiste en cortar varias hojas basales para darle forma a la cabeza y pueda enterrarse bien. También se corta el rizoma y las raíces al ras de la cabeza o dejando un "tacón" o pedazo (de 3 a 4 cm) del rizoma.

El plan Rector del Sistema Producto Maguey mezcal del Estado de Zacatecas (SAGARPA, 2012) menciona que para *Agave salmiana* subespecie *crassispina* una vez arrancados los hijuelos, estos deberán limpiarse y cortar en la base de la planta las hojas secas, dejando solamente de 3 a 5 pencas cerca de la base del cogollo o roseta central.

El plan rector del sistema producto agave-mezcal del

estado de Tamaulipas (SAGARPA, 2013) menciona que en los hijuelos de *Agave americana*, *Agave aspérrima* y *Agave lophanta* se cortan las pencas de la base dejándolo secar en el campo por algunos días.

Nobel (1998) menciona que ciertos agaves y cactus, bajo las condiciones adecuadas, pueden producir más biomasa que esencialmente todas las plantas cultivadas, las cuales durante miles de años han sido cuidadosamente mejoradas para incrementar su productividad. La productividad refleja los efectos acumulativos de los diferentes factores que influyen sobre el crecimiento. Según Valenzuela (2003), los factores ambientales de mayor influencia sobre la productividad de agave tequilero son la humedad, la temperatura y la radiación fotosintéticamente activa. Para el agave mezcalero del sureste de Durango, en virtud de las diferencias morfológicas de las plantas, es necesario conocer la respuesta a diferentes niveles de poda de hojas que permita obtener el mayor desarrollo de la planta durante el establecimiento de las plantas de agave mezcalero en plantaciones comerciales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en las instalaciones del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, del Instituto Politécnico Nacional. El experimento se estableció en junio de 2014. Como material vegetativo se utilizaron plantas de maguey mezcalero obtenidas a partir de la germinación de semilla, desarrolladas bajo condiciones de invernadero durante 10 meses y mantenidas en vivero con acolchado plástico y riego por goteo durante 14 meses. El experimento se estableció en un vivero con camas que contenían un sistema de acolchado plástico y riego por goteo (cintilla).

La formación de las camas se realizó en forma manual mediante un barbecho y dos rastras para dejar el suelo lo más triturado y libre de terrones y evitar la ruptura del plástico; las camas se formaron utilizando una cultivadora con rejas y sobre éstas, un tablón para que la cama quedara lo más uniforme posible.

Se construyeron camas de 1.20 metros de ancho y 20 m de largo, la distancia entre camas fue de 0.8 m. Se formaron dos camas en las que se establecieron cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con un arreglo factorial AxB (2X3) con 3 repeticiones (Montgomery, 2004.). La unidad experimental quedó integrada por 16 plantas con 0.30 m entre filas e hileras, entre cada unidad experimental la distancia fue de 0.60 m. Los tratamientos se determinaron considerando el factor

poda de raíz (con poda o sin poda) y tres niveles de poda de hoja (dejando 3, 5 y 7 hojas cerca de la base del cogollo o roseta central), el testigo se estableció con plantas de 10 hojas.

El experimento quedó integrado por tres bloques y cada bloque por 8 tratamientos incluyendo el testigo. La aplicación de los riegos se realizó una vez por semana durante dos horas.

El experimento se mantuvo durante un año. Las variables evaluadas fueron: número de hojas, altura de planta, dosel de la planta, largo y ancho de la hoja. Para la interpretación de los datos se utilizó un análisis de varianza y prueba de medias por el método de Tukey con  $\alpha \leq 0.05$  utilizando el algoritmo SAS (2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La respuesta en campo de las variables en estudio: número de hojas (NH), altura de planta (AP), dosel de la planta (DP), longitud de la hoja (LH) y ancho medio de la hoja (AMH) de agave mezcalero, a la poda de raíz y diferentes niveles de hoja durante el trasplante se muestran en la Tabla 1. Se observa que las variables AP, NH y LH presentan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos aplicados.

Para la variable AP el mejor tratamiento fue con poda a 7 hojas y poda de raíz con valor de 26.75 cm. El valor mínimo de la variable AP fue de 19.92 cm para el tratamiento de poda a 3 hojas y sin poda de raíz. En los tratamientos con poda a 5, 7 hojas y el testigo no existieron diferencias significativas; sin embargo, el tratamiento testigo presentó la

menor AP. En lo que respecta a la variable LH, ésta presentó un comportamiento similar a la variable AP para los diferentes tratamientos obteniéndose el mayor valor en el tratamiento de poda a 7 hojas con 28.99 cm y el valor más bajo en el tratamiento de poda a 3 hojas con valor de 23.61 cm. En las variables AP y LH coinciden en el mejor tratamiento (poda a 7 hojas con poda de raíz) y en el valor más bajo (poda a 3 hojas sin poda de raíz), como se observa en la Figura 1.

Para la variable NH el valor más alto correspondió al tratamiento testigo (10) y el más bajo correspondió al tratamiento con poda a 3 hojas por lo que conforme aumenta el nivel de poda disminuye el número de hojas de la planta.

Por lo que respecta a las variables DP y AMH, los tratamientos no fueron estadísticamente diferentes, posiblemente a causa de que la planta presenta un alto desarrollo en su etapa inicial y su respuesta se encuentran influenciada en gran medida por la variabilidad genética de la planta. La planta presenta mayor respuesta a la poda de hojas que a la poda de raíz. Para las variables AP, DP, LH y AMH el valor más alto coincide en el tratamiento de poda a 7 hojas. Por el contrario, los valores más bajos en todas las variables medidas coincidieron en el tratamiento de poda a 3 hojas. Como mencionan Nobel (1998) y Valenzuela (2003), la productividad de los agaves depende de la humedad, la temperatura y la radiación fotosintética activa que actúa directamente sobre la superficie foliar, por lo que al realizarse una poda severa (poda a 3 hojas) disminuye el área foliar y en la misma relación la productividad del agave.

Tabla 1. Respuesta en campo de las plantas de agave mezcalero a la poda de raíz y hojas durante el trasplante.

Raíz	Nivel de poda No. Hojas	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Dosel de planta (cm)	Longitud de hoja (cm)	Ancho medio de hoja (cm)
Con poda	7	26.75 <sup>A</sup>	14.25 <sup>BAC</sup>	36.18 <sup>A</sup>	28.99 <sup>A</sup>	8.96 <sup>A</sup>
Sin poda	5	26.10 <sup>A</sup>	11.42 <sup>DC</sup>	35.87 <sup>A</sup>	28.05 <sup>BA</sup>	8.71 <sup>A</sup>
Sin poda	7	24.92 <sup>BA</sup>	13.42 <sup>BC</sup>	35.62 <sup>A</sup>	27.86 <sup>BA</sup>	8.95 <sup>A</sup>
Con poda	5	24.79 <sup>BA</sup>	11.92 <sup>DC</sup>	35.08 <sup>A</sup>	28.29 <sup>BA</sup>	8.83 <sup>A</sup>
Sin poda	10	23.96 <sup>BAC</sup>	16.92 <sup>A</sup>	35.75 <sup>A</sup>	25.71 <sup>BA</sup>	8.86 <sup>A</sup>
Con poda	10	23.13 <sup>BAC</sup>	15.83 <sup>BA</sup>	35.59 <sup>A</sup>	26.92 <sup>BA</sup>	8.23 <sup>A</sup>
Con poda	3	20.92 <sup>BC</sup>	9.58 <sup>D</sup>	32.29 <sup>A</sup>	25.08 <sup>BA</sup>	7.93 <sup>A</sup>
Sin poda	3	19.92 <sup>C</sup>	9.67 <sup>D</sup>	33.44 <sup>A</sup>	23.61 <sup>B</sup>	8.25 <sup>A</sup>
DMS		4.076	3.2362	8.2589	5.3412	1.6329

\*Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes ( $\alpha \leq 0.05$ )

DMS: diferencia mínima significativa

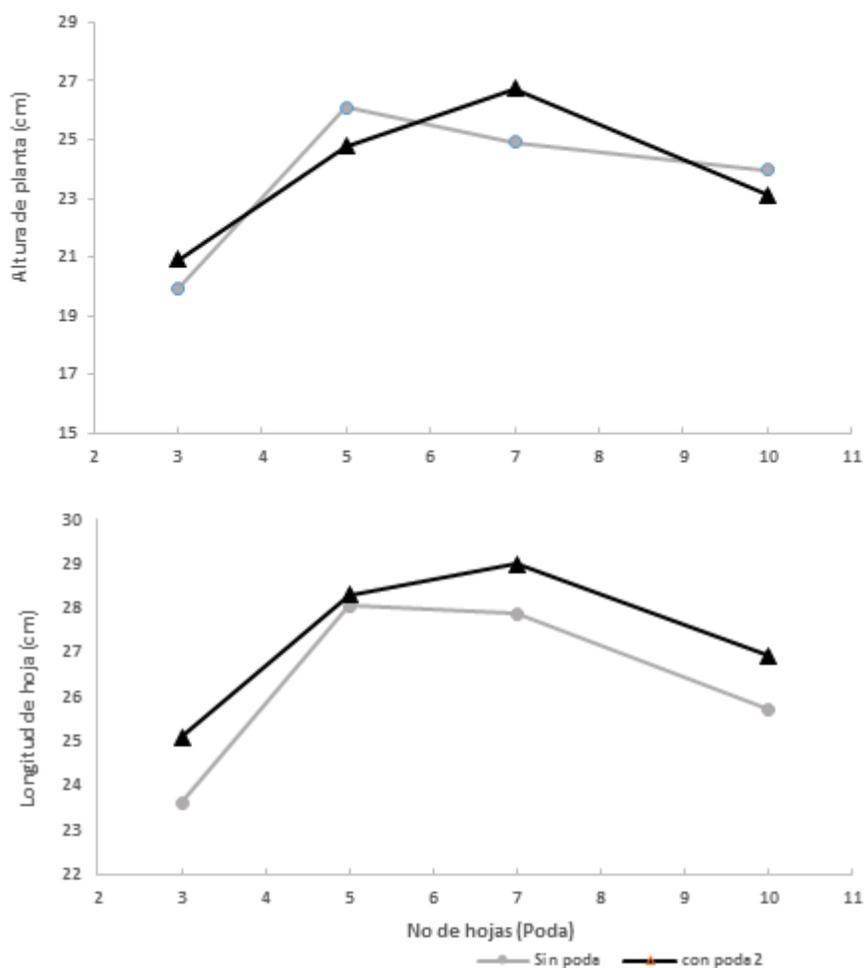


Figura 1. Respuesta al nivel de poda de plantas de agave mezcalero en altura de planta y longitud de hoja.

### CONCLUSIONES

El mejor tratamiento fue de poda a 7 hojas con poda de raíz. El tratamiento de poda a 3 hojas presenta los valores más bajos. La poda de raíz presenta una respuesta influenciada por el nivel de poda de hojas, sin embargo, se recomienda para efectos prácticos de manejo. Se recomienda la poda de las plantas durante el trasplante a un nivel de 7 hojas y la poda de raíz.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INEGI. 2012. El cultivo del agave tequilero en Jalisco. Censo Agropecuario 2007.  
 Montgomery, D.C. 2004. Diseño y Análisis de Experimentos. Limusa, México.  
 Nobel, P.S. 1998. Los Incomparables Agaves y Cactus. Trillas, México.

Orea L. G., A. Cifuentes Díaz de León, S. Gomez Ortiz, V. Hernández Vargas. 2006. Germinación de semillas (*Agave durangensis*) a diferentes temperaturas y efecto de la fertilización en el desarrollo de las plántulas. Vidsupra 1: 51-56.  
 SAS. 2004. SAS® 9.1 SQL Procedure User's Guide. Cary, NC, USA.  
 SAGARPA. 2012. Plan Rector Comité Estatal Sistema Producto Maguery mezcal del Estado de Zacatecas. México  
 SAGARPA. 2013. Plan Rector Comité Estatal Sistema Producto Maguery mezcal del Estado de Tamaulipas. México  
 Valenzuela Z. A. G., 2003, El Agave Tequilero, Cultivo e Industria de México. Ediciones Mundi-Prensa, México

## LOS ANTIOXIDANTES NATURALES EN LOS ALIMENTOS Y SU EFECTO EN LA SALUD. ESTUDIO DE CASO EN DOS POBLACIONES RURALES DEL ESTADO DE DURANGO, MÉXICO

Aurelio Colmenero Robles<sup>1,3</sup>, Imelda Rosas Medina<sup>1,3</sup>, Néstor Naranjo Jiménez<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>SIP-Instituto Politécnico Nacional. Correo electrónico: acolmenero@ipn.mx

<sup>2</sup>Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, del Instituto Politécnico Nacional, Calle Sigma Núm. 119, Fraccionamiento 20 de noviembre II, Durango, Dgo., C.P. 34220.

<sup>3</sup>Becarios COFAA

### RESUMEN

La obesidad y la diabetes han sido llamadas las enfermedades del siglo XX y XXI como consecuencia del elevado consumo de alimentos ricos en almidones y lípidos. Algunos alimentos han sido categorizados como "alimentos con propiedades antioxidantes" que pueden prevenir o contribuir al tratamiento de enfermedades cardiovasculares, hipercolesterolemia e hiperglucemia y crónico-degenerativas. Estas propiedades como antioxidantes no son aún del amplio conocimiento entre los habitantes de las grandes ciudades y aquellos que habitan las zonas rurales pues implica razones de tipos socio-culturales y económicas. El objetivo consistió en determinar el grado de conocimiento de estas propiedades entre los pobladores de los municipios de Nombre de Dios y Vicente Guerrero, Estado de Durango, México. Se elaboró una encuesta con 11 preguntas agrupadas en 4 apartados: 1). - El conocimiento de alimento antioxidante, 2). - Tipo de uso, 3). -Tipo de alimento, 4). - Promotor de la salud. Las respuestas fueron agrupadas por género (femenino y masculino) considerando 5 rangos de edad desde 17 a 75 años de edad y fueron agrupadas por la frecuencia en cada rango de edad. Se concluye que existe un mayor conocimiento entre la población femenil de ambos municipios en los rangos de edad entre 17 a 50 años y en la población masculina de 50 o más años; en ambos municipios tanto la población femenina como masculina la frecuencia de las respuestas señalan que tanto frutas y verduras contienen este tipo de sustancias; las respuestas sobre consumo para mejorar la salud fue similar en la población femenina y masculina más joven (17 a 30 años) pero solo entre los habitantes del municipio de Nombre de Dios.

