



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. 7 Núm. 2
julio-diciembre 2015





Visita nuestra página web



<http://www.ciidirdurango.ipn.mx>

Vidsupra

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

visión científica
ISSN: 2007-3127

Directorio

Instituto Politécnico Nacional

- **Enrique Fernández Fassnacht.** 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 Leon.** Secretaria de Servicios Educativos
- **Gerardo Quiroz Vieyra.** Secretario de Gestión Estratégica
- **Francisco Javier Anaya Torres.** Secretario de Administración
- **Cuauhtémoc Acosta Díaz.** Secretario Ejecutivo de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas
- **José Luis Ausencio Flores Ruiz.** Secretario Ejecutivo del Patronato de Obras e Instalaciones
- **David Cuevas García.** Abogado General
- **Jesús Ávila Galinzoga.** Presidente del Decanato
- **Raúl Contreras Zubieta Franco.** Coordinador de Comunicación Social

CIIDIR Unidad Durango

- **José Antonio Ávila Reyes.** Director
- **Eduardo Sánchez Ortiz.** Subdirector Académico y de Investigación
- **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
- **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 Departamento de Recursos Financieros y Materiales
- **Dora Ma. Clara Aguilar Reyes.** Jefa del Departamento de Capital Humano



"Vidsupra, visión científica" Vol. 7, No. 2 JULIO-DICIEMBRE de 2015. 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) 8142091 y (618) 8144540. Editor responsable: José Antonio Ávila Reyes. 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 15 de Diciembre de 2015 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 de portada: polinizador de *Solanum rostratum*. Eli Amanda Delgado Alvarado

Índice

38

DIVERSIDAD GENÉRICA EN LA FLORA FANEROGÁMICA SILVESTRE DE VICENTE GUERRERO, DURANGO

David Ramírez Noya

43

CONTENIDO DE METANOL EN MEZCAL A DIFERENTES TIEMPOS DE RECTIFICADO, EN NOMBRE DE DIOS, DURANGO

Gildardo Orea Lara, Vicente Hernández Vargas, Salomón Gómez Ortiz

50

CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS DE AGAVE MEZCALERO CON APLICACIÓN DE ABONOS

Vicente Hernández Vargas, Gildardo Orea Lara, Salomón Gómez Ortiz

54

IMPORTANCIA DE LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGO POTENCIAL EN YACIMIENTOS MINERALES: ANÁLISIS DE CASOS

Nidia Aurora Morales Morales

60

EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD ANTROPOGÉNICA SOBRE LA ESTRUCTURA GENÉTICA DE UNGULADOS SILVESTRES

Dania Melissa Vega Hernández, Marcela Verónica Gutiérrez Velázquez

DIVERSIDAD GENÉRICA EN LA FLORA FANEROGÁMICA SILVESTRE DE VICENTE GUERRERO, DURANGO

David Ramírez Noya

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. Correo electrónico: davidrnoya@yahoo.com.mx

RESUMEN

Se presenta un análisis de la diversidad de los géneros de la flora fanerogámica, registrada en el área municipal de Vicente Guerrero, Durango, México, con especial énfasis en la familia Asteraceae, la cual registra una alta diversidad.

PALABRAS CLAVE:

Flora genérica,
Asteraceae, México.

ABSTRACT

An analysis of the diversity of genera of phanerogamic plants from Vicente Guerrero, Durango, Mexico is presented, with special emphasis in family Asteraceae, which has a high diversity.

KEY WORDS:

Generic flora,
Asteraceae, Mexico.

INTRODUCCIÓN

Al carecer de un inventario de especies de una región, los estudios de la flora genérica son una herramienta confiable para el conocimiento de la biodiversidad y para el posterior análisis cuali-cuantitativo, al hacer el comparativo de diferentes comunidades y su posible interpretación ecológica y/o fitogeográfica. Con el fin de contribuir al conocimiento de la diversidad vegetal en el estado de Durango, México, en este trabajo se presenta el listado de los géneros que se encuentran en el área Municipal de Vicente Guerrero. Se incluyen los resultados de muestreos realizados entre los años de 1985 y 1987 y entre 1991 y 1996 como parte de las actividades de proyectos del Programa de Entomología del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR IPN Durango) y se consideró información compilada en trabajos previos (Ramírez, 2001 y 2011).

El Municipio de Vicente Guerrero se encuentra al sureste del estado de Durango (Figura 1), tiene una superficie aproximada de 430 Km² (INEGI, 1995). Se encuentra dentro de la Región de Los Valles (González *et al.*, 2007). La mayor parte de su territorio está dedicado a la agricultura, la cual junto con los asentamientos humanos ocupa aproximadamente el 60% de su superficie (Loera C., comunicación personal, 2015) y el resto, son áreas dedicadas principalmente a la explotación ganadera, en donde principalmente se presenta una vegetación de tipo matorral espinoso o crassicaule y en menor proporción un área de bosque abierto de *Pinus cembroides*.

Dentro de la flora fanerogámica de la región de los valles del estado de Durango existe una diversidad vegetal, que responde a ciertas características de proporción de los taxa, las cuales han sido analizadas (Rzedowski, 1972, Herrera, 2001 y González *et al.*, 2007), infiriendo la ponderación de los taxa presentes.