### ABSTRACT

Obesity and diabetes have been called twentieth and twenty-first century diseases due to the high consumption of foods rich in starches and lipids. Some foods have been categorized as "foods with antioxidant properties" that can prevent or contribute to the treatment of cardiovascular diseases, hypercholesterolemia and hyperglycemia and chronic-degenerative diseases. These properties as antioxidants are not even widely known among the inhabitants of big cities and those who live in rural areas because it involves socio-cultural and economic reasons. The objective was to determine the degree of knowledge of these properties among the residents of the municipalities of Nombre de Dios and Vicente Guerrero, State of Durango, Mexico. A questionnaire was elaborated with 11 questions grouped in to 4 sections: 1). - Knowledge as antioxidant food, 2). - Type of use, 3). - Type of food, 4). - Health promoter. The responses were grouped by gender (male and female) considering 5 age ranges from 17 to 75 years old and were grouped by frequency in each age range. It is concluded that there is a greater knowledge among the female population of both municipalities in the age ranges

### PALABRAS CLAVE:

Antioxidante, enfermedades crónico-degenerativas, población rural.

### KEYWORDS:

Antioxidants, chronic-degenerative diseases, rural population.

between 17 to 50 years old, and in the male population of 50 years old or more. In two municipalities both the female and the male population the frequency of responses indicates that both fruits and vegetables contain these types of substances; the responses on consumption to improve health was similar in the younger females and males (17-30 years old) but only among inhabitants from the municipality of Nombre de Dios.

## INTRODUCCIÓN

La nutrición representa en el ser humano una parte fundamental para mantener la salud física y mental, hoy se comprende que muchos alimentos, entre frutas, granos, verduras y carne, promueven el equilibrio homeostático del organismo y se satisfacen todos los requerimientos energéticos para toda clase de actividades (Carcamo y Mena, 2006). Sin embargo, la poca información sobre las propiedades nutricias de los alimentos procesados resulta un problema que afectan a la población en extrema pobreza o entre los habitantes en países con mayor desarrollo económico debido a los hábitos alimentarios inadecuados de los actuales estilos de vida, ya que ocasionan graves trastornos como sobrepeso y enfermedades crónicas que repercuten su el estado de salud (Lerma y Aguilar, 2008). Estas enfermedades han surgido en consecuencia del desequilibrio de las dietas ricas en almidones y lípidos, siendo la diabetes una de las causas de muerte entre la población mundial. Esto tiene un gran impacto socioeconómico por el costo de su tratamiento, ya que es muy importante llevar a cabo un cambio en la dieta a base de alimentos naturales (Delgado *et al.*, 2010). La elección de alimentos saludables el resultado es que el conocimiento de su carácter nutrimental por sí solo no es suficiente para cambiar las conductas alimentarias, la gran mayoría de la gente reconoce que “debería y qué “no debería” comer, resulta en muchas ocasiones en una acción notoriamente difícil en el sentido que esta acción implica mayor tiempo en la elaboración de alimentos a base de productos frescos que aquellos alimentos ya procesados y listos para su consumo donde el marketing conlleva a este tipo de decisiones (Doval, 2013). Aun cuando esto es producto de la era moderna, prevalecen en ciertas regiones del mundo la alimentación tipo Mediterránea, la cual conserva elementos de un patrón dietético tradicional, se asocia a un menor riesgo de sufrir enfermedades crónicas degenerativas y se caracteriza por la ingesta de una cantidad moderada de aceite de oliva, cereales y panes integrales, legumbres, frutos secos, frutas, verduras, hortalizas, así como algunos derivados de la leche (algunos tipos de queso y yogur), el vino y pescado (Márquez *et al.*, 2008).

## PROCESOS DEL METABOLISMO Y LOS RADICALES LIBRES

En todos aquellos organismos el oxígeno es un

compuesto esencial que interviene en el desdoblamiento de muchos compuestos ricos en energía, lípidos y almidones a través de distintas reacciones de oxidación a nivel celular (mitocondrias, retículo endoplásmico, los lisosomas y el citoplasma), durante este proceso el oxígeno molecular se reduce, dando origen a las llamadas especies reactivas de oxígeno (ROS), entre los que se encuentran los radicales libres derivadas el oxígeno y del nitrógeno (RL) (Mayor, 2010), estos radicales cumplen una función importante en varios procesos homeostáticos como intermediarios en reacciones de oxidación-reducción (redox) esenciales para la vida ya que activan la enzima NAD(P)H en leucocitos en la inhibición de microorganismos externos, modulan la respuesta inmunitaria de linfocitos-T y macrófagos, regulan el tono vascular del músculo liso, síntesis de mediadores inflamatorios y en la eliminación de toxinas, en concentraciones bajas los RL son útiles e incluso indispensables en humanos y animales domésticos (Chihuailaf *et al.*, 2002; Touriño, 2009). Cuando los radicales libres se forman de manera excesiva se convierten moléculas en extremo reactivas y altamente tóxicas ya que son capaces de reaccionar con diversas moléculas orgánicas provocando daño a nivel celular y tisular, a este evento se conoce como estrés oxidativo. Los radicales libres se producen por contaminantes ambientales y se pueden relacionar con el consumo de tóxicos como el alcohol, tabaco, drogas, una alimentación inadecuada, exposición a fertilizantes y pesticidas o bien a partir de procesos como la hipoxia, en la cual se observa un aumento en la formación de radicales libres, que pueden inducir lipoperoxidación en la membrana de las células del cerebro alterando su función. Existen evidencias científicas que vinculan a los radicales libres con el envejecimiento y a otras enfermedades como: mal de Parkinson, cataratas oculares, cardiovasculares, Alzheimer, baja protección inmunológica, diabetes, aterosclerosis, artritis reumatoide, retinosis, cáncer, nefropatía, cirrosis, hipertensión arterial, diabetes mellitus, displasia broncopulmonar, entre otras. Se ha documentado la asociación entre cáncer y enfermedades infecciosas crónicas, como es el caso de las hepatitis B y C o las infecciones del estómago producida por *Helicobacter pylori* asociado a cáncer gástrico, úlceras y gastritis (López *et al.*, 2012; Navarro *et al.*, 2016; Elejalde, 2001)

## LOS MECANISMOS DE PROTECCIÓN ANTIOXIDATIVA

El mecanismo de antioxidación durante los procesos metabólicos del organismo humano se han clasificado en dos principales sistemas: el sistema enzimático (tipo endógeno) y el sistema no enzimático (tipo exógeno) porque ingresan a través de los alimentos, ambos actúan en el espacio intracelular y extracelular. El primer sistema está basado en un complejo de defensa compuesto por enzimas antioxidantes que nulifican la presencia de radicales libres. El sistema antioxidante no enzimático o exógeno está determinado por una serie de compuestos llamados depuradores o inhibidores de radicales libres, logrando retrasar la acción de estos radicales, esta función la realizan los siguientes compuestos: la vitamina E (alfa tocoferol), la vitamina C (ácido ascórbico), la vitamina A, la vitamina B, el  $\beta$ -caroteno, los flavonoides y una serie de minerales (oligoelementos): selenio, cobre, zinc y magnesio que forman parte de la estructura molecular de algunas de las enzimas antioxidantes.

La vitamina E, el  $\beta$ -caroteno y la vitamina C son los únicos nutrientes esenciales que atrapan directamente radicales libres (González *et al.*, 2000; López *et al.*, 2012). En las pasadas décadas ya era conocido que el vino rojo, el café, frutas y vegetales contribuían a la disminución de algún tipo de enfermedad en los seres humanos y estudios posteriores realizados por métodos bioquímicos determinaron que ciertos nutrientes cumplen la función de antioxidantes.

Estas sustancias han surgido como una alternativa para combatir deficiencias asociadas al estrés oxidativo, tales como las enfermedades cardiovasculares, reumáticas y a eventos tan comunes en los seres humanos como el envejecimiento. Por ello, se realizan grandes esfuerzos científicos en la búsqueda de compuesto reconocidos como biocompuestos contenidos en frutas, semillas, verduras e infinidad de plantas comestibles con efectos fitoterapéuticos por sus propiedades antioxidantes (Gutiérrez *et al.*, 2007; López y Echeverri, 2007).

Estudios recientes en alimentos elaborados por la industria alimenticia conocidos como "alimentos funcionales", con ciertas propiedades antioxidantes, pueden prevenir o contribuir al tratamiento de las enfermedades cardiovasculares, la hipercolesterolemia e hiperglucemia y otras enfermedades crónico-degenerativas como el cáncer y la vejez (Guzmán *et al.*, 2009; Illanes, 2015). Especialistas en nutrición humana, investigan activamente esta nueva área y se encuentran formulando nuevos productos con compuesto antioxidantes para su consumo, que permitan un mejor estado de salud humana en lo futuro (Pérez, 2006)

## OBJETIVO

El presente estudio evaluó el conocimiento sobre el concepto de alimentos con propiedades antioxidantes que tienen los habitantes de los municipios de Vicente Guerrero y Nombre de Dios del Estado de Durango.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para cuantificar el conocimiento de alimentos con propiedades antioxidantes se aplicaron 30 encuestas de tipo aleatoria, a personas entre los 17 a más de 60 años de los municipios de Nombre de Dios y Vicente Guerrero del Estado de Durango, en la encuesta se consideraron los siguientes datos generales: localidad, edad, sexo, escolaridad, ocupación laboral y se complementó con 11 preguntas agrupadas en 4 apartados: 1).- El conocimiento de alimento antioxidante 2).- Tipo de uso, 3).- Tipo de alimento, 4).- Promotor de la salud. Se hicieron además tres preguntas adicionales relativas al concepto de antioxidantes. Las respuestas fueron agrupadas por género (femenino y masculino) considerando 5 rangos de edad desde 17 a 75 años de edad y se construyeron dos cuadros, uno para el Municipio de Nombre de Dios y el otro para el Municipio de Vicente Guerrero, en los cuales se registró la frecuencia de las respuestas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las respuestas de las encuestas se resumieron en los siguientes cuadros, los datos representan valores de frecuencia (Tablas 1 y 2).

Como se puede apreciar en las Tablas 1 y 2, la frecuencia de respuestas tomó en consideración tres aspectos fundamentales e importantes, consistentes en:

- 1.- Conocimiento sobre los antioxidantes
- 2.- Tipo de alimento donde se encuentran.
- 3.- Los antioxidantes mejoran la salud

Con relación al primer apartado, se puede destacar que la población femenina del Municipio de Nombre de Dios entre 17 a 40 años la frecuencia de respuesta tiene un valor de 6 sobre el conocimiento de los antioxidantes. En el citado Municipio, con frecuencia similar, se observa cierto nivel de conocimiento de los antioxidantes en la población masculina con un rango de edad entre 17 a 30 años (suma la Para el municipio de Vicente Guerrero la población femenina joven (valor de frecuencia de 3) destacan por un menor conocimiento de este tipo de compuestos. Lo que concierne a la segunda pregunta, para los entrevistados frecuencia de 7).

entre la población juvenil y adulta del Municipio de Nombre de Dios, la frecuencia de las respuestas muestra que es muy claro que los antioxidantes se encuentran en frutas y en verduras (se logra una frecuencia de 5).

Llama la atención que la población femenina del Municipio de Vicente Guerrero reconoce que en tanto frutas como verduras poseen propiedades como antioxidantes. Por último, en referencia a la tercera pregunta planteada a la población joven en ambos municipios, tanto femenina como masculina, reconocen que los alimentos poseen propiedades antioxidantes. Sin embargo, otro sector de la población encuestada, en ambos municipios, no sabe la manera de cómo actual los antioxidantes en un beneficio para la salud.

## CONCLUSIONES

El conocimiento sobre el tema de los alimentos con propiedades antioxidantes tiene poco interés entre los pobladores de los Municipios de Nombre de Dios y Vicente Guerrero y resulta ser un tema poco considerado entre las personas de mayor edad del sexo masculino. Sin embargo, la población tanto femenina como masculina joven (hasta 30 años) considera que frutas y vegetales deben ser consumidas con regularidad por el efecto benéfico en la salud.

Tabla 1. Frecuencia de respuestas sobre antioxidantes (Municipio de Nombre de Dios).

Género	RE (años)	CO		Uso considerados						Tipo de alimento					Salud		
		S	N	Al	Me	Nu	NS	Fr	Ve	Gr	Ca	Ta	NS	S	N	NS	
Fe	17-20	3	0					1	1			1		1	2		
	21-30	1	1	0	0		2	1					1		2		
	31-40	1	1	0	1	0	2					1	1	1	2		
	41-50	1	0	0	1	0	2	1	1						1		
	51-60																
Ma	17-20	6	2	0	4	0	2	11	1			2	3	5	2	1	
	21-30	1	2	0	0	1	2	1					2	1	1	1	
	31-40																
	41-50		1	0	0	0	3						1	1			
	51-60		1	0	0	0	3						1			1	

Fe (Femenino), Ma (Masculino), RE (Rango de edad), CO(Conocimiento), S(Si), N(No), Al(Alimentos), Me(Medicina), Nu (Nutraceúticos), NS (No Sabe), Fr (Frutas), Ve (Vegetales), Gr (Granos), Ca (Carne), Ta (Todas las anteriores).

Tabla 2. Frecuencia de respuestas sobre antioxidantes (Municipio de Vicente Guerrero).

Género	RE (años)	CO		Usos considerados						Tipo de alimento					Salud		
		S	N	Al	Me	Nu	NS	Fr	Ve	Gr	Ca	Ta	NS	S	N	NS	
Fe	17-20	2		1		1		1				2		3			
	21-30	1	1	1			1	1	1				1	2			
	31-40	2		1	1	1		2	2					2		1	
	41-50				1				1								
	51-60			1	1			1	1					1		1	
Ma	17-20																
	21-30	1	1	1		1	1			1							
	31-40													1			
	41-50	1		1				1						1			
	51-60	1		1							1					1	

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Carcamo, V. G. y C. P. Mena B. 2006. Alimentación saludable. *Horizontes Educativos* 11: 1-7.
- Chihuailaf, R. H., P. A. Contreras, F. G. Wittwer. 2002. Patogénesis del estrés oxidativo: Consecuencias y evaluación en salud animal. *Veterinaria México* 33: 265-283.
- Delgado, O. L., G. Betanzos. C., M.T. Sumaya M. 2010. Importancia de los antioxidantes en la disminución del estrés oxidativa. *Investigación y Ciencia* 50: 10-15.
- Doval, H. C. 2013. Alimentación saludable: ¿cómo lograrla? *Revista Argentina de Cardiología* 81: 552-562.
- Elejalde, G. J. I. 2001. Estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos antioxidantes. *Anales de Medicina Interna* 18: 326-335.
- González, T. M. C., M. Betancourt R., R. Ortiz M. R. 2000. Daño oxidativo y antioxidantes. *Bioquímica* 25: 3-9.
- Gutiérrez, Z. A., L. Ledesma R., I. García G., O. Grajales C. 2007. Capacidad antioxidante total en alimentos convencionales y regionales de Chiapas, México. *Revista Cubana de Salud Pública* 33: [http://www.bvs.sld.cu/revistas/spu/vol33\\_1\\_07/spusu107.htm](http://www.bvs.sld.cu/revistas/spu/vol33_1_07/spusu107.htm)
- Guzmán, A. B., E. Juárez H., E. Sieiro O., R. Romero V., J. L. Silencio B. 2009. Los nutraceuticos. Lo que es conveniente saber. *Revista Mexicana de Pediatría* 76: 136-145.
- Illanes, A. 2015. Alimentos funcionales y biotecnología. *Revista Colombiana de Biotecnología* 17: 5-8.
- López, L. A., C. Fernando A., Z. Lazarova, R. Bañuelos V., S. H. Sánchez R. 2012. Antioxidantes, un paradigma en el tratamiento de enfermedades. *Revista ANACEM* 6:48-53.
- López, R. R., F. Echeverri. 2007. ¿Son seguros y efectivos los antioxidantes? *Scientia et Technica* 13: 41-44.
- Lerma, M. R. E., J. M. Aguilar G. 2008. Nutrición fuente de vida. *Revista Universidad de Sonora* 22: 4-6.
- Márquez, S. F., M. Bulló., B. Vizmanos, P. Casas A., J. Salas S. 2008. Un patrón de alimentación saludable: la dieta mediterránea tradicional. *Antropo* 16: 11-22.
- Mayor, O. R. 2010. Estrés oxidativo y sistema de defensa antioxidante. *Revista del Instituto de Medicina Tropical* 5: 23-29.
- Navarro, M. L. G., A. Ramírez H., J.C. Acevedo. 2016. Oxígeno bueno, oxígeno malo y antioxidantes. *Revista Ciencia* 67: 34-41.
- Pérez, L. H. 2006. Nutraceuticos: componente emergente para el beneficio de la salud. *ICIDCA Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* 40: 20-28.
- Touriño, E. S. 2009. Contribución al establecimiento de las bases científicas para el uso de fracciones polifenólicas y fibra dietética en la prevención de cáncer. Tesis de Doctorado. Facultat de Farmacia. Universitat de Barcelona, España.

## MODELO DE ESCURRIMIENTO FUSTAL PARA *Pinus sp.* EN BOSQUE TEMPLADO DE DURANGO, MÉXICO

José Carlos Monárrez-González<sup>1,2</sup>, Gustavo Pérez-Verdín<sup>1</sup>, Jonathan G. Escobar-Flores<sup>1</sup>, Marco Antonio Márquez-Linares<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango, Sigma Núm. 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Durango, México, 34220.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).  
Correo electrónico: monarrez.josecarlos@gmail.com

### RESUMEN

La cubierta vegetal es un regulador de la precipitación en su camino hacia el suelo. Una vez interceptada la precipitación, el flujo de agua bajo el dosel (incidental) y el flujo que escurre por ramas y troncos (escurrimiento fustal) son la precipitación neta y es la principal fuente de agua que abastece al ciclo hidrológico. Esta investigación presenta un modelo para estimar el escurrimiento fustal a partir del diámetro normal de los árboles del género *Pinus* y la precipitación incidental, en el predio forestal Molinillos, Municipio de Durango, Dgo. Se utilizó una muestra de 133 datos de 12 árboles distribuidos en varias categorías diamétricas. El agua que escurre por el fuste de los arboles fue captada en recipientes de 20 L acomodados a la base de los árboles y la precipitación incidental se capturó en recipientes de 1.5 L colocados bajo el dosel forestal. Los eventos registrados de precipitación fueron de rango de captación de agua de 3.2 a 69 mL. Se ajustaron modelos lineales y no lineales. Los criterios para definir el mejor modelo se basaron en el coeficiente de determinación, cuadrados medios del error y valor de P. El modelo con mayor bondad de ajuste para la estimación del escurrimiento fustal fue el de Schumacher. Con el modelo se puede estimar de forma aceptable el escurrimiento fustal para el género *Pinus*.

### ABSTRACT

The vegetation cover is a rainfall regulator on its way to the ground. Once rainfall is intercepted, the flow of water under the canopy (incidental) and through the branches and trunks (stemflow) are the net precipitation. Net precipitation is the main source of water that supplies the hydrological cycle. The current research presents a model to estimate the stemflow using information of the diameter of pine trees and the incidental precipitation in Molinillos, Durango. A sample of 133 data distributed in several diameter categories was used. The stemflow was captured in 20 L containers attached to the base of the trees while the incidental precipitation was captured in 1.5-L recipients placed under the forest canopy. Total precipitation events ranged from 3.2 to 69 mL. Linear and nonlinear models were fitted to explain the relationship between stemflow, tree diameter, and incidental precipitation. The criteria for defining the best model were based on the determination coefficient, mean squares error, and p value. The model with the greatest goodness of fit was the Schumacher model. With this model, the stemflow of pine trees can be estimated in an acceptable way.

### INTRODUCCIÓN

El agua tiene diferentes funciones como servicio ambiental en los ecosistemas forestales, como servicio de provisión (agua dulce), regulación (calidad y temporalidad) y soporte (ciclo hidrológico) (Balvanera y Cotler, 2009). El agua penetra en el ecosistema terrestre a través de la precipitación y lo abandona por evapotranspiración, escorrentía e infiltración.

### PALABRAS CLAVE:

Ciclo hidrológico, escurrimiento fustal, modelos no lineales.

### KEY WORDS:

Hydrological cycle, stem-flow, non-linear models.

El principal papel del bosque dentro del ciclo del agua es el almacenamiento de agua de lluvia, ya que el bosque favorece la infiltración del agua a los mantos freáticos y el escurrimiento se disminuye (Chang, 2006).

La interceptación constituye uno de los procesos del ciclo hidrológico y tiene una gran influencia, tanto en la hidrología del suelo como en los procesos erosivos (Romero, 2013). Constituye un componente necesario en los estudios de carácter hidrológico, no sólo por la cantidad de agua que no llega a formar parte de los recursos hídricos de forma directa, sino también por ser la principal vía de transferencia del agua y solutos al suelo. La presencia de vegetación y los tipos de ella, afectan a la cantidad de precipitación que alcanza al suelo, su distribución espacial, energía cinética y capacidad para disgregar y transportar las partículas del suelo. La vegetación, por tanto, gestiona y administra una parte importante de los recursos hídricos, con sus directas implicaciones edáficas (Romero, 2013).

El agua que directamente atraviesa el dosel del bosque (precipitación incidente) más el agua que escurre por los troncos y ramas (escurrimiento fustal) se denomina precipitación neta y es la principal fuente de agua que abastece al ciclo hidrológico en su interceptación (Manfroi *et al.*, 2004; Levia y Herwitz, 2005; André *et al.*, 2008).

El escurrimiento fustal puede presentar variaciones considerables en su estimación por área de bosque, de un 3% hasta un 27 % de la precipitación total (Belmonte y Asunción, 2013; Charles, 1998; Flores *et al.*, 2016; Gómez *et al.*, 2015; Santa *et al.*, 1989).

Dada la dificultad que representa en campo determinar el volumen de agua derivado del escurrimiento fustal por árbol, para luego realizar la estimación a nivel sitio, rodal, microcuenca y cuenca, se hace necesario contar con modelos que, a partir de variables de fácil medición, como el diámetro normal y la precipitación bajo el dosel, se pueda estimar el volumen de agua captado por el escurrimiento fustal. A la fecha en México no se han generado modelos para estimar este tipo de escurrimiento.

Dado que en los bosques templados el género arbóreo más abundante y de mayor importancia comercial maderable es *Pinus*, el objetivo del presente trabajo fue generar un modelo para la estimación del escurrimiento fustal en arboles del género *Pinus* en un bosque templado de Durango, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La investigación se realizó en el macizo montañoso de la Sierra Madre Occidental, en el predio forestal Molinillos, ubicado en la parte centro sur del estado de Durango (Figura 1), el cual es una representación típica del ecosistema

forestal de la región norte de México. Se ubica entre las coordenadas 23° 39' N y 105° 05' O y 23° 36' 20" N y 105° 00' O. Predomina un clima templado subhúmedo Cb` (W2 con lluvias en verano, cuya temperatura media anual oscila entre los 5 y 10.2 °C y clima templado subhúmedo C(w2) a con lluvias en verano, con temperatura media anual entre 12 y 18 °C, ambos con precipitación del mes más seco menor de 40 mL y precipitación media anual de 760 mL. Su vegetación es un bosque de pino-encino, con presencia de *Pinus cooperi*, *Pinus leiophylla*, *P. engelmannii*, *P. teocote*, *P. durangensis* y *P. ayacahuite*; topográficamente se distingue por la presencia de cañones, mesetas y elevaciones hasta de 2800 msnm (Trujillo, 2010).

### Datos y análisis estadístico

Se obtuvo información de 12 árboles distribuidos en cuatro categorías diamétricas (cm): 7.5-12 (1), 12.1-24 (2), 24.1-36 (3) y 36.1-48 (4). Los árboles se eligieron al azar dentro de 6 parcelas de investigación con tratamiento de selección. Cada parcela fue de forma circular, con un radio de 19.84 m y un área de 1,000 m<sup>2</sup>. Se instalaron cuatro pluviómetros con capacidad de 1.5 L de agua para medir la precipitación bajo del dosel. Para la medición del escurrimiento fustal se instaló en cada árbol una manguera seccionada que captaba el agua a un recipiente de 20 L (Figura 2).

El material y equipo utilizado en la toma de datos consistió de cinta diamétrica en cm, probeta en mL, cubetas de agua, pluviómetros, tabla y formatos de campo. Las variables medidas fueron diámetro normal en centímetros (D), escurrimiento fustal en mL (EF) y precipitación incidente o bajo del dosel (P) en mL. Se registró un total de 133 pares de datos de diámetro, precipitación incidente y escurrimiento fustal. Los eventos registrados de precipitación incidente fueron de un rango de captación de agua de 3.2 a 69 mL. El periodo de medición fue de agosto a septiembre de 2016.

A la base de datos se ajustaron 6 modelos, entre lineales y no lineales (Tablas 1 y 2) con el paquete Statistical Analysis System (SAS), utilizando los procedimientos REG o GLM para regresiones lineales, con la opción R e INFLUENCE para detectar datos atípicos, NOINT para regresiones sin interceptada; COLLIN, COLLINOINT, VIF y TOL para detectar la multicolinealidad en las variables predictoras y el PLOT para graficar los residuales con los valores predichos (Draper y Smith, 1996). Los modelos no lineales se ajustaron con el procedimiento NLIN, utilizando el método DUD (Draper y Smith, 1998).

Al realizar un ajuste preliminar en la opción R e INFLUENCE de SAS en las distintas funciones se procedió a

determinar qué valores deberían ser excluidos del análisis, los indicadores en esta opción fueron los siguientes: HAT DIAG (Matriz Diagonal), RSTUDENT (Residuales estudentizados), COVRATIO, DFFITS, DFBETAS y D de COOK'S (DraperySmith, 1998).

La selección de las mejores ecuaciones se hizo con base a la Suma de Cuadrados del Error (SCE), a la bondad de ajuste del Cuadrado Medio del Error (CME), al valor y probabilidad de F, los estadísticos R2 y Pseudo R2, al valor y probabilidad de t de Student, Intervalos de Confianza de los Estimadores (Draper y Smith, 1998).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los principales valores estadísticos para las variables consideradas: escurrimiento fustal (EF), diámetro normal (D) y precipitación incidente (P), se muestran en la Tabla 3. Las diferencias entre los valores mínimos y máximos de cada variable se ven reflejadas en la desviación estándar, rango y media. En el ajuste de los modelos la base de datos cubrió las categorías diamétricas prevaletentes en el área de estudio; por ello, aunque la desviación estándar fue relativamente alta, los datos se consideraron confiables para hacer el ajuste y predecir el escurrimiento fustal a partir del diámetro normal y la precipitación. El diámetro normal es medido a 1.30 m de altura.

La dispersión de valores para el escurrimiento fustal en relación a las variables diámetro y precipitación en forma individual no mostraban un comportamiento definido, pero al combinarlas (D+P o DP), se mostró una tendencia de lineal a curvilínea (Figura 3).

Los indicadores estadísticos calculados para definir la bondad de ajuste en modelos lineales y no lineales, se muestran en el Tabla 4 y 5. De acuerdo con estos valores estadísticos, todos los modelos mostraron una aceptable bondad de ajuste, siendo los modelos no lineales los mejores. Debido a la simplicidad del modelo, además de su CME, se concluye que el modelo más adecuado para estimar el escurrimiento fustal a partir del diámetro normal y la precipitación para arboles del género *Pinus* en el área de estudio, es el modelo de Schumacher:

$$EF = 0.089D^{1.366}P^{1.674} + \epsilon$$

Dónde: EF = escurrimiento fustal (mL), D = Diámetro normal (cm) y P = Precipitación bajo dosel o incidente (mL).

En la Tabla 6 se muestra la tabla de estimación de escurrimiento fustal a partir del diámetro normal y la precipitación incidente.

En la literatura revisada no se encontraron funciones de este tipo, ya que los estudios relacionados al escurrimiento fustal son estimaciones generales a nivel de cuenca, microcuenca y rodal.

**CONCLUSIONES**

La estimación del volumen de agua captado por escurrimiento fustal a partir del diámetro normal y la precipitación incidente se puede realizar de forma aceptable a través del modelo no lineal de Schumacher. El escurrimiento fustal aumenta a medida que el diámetro normal de los arboles también aumenta y en lugares con altas tasas de precipitación (P).

La función generada es de utilidad para determinar el escurrimiento fustal en arboles de diferentes categorías diamétricas del genero *Pinus*. El modelo es aplicable en el predio forestal Molinillos, mpio. de Durango, Dgo. Es necesario validar el modelo en otras condiciones de cobertura y manejo forestal, a fin de aumentar su rango de aplicación.

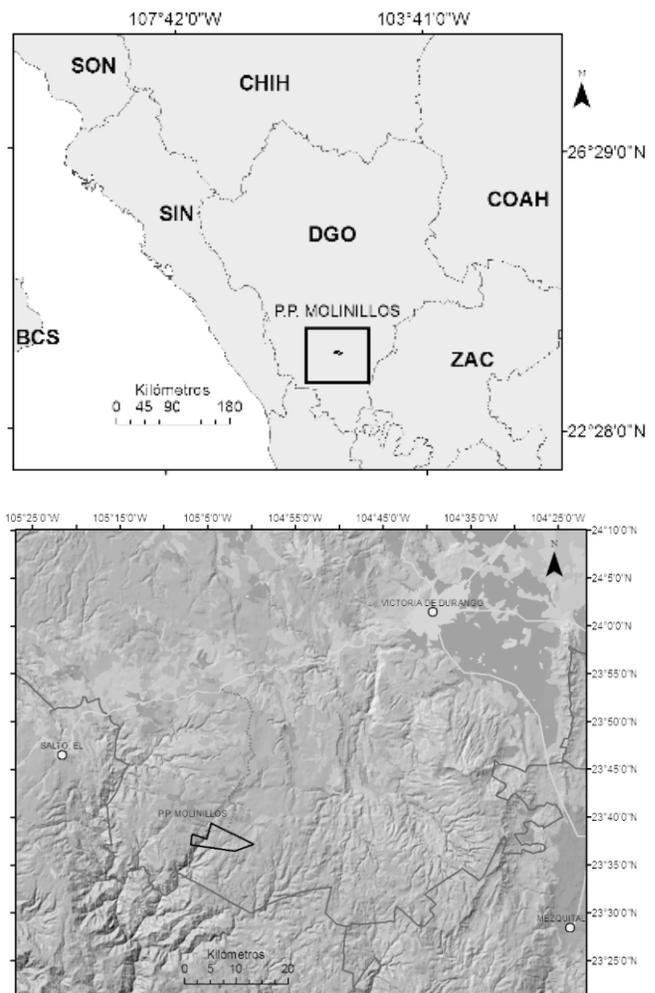


Figura 1. Mapa del estado de Durango. El polígono en color negro muestra la ubicación del predio forestal Molinillos, municipio de Durango, Dgo.

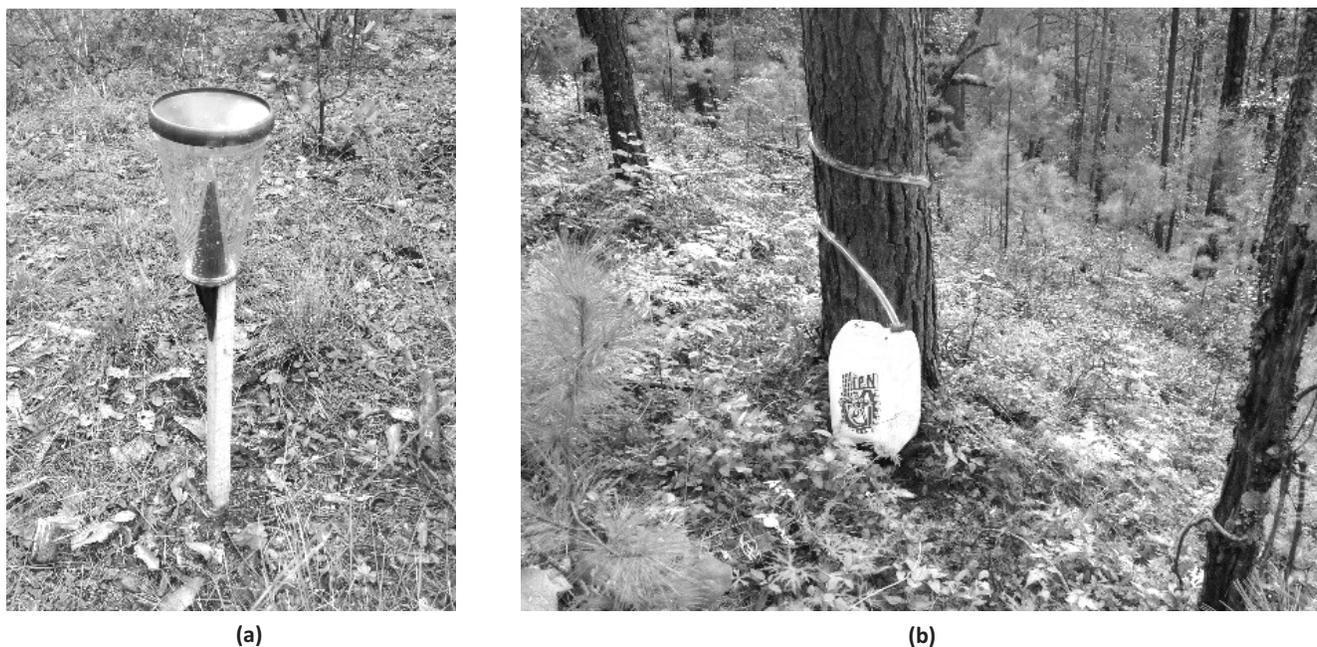


Figura 2. Pluviómetro (a) y aditamento para medición de escurrimiento fustal en árbol de pino (b).

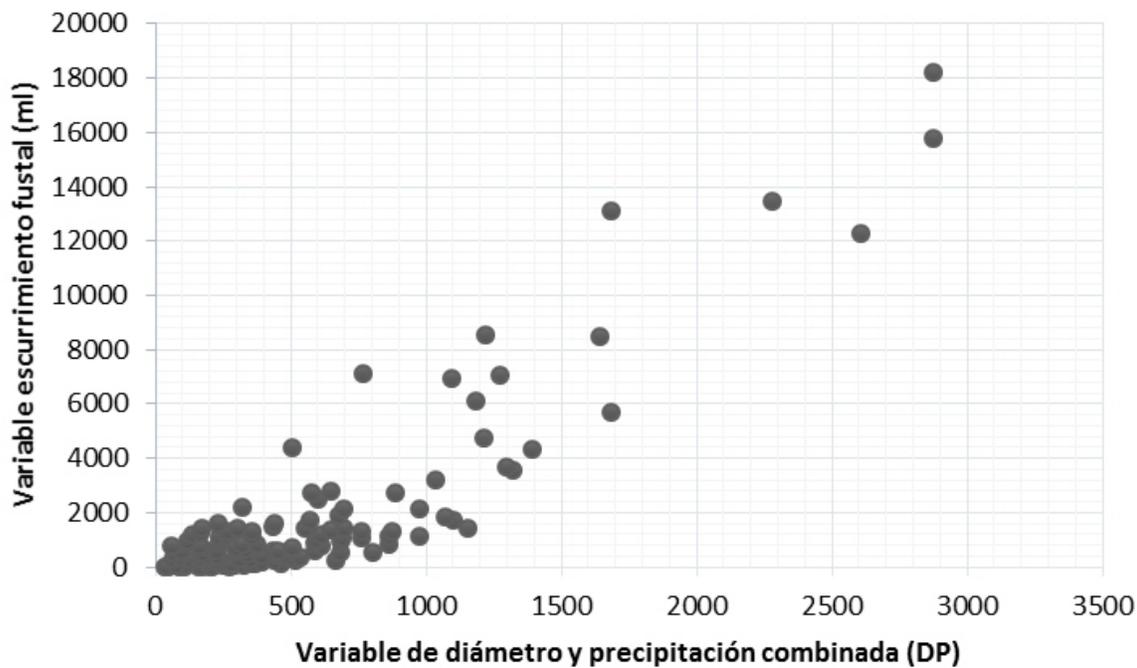


Figura 3. Gráfico de dispersión de variable escurrimiento fustal (EF) y variable combinada de diámetro y precipitación (DP).

Tabla 1. Descripción de los modelos lineales

Nombre	Función
De variable combinada	$EF = \beta_0 + \beta_1 DP$
Múltiple	$EF = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 P$
Múltiple con variable combinada	$EF = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 P + \beta_3 DP$

Dónde: EF = escurrimiento fustal (mL); D = Diámetro normal (cm); P = Precipitación (mL); DP = variable combinada diámetro-precipitación;  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$  = Parámetros de regresión.

Tabla 2. Descripción de los modelos no lineales.

Nombre	Función no lineal	Función linealizada
De Schumacher	$EF = \beta_0 D^{\beta_1} P^{\beta_2}$	$\text{Log EF} = \log \beta_0 + \beta_1 \log(D) + \beta_2 \log(P)$
Logarítmica con intercepto	$EF = \beta_0 + \beta_1 D^{\beta_1} P^{\beta_2}$	No es linealizable
De variable combinada	$EF = \beta_0 (DP)^{\beta_1}$	$\text{Log EF} = \log \beta_0 + \beta_1 \log(DH)$

Dónde: EF = escurrimiento fustal (mL); D = Diámetro normal (cm); P = Precipitación (mL); DP = variable combinada diámetro-precipitación;  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$  = Parámetros de regresión.

Tabla 3. Resultados estadísticos descriptivos de las variables utilizadas en el ajuste de los modelos.

Variable	N	Min.	Máx.	Media	rango	STD
EF	131	4.0	18214	1764.86	18210	3100.66
D	131	8.27	47.10	24.72	38.83	13.19
P	131	3.20	69.00	22.90	65.8	16.13

Dónde: n = tamaño de muestra, Mín = valor mínimo, Máx = valor máximo, STD = desviación estándar, CV = coeficiente de variación.

Tabla 4. Resumen de los resultados estadísticos de los modelos lineales.

Especie	Parámetro	Error			R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> -adj	EEE	P>F
		estándar	t	P>t				
De variable combinada	$\beta_0 = -1075.277$	182.069	-5.906	0.0001	0.784	0.783	1445.6490	<0.0001
	$\beta_1 = 5.174$	0.239	21.657	0.0001				
Múltiple	$\beta_0 = -3487.555$	474.143	-7.355	0.0001	0.572	.566	2043.6503	<0.0001
	$\beta_1 = 90.884$	13.631	6.667	0.0001				
	$\beta_2 = 131.206$	11.146	11.772	0.0001				
Múltiple con variable combinada	$\beta_0 = 803.929$	439.471	1.829	0.070	0.825	.821	1312.3781	<0.0001
	$\beta_1 = -80.402$	15.382	-5.227	0.0001				
	$\beta_2 = -42.125$	14.665	-2.873	0.005				
	$\beta_3 = 7.130$	0.527	13.542	0.0001				

Donde t=valor de t, P>t= probabilidad de t, R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación normal, R<sup>2</sup>-adj= Coeficiente de determinación ajustado, EEE= error estándar de la estimación y P>F= Probabilidad en F.

Tabla 5. Resumen de los resultados estadísticos de los modelos no lineales.

Modelos	Parámetro	Error				R <sup>2</sup> -pse	P>F	LIM.	LIM.
		estándar	SCE	CME	INF.			SUP.	
Schumacher	$\beta_0 = 0.089$	0.044					0.002	0.177	
	$\beta_1 = 1.366$	0.099	1.8432E8	1439999	0.853	<0.0001	1.1	1.563	
	$\beta_2 = 1.674$	0.088					1.5	1.847	
Logarítmica con intercepto	$\beta_0 = 61.07$	182.62					-300.3	422.45	
	$\beta_1 = .074$	0.57	184152351	1450018	0.853	<0.0001	-0.039	0.187	
	$\beta_2 = 1.391$	0.12					1.152	1.629	
	$\beta_3 = 1.697$	0.12					1.458	1.936	
Variable combinada	$\beta_0 = 0.60$	0.031	191201201	1482179	0.847	<0.0001	-0.001	0.121	
	$\beta_1 = 1.577$	0.067					1.444	1.710	

Dónde: SCE=Suma de cuadrados del error, CME= Cuadrado medio del error, R<sup>2</sup>-pse= Pseudo R<sup>2</sup>, EEE= error estándar de la estimación y P>F= Probabilidad en F.

Tabla 6. Tabla de estimación de valores predichos para escurrimiento fustal (mL) a partir de la variable diámetro (DN) y precipitación (P).

EF (mm)	P (mm)																				
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	
DN (cm)	5	5.0	16.1	31.7	51.4	74.6	101.3	131.1	163.9	199.7	238.2	279.4	323.2	369.5	418.3	469.5	523.1	579.0	637.1	697.5	760.0
	7.5	8.8	28.0	55.2	89.4	129.9	176.2	228.1	285.2	347.4	414.4	486.1	562.3	642.9	727.9	817.0	910.2	1007.4	1108.5	1213.6	1322.4
	10	13.0	41.5	81.8	132.4	192.4	261.0	337.9	422.5	514.6	613.9	720.1	833.0	952.4	1078.2	1210.2	1348.3	1492.3	1642.2	1797.7	1958.9
	12.5	17.6	56.3	111.0	179.6	260.9	354.1	458.3	573.1	698.0	832.7	976.7	1129.8	1291.8	1462.5	1641.5	1828.8	2024.1	2227.4	2438.4	2657.0
	15	22.6	72.2	142.3	230.4	334.7	454.2	587.9	735.2	895.4	1068.1	1252.9	1449.4	1657.2	1876.1	2105.8	2346.0	2596.6	2857.3	3128.0	3408.4
	17.5	27.9	89.1	175.7	284.4	413.2	560.7	725.7	907.5	1105.3	1318.5	1546.6	1789.1	2045.6	2315.8	2599.3	2895.9	3205.2	3527.0	3861.1	4207.3
	20	33.5	107.0	210.9	341.3	495.9	672.9	870.9	1089.1	1326.5	1582.3	1856.0	2147.1	2454.9	2779.2	3119.4	3475.3	3846.5	4232.8	4633.7	5049.2
	22.5	39.4	125.6	247.7	400.9	582.4	790.3	1023.0	1279.2	1558.0	1858.5	2180.0	2521.9	2883.5	3264.3	3663.9	4082.0	4518.0	4971.6	5442.6	5930.6
	25	45.5	145.1	286.0	462.9	672.6	912.6	1181.3	1477.2	1799.2	2146.2	2517.5	2912.2	3329.8	3769.6	4231.1	4713.8	5217.3	5741.2	6285.1	6848.6
	27.5	51.8	165.3	325.8	527.3	766.1	1039.5	1345.6	1682.6	2049.4	2444.7	2867.5	3317.2	3792.8	4293.8	4819.4	5369.3	5942.8	6539.5	7159.0	7800.9
	30	58.3	186.1	366.9	593.9	862.8	1170.7	1515.4	1895.0	2308.0	2753.2	3229.5	3735.8	4271.5	4835.7	5427.7	6046.9	6692.8	7364.9	8062.5	8785.4
	32.5	65.1	207.6	409.3	662.5	962.5	1306.0	1690.5	2114.0	2574.7	3071.3	3602.6	4167.5	4765.0	5394.4	6054.8	6745.6	7466.1	8215.8	8994.1	9800.5
	35	72.0	229.7	452.9	733.1	1065.0	1445.2	1870.6	2339.2	2849.0	3398.5	3986.4	4611.4	5272.7	5969.1	6699.8	7464.2	8261.5	9091.1	9952.3	10844.6
	37.5	79.1	252.4	497.6	805.5	1170.3	1588.0	2055.5	2570.3	3130.5	3734.4	4380.4	5067.2	5793.7	6559.0	7362.0	8201.9	9078.0	9989.5	10935.8	11916.3
	40	86.4	275.7	543.5	879.7	1278.1	1734.3	2244.9	2807.2	3419.1	4078.5	4784.1	5534.2	6327.7	7163.5	8040.5	8957.8	9914.6	10910.2	11943.7	13014.5
	42.5	93.9	299.5	590.4	955.7	1388.5	1884.1	2438.7	3049.6	3714.3	4430.7	5197.1	6012.0	6874.0	7782.0	8734.7	9731.2	10770.6	11852.1	12974.9	14138.2
	45	101.5	323.8	638.4	1033.3	1501.3	2037.1	2636.8	3297.3	4015.9	4790.5	5619.2	6500.2	7432.3	8413.9	9444.0	10521.5	11645.3	12814.6	14028.6	15286.3
47.5	109.3	348.6	687.3	1112.5	1616.3	2193.2	2838.9	3550.0	4323.7	5157.7	6049.9	6998.5	8001.9	9058.8	10167.9	11327.9	12537.9	13796.9	15103.9	16458.1	
50	117.2	373.9	737.2	1193.3	1733.6	2352.4	3044.9	3807.6	4637.5	5532.0	6489.0	7506.4	8582.7	9716.3	10905.9	12150.1	13447.9	14798.2	16200.1	17652.6	

**AGRADECIMIENTOS**

Se agradece el apoyo económico del IPN mediante los proyectos SIP 2014-4646, 2015-1230 y 2016-0386. Un agradecimiento y crédito al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y al CONACYT por el apoyo a mis estudios de Doctorado, lo que permitió el desarrollo de esta investigación.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

André, F., J Mathieu, Q. Ponette. 2008. Effects of biological and meteorological factors on stemflow chemistry within a temperate mixed Oak-beech stand. Science of the Total Environment 393: 72-83.

Balvanera, P., H. Cotler. 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. En Capital Natural de Mexico: Estado de conservación y tendencias de cambio. Volumen II. CONABIO, México, 185–245.

- Draper, N. R., H. Smith. 1998. Applied Regression Analysis. Jhon Wiley & Sons. New York.
- Belmonte, S. F. y R. D. Asunción. 2013. Estudios de interceptación de la lluvia en España. Instituto Euromediterráneo del Agua, España.
- Chang, M. 2006. Forest Hydrology: An Introduction to Water and Forests. Taylor & Francis, Texas, USA.
- Charles, C. M. F. 1998. Medición y estimación de los componentes de la interceptación en cuatro comunidades representativas del nordeste de México. Tesis de posgrado. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Flores, A. E., G. V. De la Cruz, G. G. H. Terrazas, A. F. Carrillo, G. F. Islas, M. Acosta Mireles, R. E. Buendía. 2016. Interceptación de lluvia en bosques de montaña en la cuenca del río Texcoco, México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 7: 65–76.
- Gómez, F., M. Tarabini, C. G. Buduba, L. L. Manna. 2015. Distribución de la precipitación en un bosque de pino radiata con manejo silvopastoril vs. forestal tradicional. Memorias del 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles y VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales Distribución. Iguazú, Misiones, Argentina, pp. 518–521.
- Levia, D. F., S. R. Herwitz. 2005. Interspecific variation of bark water storage capacity of three deciduous tree species in relation to stemflow yield and solute flux to forest soils. Catena 64: 117-137.
- Manfroi, O., K. Koichiro, T. Nobuaki, S. Masakazu, M. Nakagawa, T. Nakashizuka, L. Chong. 2004. The stemflow of trees in a Bornean lowland tropical forest. Hydrological Processes 18: 2455-247.
- Romero, D. A. 2013. Prefacio: revisión de los estudios de interceptación en España. En: Estudios de Interceptación de la Lluvia en España. Instituto Euromediterráneo del Agua, España, 15-46.
- Santa, R. I., J. F. Gallardo, C. San Miguel, A. Moyano. 1989. Interceptación, pluviolavado y escorrentía cortical en una plantación de Pinus sylvestris de la Cuenca de Candelario (centro-oeste de España). Bosque 10: 19–27.
- Trujillo R. 2010. Programa de manejo forestal del P.P. Molinillos Lotes 2, 3, 4, 5 y 6, Mpio. de Durango. México. Memoria. Consultoría Forestal, México.

## DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE METANOL, EXTRACTO SECO Y ACIDEZ TOTAL EN MEZCAL DURANTE EL PROCESO DE RECTIFICADO

Gildardo Orea Lara<sup>1</sup>, Armando Cifuentes Díaz De León<sup>1</sup>, Vicente Hernández Vargas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional - Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN-Durango). Sigma 119, Fracc. 20 de Noviembre II, Durango, Dgo. Correo electrónico: Gildardo222@hotmail.com.  
Becarios COFAA

### RESUMEN

La producción de mezcal en el sureste del estado de Durango representa una actividad económicamente importante. En los últimos años se inició la industrialización de la producción de mezcal, sin embargo, el contenido de metanol ha dificultado cumplir con la NOM-070-SCFI-1994. El muestreo se realizó en la planta mezcalera de Nombre de Dios Durango. Se utilizó un mezcal ordinario a una concentración de 22% Alc. Vol., para su rectificación. Las muestras se tomaron en la salida de la columna de enfriamiento de un alambique de 3000 L de volumen. La primera muestra se tomó a los 30 minutos después de iniciada la destilación, posteriormente cada hora, hasta obtener un total de seis muestras. Las muestras se analizaron en laboratorio del Biotecnología y Alimentos del CIIDIR-IPN Durango. La determinación de metanol se realizó de acuerdo con el método químico propuesto por la norma NMX-V-005-NORMEX-2005. La primera muestra tuvo una concentración de etanol de 68% Alc. Vol. y de metanol 167.75 mg/100 mL alcohol anhidro, mientras que la última fue 36 % Alc. Vol., de etanol y 329.77 mg/100 mL alcohol anhidro de metanol. A medida que el tiempo transcurrió la concentración de metanol en las muestras se incrementó en un promedio de 3.49% durante las primeras cuatro horas de destilación, en la quinta hora se observa un incremento de un 34.48% respecto a las primeras cuatro horas de destilado, para que finalmente la concentración se redujo a un 13.32% a la sexta hora que corresponde al final de la destilación, por lo que se concluye que la presencia de metanol es en todo el destilado, aumentado su concentración después de la cuarta hora de destilación. Respecto a las concentraciones encontradas de extracto seco fue de 0.012 (g/dm<sup>3</sup>) y de la acidez total 60.00 (mg de ácido acético/100 mL alcohol anhidro, durante las primeras cuatro de rectificado, muestran que son inferiores a los parámetros exigidos por la NOM-070SCFI-1994, -Bebidas Alcohólicas-Mezcal.

### ABSTRACT

The production of mezcal in the southeast of the state of Durango represents an economically important activity. In recent years began the industrialization of mezcal production, however, the methanol content has made it difficult to comply with NOM-070-SCFI-1994. The sample was made in the mezcal plant of Nombre de Dios Durango. An ordinary mezcal was used at a concentration of 22% Alc. Vol., for rectification. The samples were taken at the outlet of the cooling column of a still of 3000 L volume. The first sample was taken at 30 minutes after the start of the distillation, then every hour, until a total of six samples were obtained. The samples were analyzed in the Biotechnology and Food Laboratory of CIIDIR-IPN, Durango. The determination of methanol was carried by the chemical method proposed by the NMX-V-005-NORMEX-2005. The first sample had an ethanol concentration of 68% Alc. Vol. and methanol 167.75 mg / 100 mL anhydrous alcohol, while the last was 36% Alc. Vol., of ethanol and 329.77 mg / 100 mL anhydrous alcohol of methanol. As the time elapsed the concentration of methanol in the samples increased by an average of 3.49% during the first four hours of

### PALABRAS CLAVE:

Calidad; perfil; concentración; destilado.

### KEY WORDS:

Quality; profile; concentration; distillate.

distillation, in the fifth hour an increase of 34.48% was observed with respect to the first four hours of distillation, so that finally the concentration was reduced to 13.32% at the sixth hour corresponding to the end of the distillation, so it is concluded that the presence of methanol is in the whole distillate, increasing its concentration after the fourth hour of distillation. Regarding the concentrations found of dry extract was of 0.012 (g / dm<sup>3</sup>) and of the total acidity 60.00 (mg of acetic acid / 100 mL) anhydrous alcohol, during the first four grinding, show that they are inferior to the parameters demanded by the NOM-070SCFI-1994-Bebidas Alcohólicas-Mezcal.

## INTRODUCCIÓN

La industria mezcalera en el estado de Durango representa una actividad económica importante para el desarrollo de comunidades de las zonas áridas y semiáridas del sureste del estado de Durango. En los últimos años la industria mezcalera se ha desarrollado gracias a la industrialización de la producción, mediante el establecimiento de dos plantas productoras de mezcal. El mezcal es una bebida que se produce a partir de la destilación de los jugos fermentados provenientes de los tallos o piñas del agave después de la cocción, por lo tanto, es un proceso que requiere ciertas medidas de control en cuanto a los tiempos de rectificación, debido a que durante el proceso de producción se forman diversos compuestos (Prado, 2004). La calidad del mezcal es una mezcla compleja de características, donde intervienen principalmente su aroma y su sabor. El mezcal no solo contiene etanol si no otros componentes volátiles como el metanol, alcoholes superiores, ésteres, ácidos, furanos, terpenos cetonas ácido acético, aldehídos, ácido láctico, entre otros, que se derivan de la fermentación y contribuyen a las características sensoriales propias del mezcal (López, 1999).

Diversas bebidas alcohólicas regionales obtenidas a partir del agave como la raicilla, sisal, tequila, mezcal, bacanora, sotol y el pulque, fueron analizadas para determinar el número de compuestos que contenían utilizando cromatografía de gases-espectrometría de masas (HS-SPME-GC-MS), encontrando 105 compuestos de éstos, once se clasificaron como componentes principales y el resto como compuestos de menor importancia. Así mismo se consideró que diecisiete compuestos minoritarios podrían ser utilizados como autenticidad de marcadores ya que eran bebidas específicas. El análisis de conglomerados mostró que el mezcal como bebida alcohólica podrían ser identificados mediante un análisis multivariado de componentes principales, sin embargo, el análisis de los compuestos minoritarios siempre deja una huella más (De León *et al.*, 2008). Los factores de mayor importancia que afectan el gusto y la calidad de las bebidas alcohólicas obtenidas de agave es su contenido de etanol, aldehídos,

ésteres, alcoholes superiores y metanol, por lo que su cuantificación es necesaria para mantener la calidad de dicho producto conforme a lo establecido en las especificaciones de las normas nacionales e internacionales (NOM-070-SCFI-1994). Vera (2004), encontró que el metanol está presente a lo largo de la destilación y rectificación, mientras que Prado *et al.* (2005), en estudios realizados en tequila, reporta el mismo comportamiento del metanol a lo largo de la destilación y rectificación. Jiménez (2011), al utilizar baja temperatura de destilación (64.5°C), para que el metanol se comportara como un producto de puntas (cabeza y cola) observó que estuvo presente en toda la etapa de destilación, posiblemente debido a que el metanol es un compuesto orgánico muy polar, altamente soluble en agua y a falta de un control de la temperatura del alambique, encontrando una concentración inicial y final en la destilación de 551.6 y 5.4 mg/L respectivamente, por lo que concluye que la variedad de procesos influye directamente en la concentración de aromáticos en el mezcal, principalmente en los compuestos mayoritarios, como alcoholes superiores y metanol que son tóxicos en altas concentraciones. La mayoría de los productores de mezcal en el sureste de Durango, tienen por norma empírica que la mayor concentración de metanol se presenta al inicio de la destilación y separan del 0.5 al 1% del mezcal rectificado, es decir, de 3000 L de mezcal ordinario separan al inicio del rectificado entre 15 y 30 L de mezcal de punta; sin embargo con el objetivo de cumplir con la norma han llegado a separar entre 50 y 100 L, con resultados desfavorables que no les ha permitido cumplir con la norma y tener pérdidas considerables de producto. En la producción de mezcal de la planta mezcalera de Nombre de Dios, la principal limitante es el contenido de metanol del mezcal después del proceso de rectificación, que permita cumplir con la NOM-070-SCFI-1994 y maximizar la obtención de mezcal de alta calidad. De ahí que en el presente trabajo pretende determinar la variación del contenido de metanol, extracto seco y acidez total en mezcal durante el proceso de rectificado.

## METODOLOGÍA

Para la obtención de las muestras se contó con el apoyo de la Planta Mezcalera de Nombre de Dios, Durango. Se utilizó un alambique de una capacidad de 3000 litros para el rectificado. Se utilizó un mezcal ordinario (1ra destilación), con concentración de 22% Alc. Vol. de donde se inició la toma de muestras. Para evitar contaminaciones por el alambique de otros componentes (agua, mezcal residual de otras destilaciones), la primera muestra se tomó una vez transcurrido 30 minutos del inicio del destilado o rectificado; posteriormente cada hora hasta que la concentración del destilado llegó a los 35% Alc. Vol. del mezcal rectificado. A cada muestra se le determinó el contenido de etanol por volumetría utilizando un alcoholímetro TOM ROBSAN, con una graduación de 0-100° Gay-Lussac. Debido a la variación del contenido alcohólico por temperatura, todas las muestras se mantuvieron a una temperatura de 20°C utilizando un termómetro Brannan con una escala de 0-100 °C. El contenido de metanol se realizó mediante el método por vía húmeda propuesto por la NMX-V-005-NORMEX-2005, para bebidas alcohólicas destiladas. La determinación de extracto seco se utilizó la metodología propuesta por la NMX-V-017-NORMEX-2005, y la acidez fue determinada por la metodología NMX-V-015-NORMEX-2006. Norma de bebidas alcohólicas destiladas. Los datos obtenidos se compararon con lo estipulado por la NORMA Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los análisis de las muestras de mezcal que fueron tomadas a los diferentes tiempos durante el proceso de rectificación se muestran en la Tabla 1, se observa que la concentración de metanol presentó una variación que va desde los 167.75 (mg/100 mL alcohol anhidro) al inicio del rectificado hasta 329.77 (mg/100 mL alcohol anhidro) al final del proceso. Se observa que durante las primeras cuatro horas de iniciado el destilado la concentración del metanol mostró incrementos en su concentración en promedio de un 3.92% por cada hora, mientras que a partir de la cuarta hora de rectificado la concentración de metanol en el destilado se incrementó en un 30.48%, para que finalmente disminuya a un 13.32% a las seis horas después de iniciada la rectificación, correspondiendo al final de la destilación

En la Figura 1 se puede apreciar que la mayor concentración de metanol no es obtenida al inicio del rectificado, debido a que muestra una tendencia de mantener su concentración entre los 167.75 y 197.27 (mg/100 mL alcohol anhidro), concentración suficiente para cumplir con las regulaciones que exige la norma; sin

embargo, a partir de la cuarta hora de iniciado el destilado, la concentración del metanol incrementa considerablemente su concentración (30.48%) y aún cuando la concentración de metanol tiende a disminuir en el destilado (13.32%), la concentración que alcanza en el depósito de almacenamiento del mezcal rectificado es superior a la permitida por la norma. El comportamiento del metanol durante el rectificado coincide con lo señalado por Jiménez (2011) que su presencia se encuentra en toda la etapa de destilación, posiblemente se deba a que el metanol es un compuesto orgánico muy polar, altamente soluble en agua, lo que dificulta en el destilado su comportamiento como un producto de puntas (puntas y colas), aun cuando se utilice bajo punto de ebullición (64.5 C). La baja concentración de metanol al inicio del rectificado y su incremento después la mitad del proceso de destilado son similares a los encontrados por Prado (2004) y Rodríguez (2012), no obstante es importante determinar en qué momento debe realizarse el corte del rectificado, tal como lo señala Prado (2005), para evitar pérdida de compuestos orgánicos que le den sabor al mezcal y evitar aquellos que den un sabor amargoso, turbidez o que sus concentraciones no permitan cumplir con la norma.

De acuerdo a la norma NOM-070-SCFI-1994-Bebidas Alcohólicas-Mezcal, el contenido de metanol permitido, no debe de ser superior a los 300 mg/100 ml alcohol anhidro y tampoco inferior a los 30 mg/100 mL de alcohol anhidro, para la mayoría de los análisis realizados se encontró que si cumplen con la norma NOM-070-SCFI-1994 Bebidas Alcohólicas-Mezcal a excepción de la muestra 6, que superan el rango permitido por lo que puede considerarse que el mezcal que se está obteniendo cumple con el estándar de calidad que la norma exige.

En cuanto al contenido de extracto seco los muestreos realizados durante la rectificación, presentaron una variación del 0.01 g/L a 0.02 g/L (Tabla 1). Así mismo se observa que al inicio del muestreo, los contenidos del extracto seco es más altos y hay una tendencia a disminuir y permanecer constante hasta cuando el contenido alcohólico del destilado llega a los 50% Alc. Vol. donde se existe una tendencia ligera a incrementarse, posiblemente a consecuencia de un incremento en la temperatura del destilado y al arrastre de ceras y algunos sólidos del mosto, sin embargo, no existe problema debido a que el destilado al llegar a los 45% Alc. Vol. es enviado a los depósitos de mezcal ordinario. Las variaciones ligeras que se muestran durante el proceso de rectificación (Figura 2), pueden deberse a que con frecuencia se presentan reflujos en el destilador cuando la concentración de etanol es inferior al 50%, que por lo general van acompañado de sólidos que son arrastrados desde el

mosto. Finalmente se observa que los contenidos de extracto seco, se encuentran por debajo de las concentraciones que exige la norma NOM070-SCFI-1994-Bebidas Alcohólicas-Mezcal., la cual permite una variación desde 0 hasta 5 g/L, por lo que se dispone un amplio rango para cumplirla.

Respecto a la acidez, se encontró una variación desde 32.72 mg ácido acético/100 mL alcohol anhidro, hasta 181.71 mg ácido acético/100 mL alcohol anhidro (Tabla 1). Estos cambios pueden observarse claramente en la Figura 3, lo que permite inferir que la acidez total durante el proceso de rectificado presenta ligeros incrementos en promedio del 23%, durante las primeras cinco horas de destilado y aumentando su acidez en un 43% en la sexta hora del proceso, coincidiendo con la concentración del destilado que en esta etapa del proceso es de 45% Alc. Vol., que por lo general es cuando se realiza el corte para separar el producto (mezcal) de las colas. Por tanto, la mayoría de los muestreos realizados, a excepción de la muestra seis, caen dentro de la norma NOM-070SCFI-1994-Bebidas Alcohólicas-Mezcal, debido a que su variación no supera los 170 mg de ácido acético/100 mL alcohol anhidro.

## CONCLUSIONES

Los cambios encontrados en el metanol, extracto seco y la acidez en el proceso de rectificado muestran que existe una tendencia a que el mayor contenido se presenta en la etapa final del proceso de rectificado del mezcal o cuando el destilado empieza a disminuir de 50 a 40% Alc. Vol. La concentración de metanol en las muestras se incrementó en un promedio de 3.49% durante las primeras cuatro horas de rectificado, en la siguiente hora el incremento fue de un 34.48% para que finalmente se redujo a un 13.32% a la sexta hora, por lo tanto, la presencia de metanol es constante en todo el proceso de destilado, presentando el mayor incremento de su concentración después de la cuarta hora de iniciado el destilado. Las concentraciones encontradas de metanol, extracto seco y la acidez en el proceso de rectificado muestran que durante las primeras cuatro horas de rectificado son inferiores a los parámetros exigidos por la NOM-070SCFI-1994,-Bebidas Alcohólicas-Mezcal. Es necesario determinar en qué momento debe realizar el corte del rectificado (puntas, producto y colas), para evitar pérdida de compuestos orgánicos que le den sabor al mezcal y evitar aquellos que den un sabor amargoso, turbidez o que sus concentraciones no permitan cumplir con la norma.

Tabla 1. Contenido de grado alcohólico, metanol, extracto seco y acidez total en los diferentes tiempos de rectificado del mezcal.

No. De muestra	Tiempo de Rectificado (hr)	% Alc. Vol. a 20°C	Metanol (mg/100 mL alcohol anhidro) método químico	Extracto seco (g/dm <sup>3</sup> )	Acidez total (mg de ácido acético/100 mL alcohol anhidro)
1	1	68	167.75	0.020	32.72
2	2	64	183.37	0.010	41.05
3	3	55	192.29	0.010	49.89
4	4	50	197.27	0.012	600.00
5	5	40	285.83	0.012	98.58
6	6	36	329.77	0.013	181.71

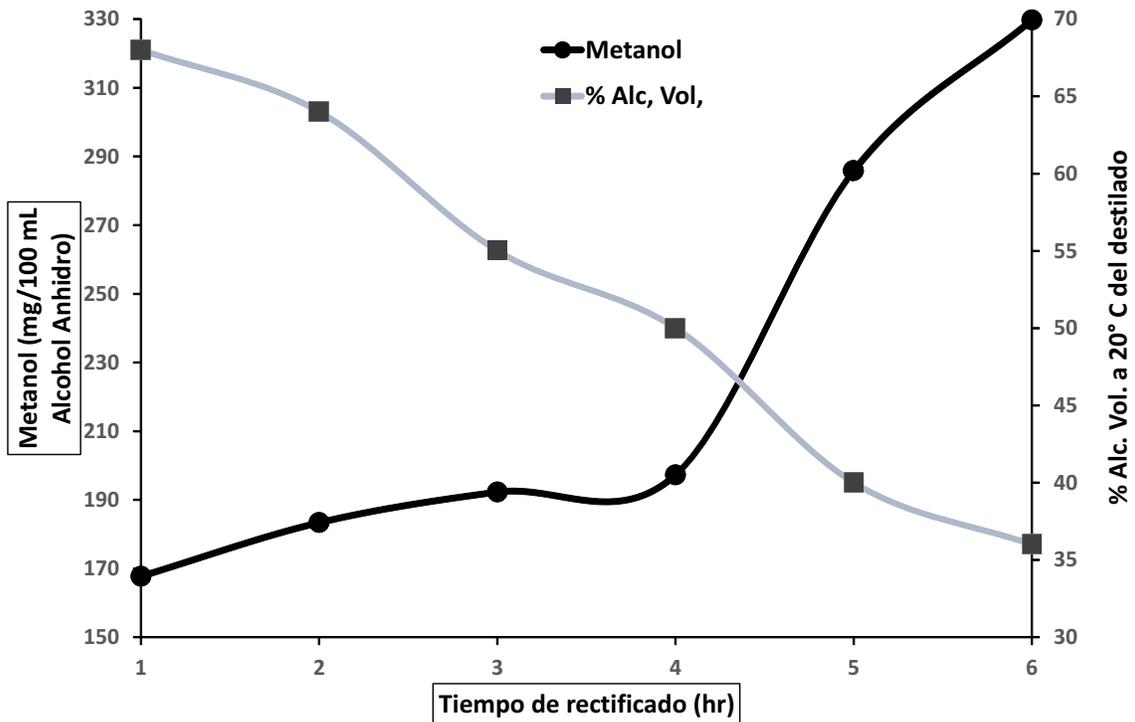


Figura 1. Contenido de metanol en mezcal durante el proceso de rectificado.

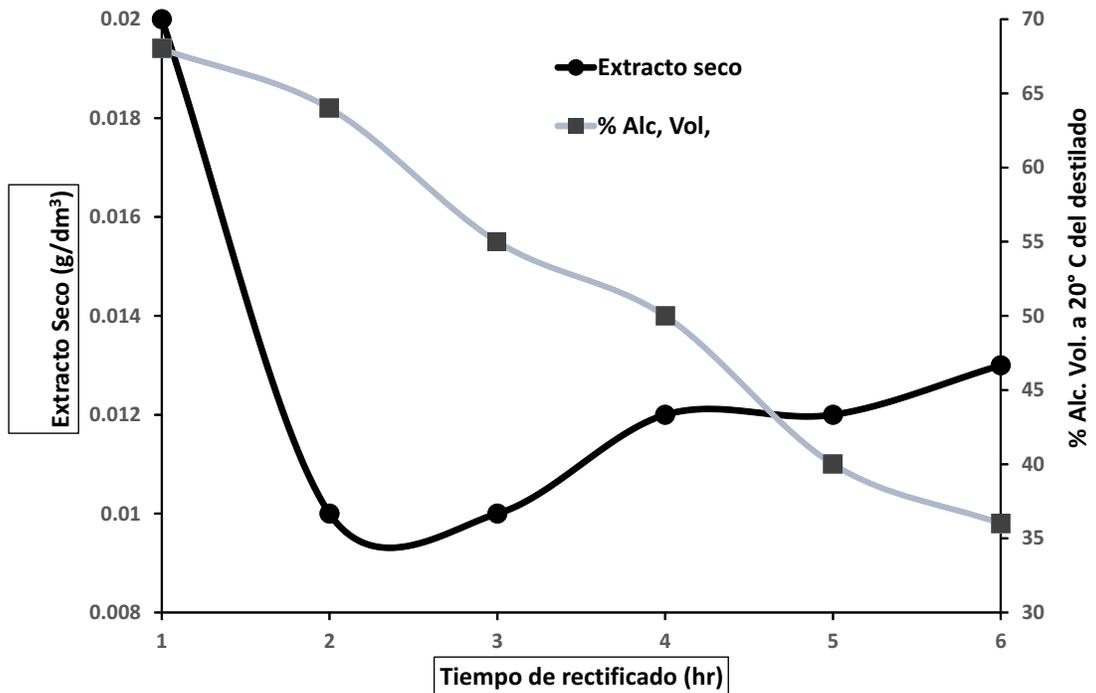


Figura 2. Variación del extracto seco durante el rectificado.

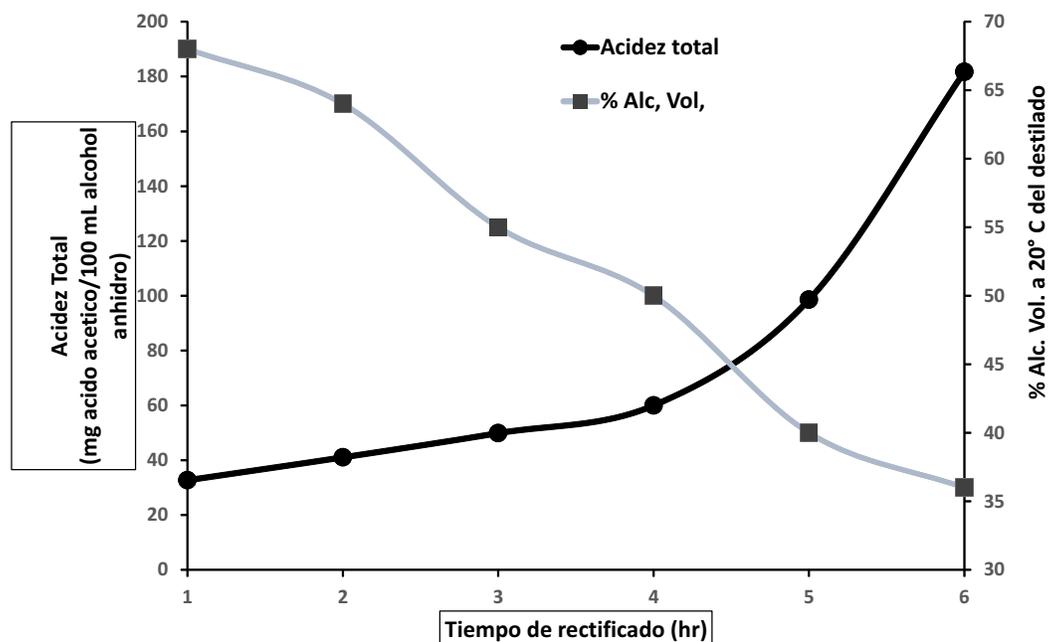


Figura 3. Incremento de la acidez total del mezcal.

**BIBLIOGRAFÍA**

- De-León, R. A. Escalante, M. P. Jiménez, G. M. I. Ordoñez, A. L. G. Flores, F. J. L. Barba, R. A. P. (2008). Characterization of Volatile Compounds from Ethnic Agave Alcoholic Beverages by Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *Food Technology and Biotechnology*. 46: 448–455.
- Jiménez, M. J. 2011. Cuantificación de compuestos volátiles de los destilados procedentes del proceso de elaboración del mezcal. Primer Congreso de Innovación Tecnológica en Electromecánica, Computación y Negocios. Tulancingo, Hidalgo, México.
- López, G. M. 1999. Tequila Aroma. In: Flavor Chemistry of Ethnic Foods, F. Shahidi, C.T. Ho (Eds.), Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, USA. pp. 211–217.
- NMX-V-015-NORMEX-2006 Bebidas alcohólicas-determinación de acidez total, acidez fija y acidez volátil. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.
- NMX-V-017-S-2005. Bebidas alcohólicas. determinación de extracto seco y cenizas. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.
- NOM-070-SCFI-1994. Norma oficial mexicana bebidas alcohólicas. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.
- Prado, R. R. 2004. Ciencia y tecnología del tequila, avances y perspectivas. CIATEJ. Guadalajara, Jalisco. México. 148
- Prado, R. R. González, V. V. Ortiz, C. P. Casillas, N. Gómez, H. E. 2005. The role of distillation on the quality of tequila. *International J. of Food Science & Technology*. Volumen 40, Number 7: 701-708.
- Rodríguez, M. E. 2012. Contenido de metanol a diferentes tiempos de rectificado de mezcal, en Nombre de Dios, Durango. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico de Durango. Durango, México.
- Vera-Guzmán, A.M., 2004. Principales compuestos volátiles del mezcal de *Agave angustifolia* Haw y *Agave potatorum* Zucc del estado de Oaxaca. Tesis de Maestría en Ingeniería Bioquímica.

## PERCEPCIÓN Y CONSUMO DE PRODUCTOS NATURALES ANTIOXIDANTES EN LA CIUDAD DE DURANGO, MÉXICO

Imelda Rosas Medina<sup>1,3</sup>, Néstor Naranjo Jiménez<sup>2,3</sup>, Aurelio Colmenero Robles<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Secretaría de Investigación y Posgrado

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango. <sup>3</sup>Becarios COFAA

Correo electrónico: imelros@hotmail.com

### RESUMEN

Las plantas y hongos sintetizan biocompuestos o fitoquímicos, tales como fitoestrógenos, terpenoides, carotenoides, limonoides, fitoesteroles, glucosinolatos, y polifenoles. El interés por estos compuestos como antioxidantes, antidiabéticos, y estimulantes naturales de la salud ha ido en aumento, debido a que representan una alternativa saludable y económica en relación a los productos sintéticos, los cuales se consideran tóxicos y carcinogénicos. Por ello, el presente trabajo se realizó con el objetivo de conocer la percepción, conocimiento, y consumo de productos naturales antioxidantes en la población de la ciudad de Durango, México. Se diseñó una encuesta con 10 preguntas cerradas y una abierta y se aplicaron al azar en varias partes de la ciudad de Durango. Se determinó el alfa de Crombach, el cual fue de 0.903, indicando que la encuesta se podía considerar como un instrumento homogéneo y confiable. Los resultados indicaron que la percepción y conocimiento sobre los productos naturales en esa ciudad es importante y por lo mismo la intención de consumo fue alta entre la población.

### ABSTRACT

Plants and fungi synthesize biocompounds or phytochemicals, such as phytoestrogens, terpenoids, carotenoids, limonoids, phytosterols, glucosinolates, and polyphenols. The interest in these compounds as antioxidants, antidiabetics, and natural strengthening of health has increased, because they represent a healthy and economic alternative to synthetic products, which are considered toxic and carcinogenic. Therefore, the present study was carried out with the aim of knowing the perception, knowledge, and consumption of natural antioxidant products in the population of Durango City, Mexico. We designed the survey with 10 closed questions and one open and was randomly applied in several parts of the city. The Crombach alpha value was determined, which was 0.903, indicating that the survey was a homogenous and reliable tool. The results indicated that the perception and knowledge about natural products in the city is important and therefore the intention of consumption was high.

### INTRODUCCIÓN

Las plantas y hongos contienen biocompuestos o fitoquímicos que pueden contribuir a incrementar la salud y la alimentación humana. Estos compuestos bioactivos incluyen fitoestrógenos, terpenoides, carotenoides, limonoides, fitoesteroles, glucosinolatos y polifenoles, entre otros. Durante las últimas décadas, se han analizado sus propiedades antioxidantes mediante estudios "in vitro" e "in vivo". Un antioxidante dietético es una sustancia que forma parte de los alimentos de consumo cotidiano y que puede prevenir los efectos adversos de especies reactivas sobre las funciones fisiológicas normales de los humanos (Patthamakanokporn *et al.*, 2008). Entre los antioxidantes hay varias familias de principios activos como los polifenoles y los fitoestrógenos.

### PALABRAS CLAVE:

Antioxidantes, nutracéuticos, fitoquímicos.

### KEY WORDS:

Antioxidants, nutraceuticals, phytochemicals.

Entre los primeros se encuentran los flavonoides y los taninos, ampliamente estudiados. De acuerdo con Núñez (2011), se han estudiado alrededor de 100 enfermedades y su relación con el desbalance del sistema oxidativo, entre otras: cardiovasculares, cáncer, gástricas, respiratorias, neurológicas, y del sistema endocrino. Entre éstas, las de tipo cardiovascular tienen amplia evidencia. Entre los productos más consumidos que contienen antioxidantes están aquellos con vitamina E: aguacate, aceite de oliva, arroz integral, y frutas secas; con vitamina C: acelgas, tomates (licopeno), todos los cítricos (limón, naranja, mandarina), además kiwi, fresa, y guayaba; con  $\beta$ -caroteno: zanahoria, espinacas, mango, y melón; con flavonoides: té verde, vino, manzana, y peras. Además hay antioxidantes en el ajo, cebolla, ginko, avena, sauco, hierbabuena, menta, albaca, jamaica, chaya, calabacita, betabel, y verdolagas.

La industria de los alimentos ha formulado bebidas nutracéuticas a partir de flavonoides de cítricos, frutas de color amarillo (guayaba, ciruelas, mango), y uvas rojas y blancas que contienen carotenos y antocianinas que actúan como antioxidantes. La industria alimenticia a nivel mundial ha realizado formulaciones de productos con polifenoles con fines preventivos y terapéuticos para distintas enfermedades crónico-degenerativas presentes en las poblaciones humanas y con ello ha generado fuertes ganancias económicas. En países como India y China gracias a su milenaria tradición en el conocimiento herbolario, se realizan múltiples ensayos bioquímicos para el redescubrimiento de las propiedades de polifenoles.

El interés por esos compuestos como fuente de antioxidantes y antidiabéticos naturales ha ido en aumento, debido a que representan una alternativa más saludable y económica que los productos sintéticos, los cuales se consideran tóxicos y carcinogénicos (Krishnaiah *et al.*, 2011). Para aprovechar todo el potencial de propiedades biológicas de los fitoquímicos es necesario realizar estudios sobre la biodiversidad y distribución de esos compuestos en los diferentes tejidos vegetales de las especies de plantas silvestres y cultivadas. Por su abundancia, diversidad, e importancia económica, sobresalen en México las familias Agavaceae, Leguminosae, y Solanaceae. En esas tres familias se encuentran incluidas especies silvestres y cultivadas que pueden ser fuentes importantes de compuestos bioactivos (Eick, 2008; Almaraz-Abarca *et al.*, 2013; Dinelli *et al.*, 2006). Por lo anterior se propuso el siguiente objetivo, conocer la percepción y conocimiento y consumo de productos naturales antioxidantes en la población de la ciudad de Durango, México.

## METODOLOGÍA

Para conocer la percepción y consumo de productos naturales antioxidantes por los habitantes de la ciudad de Durango, se diseñó la encuesta con 10 preguntas cerradas o de opción múltiple y una abierta, el tamaño de muestra se calculó considerando una población de 582 267 habitantes del municipio de Durango y con un rango de edades de 17 a 75 años de ambos sexos estimando una población económicamente activa a partir de datos del Anuario estadístico del INEGI 2015, para lo cual se usó la fórmula siguiente:

$$\text{Tamaño de muestra} = \frac{N k^2 p q}{(e^2 (N-1) + k^2 p q)}$$

Donde:

N = tamaño de población

k = 1.96 para  $\alpha=0.05$  y 2.58 para un  $\alpha=0.01$

P = prevalencia esperada del parámetro a evaluar en caso de conocerse, aplicar la opción más desfavorable ( $p = 0.5$ ) que hace mayor el tamaño de muestra.

q = 1-p

e = error que se prevé cometer = 0.1 (para un  $\alpha=0.05$ )

El nivel de confianza fue de 95% (0.05,  $k = 1.96$ ), con una precisión suficiente del 10% (error  $e = 0.01$ ). El tamaño de muestra fue de 96 y se aplicaron igual número de encuestas al azar, en varias partes de la ciudad de Durango.

## RESULTADOS

Al analizar las encuestas se determinó el valor Alfa de Crombach, el cual fue 0.903, lo que indicó que la encuesta fue un instrumento homogéneo y confiable.

Del total de encuestados, 51% fueron del sexo masculino, 49% del género femenino, con un rango de edades de 17 a 75 años. La preparación escolar fue un factor que influyó en la percepción sobre los antioxidantes y sus implicaciones en la salud. Los entrevistados con posgrado manifestaron 100% de interés en consumir productos naturales que pudieran existir en el mercado local, que tuvieran cualidades antioxidantes y nutracéuticas. El porcentaje en personas con menos estudios, como secundaria, educación media superior y licenciatura, fueron más bajos, 73%, 85%, y 82% respectivamente (Figura 1). Estos resultados muestran una tendencia de incremento en el interés, conocimiento y aceptabilidad al consumo de productos naturales con actividad antioxidante conforme el nivel de estudios es más alto.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Coronado *et al.* (2015) de un estudio local exploratorio sobre el consumo de alimentos con antioxidantes en la ciudad de México, donde se observó, que los estudiantes universitarios identificaron los conocimientos básicos sobre antioxidantes: a) concepto de radicales libres, el 96.6%, b) concepto de estrés oxidativo, el 59.3%, c) causas del estrés oxidativo, el 60.6%, d) ventajas de antioxidantes para el tratamiento de enfermedades crónico degenerativas, el 75.3%. En la Figura 1 se observa que a medida que incrementa la escolaridad se tienen mayor información sobre antioxidantes: el 87% sabe qué son; el 74% sabe dónde se encuentran, como actúan, para que sirven y en qué productos comerciales los pueden adquirir, ejemplo: alimentos elaborados 37%, bebidas comerciales 7%, y solo el 2% lo asocia como nutraceuticos, y el 86% consumiría un producto comercial derivado de productos naturales con antioxidantes.

En la Figura 2 se muestra que solo el 55 % de la población del género femenino conoce de antioxidantes, pero el 71% lo asocia con acción preventiva de enfermedades. Conocen sobre marcas comerciales y productos como sigue: alimentos elaborados 61%, bebidas comerciales 44%, complementos alimenticios 20% y como nutraceuticos 39%. Un total del 70% de las entrevistadas considera que por el beneficio a la salud consumiría un producto comercial. Sin embargo, los hombres perciben menor cantidad de productos con propiedades antioxidantes, no es el caso de los productos en el mercado para las mujeres donde la cantidad es mayor.

La forma de consumo de este tipo de productos que se ofertan corresponde a alimentos elaborados, bebidas comerciales, complementos alimenticios o nutraceuticos.

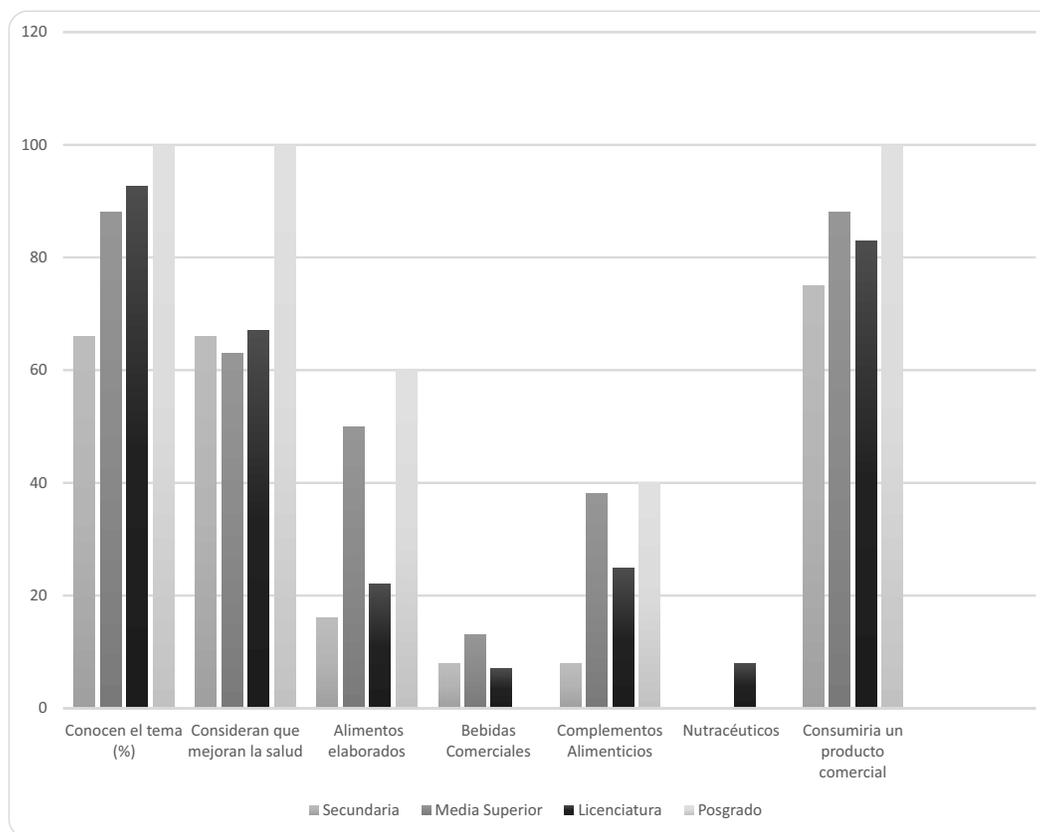


Figura 1. Percepción de usos y beneficios de productos naturales con beneficio antioxidante por grado escolar.

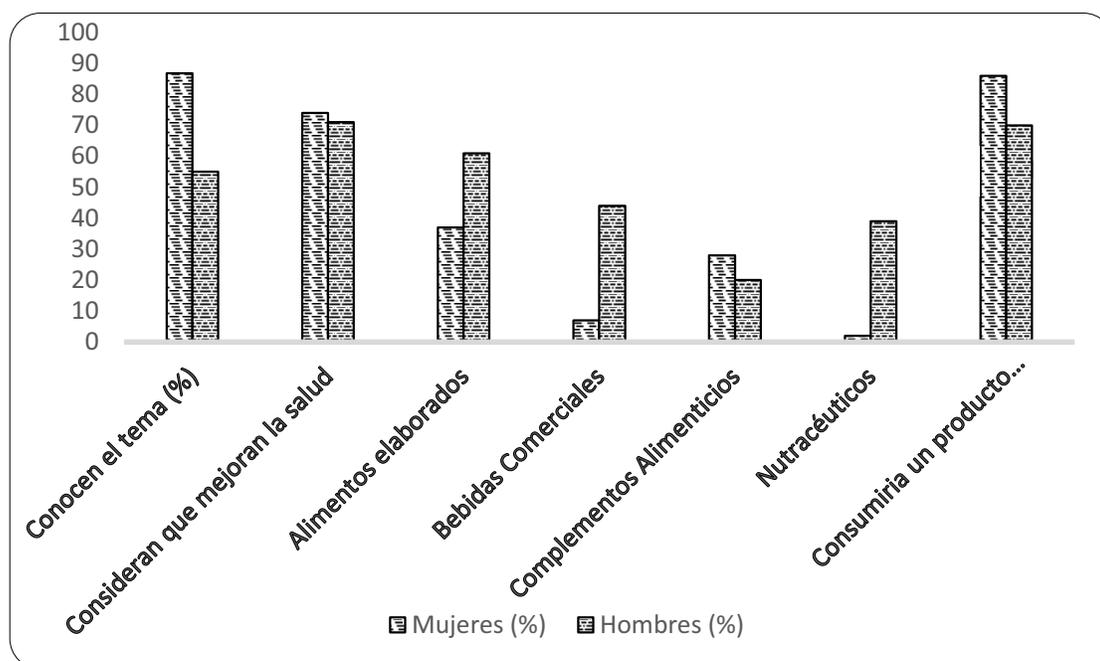


Figura 2. Percepción de usos y beneficios de productos naturales con beneficio antioxidante por género.

La presente investigación muestra que en la Ciudad de Durango, al igual que el estudio de Coronado *et al.* (2015) que tanto la población con preparación y la población en general perciben los beneficios del consumo de alimentos con antioxidantes, Sin embargo, se advierte la necesidad de estudios de tipo longitudinal con mayor profundidad y de tal forma que no sea un evento de aceptación y consumo de alimentos por un factor más de moda, que de salud.

## CONCLUSIONES

La aceptación, interés, y conocimiento sobre productos nutraceuticos en la ciudad de Durango es relativamente alta y están asociados a la escolaridad y al género, siendo más acentuados en personas con mayores niveles de estudio y a mujeres.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo deriva de los resultados de investigación del proyecto SIP: 20160351 apoyado por Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional y por el SIBE-COFAA del IPN.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almaraz-Abarca, N., E. A. Delgado-Alvarado, J. A. Ávila-Reyes, J. N. Uribe-Soto, L. S. González-Valdez. 2013.

The phenols of the genus Agave (Agavaceae). *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology* 4: 9-16.

Coronado, H. M., S. Vega y León, T. R. Gutiérrez, F. M. Vázquez, V. C. Radilla. 2015. Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición* 42: 206-212.

Dinelli, G., A. Bonetti, M. Minelli, I. Marotti, P. Catizone, A. Mazzanti. 2006. Content of flavonoids in Italian bean (*Phaseolus vulgaris* L.) ecotypes. *Food Chemistry* 90: 105-114.

Eick, E. 2008. Solanaceae and Convolvulaceae. Secondary Metabolites: Secondary Metabolites. Biosynthesis, Chemotaxonomy, Biological and Economic Significance. Springer. Heidelberg, Germany.

Krishnaiah, D., R. Sarbatly, R. Nithyanandam. 2011. A review of the antioxidant potential of medicinal plant species. *Food and Bioproducts Processing* 89: 217-233.

Núñez, A. 2011. Terapia antioxidante, estrés oxidativo y productos antioxidantes: retos y oportunidades. *Revista Cubana de Salud Pública* 37: 644-60.

Patthamakanokporn, O., P. Puwastien, A. Nitithamyong, P. Sirichakwal. 2008. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. *Journal of Food Composition and Analysis* 21: 241-8.

## NORMAS DE PUBLICACIÓN

Los autores que tengan interés en publicar en la revista VIDSUPRA del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango (CIIDIR-IPN-Durango), deberán ajustarse a los lineamientos establecidos para artículos científicos originales e inéditos.

Las contribuciones quedarán dentro de los siguientes tipos de trabajos:

- a) Resultados de investigación o experimentales
- b) Notas científicas
- c) Estudios de revisión
- d) Divulgación: monografía, ensayo, tesis, reflexión y crítica.

Los trabajos experimentales deberán presentar resultados originales de investigación, que no hayan sido previamente publicados. Se dividirán en las siguientes secciones:

**TÍTULO.** A continuación del título irán el (los) nombre (s) del (los) autor (es), y en seguida, el nombre de la institución donde se generó el trabajo.

**RESUMEN.** Deberá contener no más de 250 palabras. Establecerá brevemente el propósito del trabajo y los principales resultados y conclusiones. Evitar citas bibliográficas, abreviaciones no comunes, pero si son necesarias, deben ser definidas.

**PALABRAS CLAVE.** Serán de tres a cinco.

**ABSTRACT.** Deberá tener los mismos lineamientos que el RESUMEN

**KEY WORDS.** Serán de tres a cinco.

**INTRODUCCIÓN.** En esta sección se brindarán los antecedentes adecuados y se establecerán los objetivos del trabajo.

**MATERIALES Y MÉTODOS.** Se deberá proporcionar el suficiente detalle del trabajo experimental y de campo para que el trabajo pueda ser reproducido. Métodos ya publicados se pueden indicar con una referencia.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La discusión deberá incluir la significancia de los resultados.

### CONCLUSIONES

### AGRADECIMIENTOS

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.** Revisar un número reciente para consultar el estilo de la presentación de las referencias bibliográficas.

Tablas y Figuras se entregarán en archivos independientes con las siguientes características:

- Formato jpg. de alta resolución y tamaño grande.
- Figuras, cuadros y fotografías deben ir en blanco y negro o escala de grises.
- Las tablas no deben llevar bordes verticales
- Los títulos respectivos no deben formar parte de la tabla o la figura.

### ENTREGA DE DOCUMENTOS

Los documentos originales se entregarán vía correo electrónico, en formato Word, a la dirección [ciidir.durango@gmail.com](mailto:ciidir.durango@gmail.com) dirigidos a la Dra. Norma Almaraz Abarca.

La comisión editora se reserva los derechos para la selección y publicación de los trabajos.

Los artículos contenidos en la revista son de la responsabilidad exclusiva de los autores.

### PROCEDIMIENTO

Todos los trabajos que se envíen y cumplan con los lineamientos de este documento serán sometidos a revisión por parte de especialistas, con un estricto anonimato tanto de autores como de evaluadores.

La Coordinación Editorial se reserva al derecho de realizar la corrección de estilo y los cambios editoriales que considere necesarios para mejorar el trabajo.

Cada autor principal recibirá un ejemplar del número de la revista en que es publicado su artículo.

Toda correspondencia deberá dirigirse a:

Revista VID SUPRA, CIIDIR-IPN-DGO  
Unidad Politécnica de Integración Social  
Sigma No. 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II  
Durango, Dgo., México, 34220  
Tel. (618) 8 14 20 91 y Fax (618) 8 14 45 40  
Teléfono de red IPN (52)(55)57296000 Ext. 82601



## CENTRAL DE INSTRUMENTACIÓN

Acreditación ema: A-0553-050/14

Ofrece los servicios de:

### ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y AGUA PARA CONSUMO HUMANO

- Determinación de dureza total en agua NMX-AA-072-SCFI-2001
- Determinación de cloruros totales en agua NMX-AA-073-SCFI-2001
- Determinación de metales pesados en aguas naturales y potables (As, Cd, Cr, Pb). NMX-AA-051-SCFI-2001
- Determinación de fluoruros en agua. NOM-201-SSA1-2002
- Determinación de bacterias coliformes totales. Técnica del número más probable. NOM-112-SSA1-1994
- Detección de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* por NMP. CCAYAC-M-004.
- Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. NOM-092-SSA1-1994
- Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. NOM-113-SSA1-1994
- Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos. NOM-114-SSA1-1994
- Método para la determinación de *Staphylococcus aureus* en alimentos. NOM-115-SSA1-1994

### ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON ACREDITACIÓN ANTE LA ema:

- Determinación de bacterias coliformes totales. Técnica del número más probable. NOM-112-SSA1-1994
- Determinación de cloruros totales en agua. NMX-AA-073-SCFI-2001
- Determinación de fluoruros en agua. NOM-201-SSA1-2002
- Determinación de metales pesados en agua potable y agua purificada (As, Cd, Pb). NOM-117-SSA1-1994

## INFORMES:

DRA. LAURA SILVIA GONZÁLEZ VALDEZ

Coordinadora de la Central de Instrumentación

CIIDIR IPN Unidad Durango

Calle Sigma Núm. 119 Fracc. 20 de Nov. II

Durango, Dgo. México. C.P.34220

Tel (618) 814-20-91 Y 814 45 40 Extensiones: 82615 Y 82601

Correo electrónico: ci\_dgo@ipn.mx