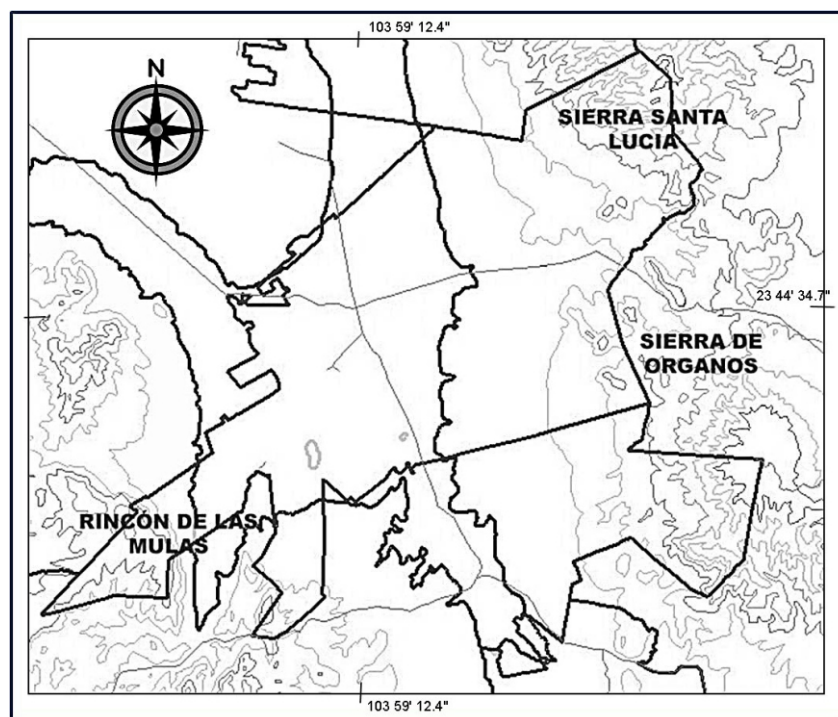


Figura 1. Ubicación del área municipal de Vicente Guerrero, Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de integrar el inventario florístico, básicamente de la Familia Asteraceae, se realizaron recorridos de exploración para registrar y recolectar especímenes de plantas vasculares en floración en los diferentes meses del año, entre los períodos de 1985 a 1987 y de 1997 a 1999. El prensado del material botánico se realizó en el momento de la recolección, registrando los datos correspondientes de fecha, localidad, hábitat y tipo de comunidad vegetal. Las coordenadas geográficas y la altitud en metros sobre el nivel del mar se estimaron de cartas topográficas (1: 50,000) del INEGI (1975).

En el herbario CIIDIR se secaron las muestras recolectadas en el campo y posteriormente se realizó la determinación parcial (a género) correspondiente y en el caso de los ejemplares de la familia Asteraceae, la identificación se realizó hasta especie. Para la identificación se usaron claves de trabajo reportadas en monografías y estudios florísticos o taxonómicos. Particularmente importantes para el presente trabajo fueron los reportes de Correll y Johnston (1970), Henrickson y Johnston (1997), Rzedowski y Rzedowski (1990), y Standley (1920-1926).

Los ejemplares identificados se cotejaron con la descripción proporcionada en la bibliografía consultada y, la mayor parte de las muestras, se comparó con los especímenes del Herbario CIIDIR.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El área de estudio se exploró en aproximadamente el 90% de su totalidad. Se recolectaron ejemplares que correspondieron a aproximadamente 950 números de registro para un total de 87 familias de fanerógamas y 301 géneros. Aunque hubo ejemplares que no fue posible determinar, el número aproximado de géneros por familia se presenta en la Tabla 1 y el nombre de esos géneros se presenta en la Tabla 2. Las familias más representativas, de acuerdo al número de géneros encontrados fueron Compositae (Asteraceae) con 82, Poaceae con 29, y Fabaceae con 17.

CONCLUSIONES

En la región geográfica de Vicente Guerrero, Durango se encontró una proporción de géneros de Asteraceae próximo al 20% del total de los registrados, lo que ubica a esta región entre los territorios de México con los más altos porcentajes de géneros de esa familia. El área parece estar poco influenciada de géneros no nativos, debido al número reducido de especies exóticas presentes.

Tabla 1. Número de géneros de las familias presentes en el área municipal de Vicente Guerrero, Durango.

FAMILIA	NÓ. DE GÉNEROS	FAMILIA	NÓ. DE GÉNEROS
ACANTHACEAE	2	MALVACEAE	6
AIZOACEAE	2	MARTINIACEAE	1
ANACARDIACEAE	2	NAJADACEAE	1
AMARANTHACEAE	5	NYCTAGINACEAE	4
AMARYLLIDACEAE	2	OLEACEAE	2
APOCYNACEAE	1	ONAGRACEAE	4
ARALIACEAE	1	ORCHIDACEAE	1
ARISTOLOCHIACEAE	1	OROBANCHACEAE	1
ASCLEPIADACEAE	1	OXALIDACEAE	1
ASPARAGACEAE	5	PAPAVERACEAE	1
BEGONIACEAE	3	PASSIFLORACEAE	1
BIGNONIACEAE	2	PHYTOLACACEAE	1
BORAGINACEAE	3	PINACEAE	1
BRASSICACEAE	6	PIPERACEAE	1
BROMELIACEAE	1	PLANTAGINACEAE	1
BURSERACEAE	2	PLUMBAGINACEAE	1
CAMPANULACEAE	1	POACEAE	29
CARYOPHILACEAE	2	POLEMONIACEAE	1
CISTACEAE	1	POLYGALACEAE	1
COMMELINACEAE	2	POLYGONACEAE	1
COMPOSITAE (ASTERACEAE)	82	PONTEDERIACEAE	1
CONVOLVULACEAE	5	PORTULACACEAE	4
CRASSULACEAE	2	POTAMOGETONACEAE	1
CUCURBITACEAE	3	PRIMULACEAE	1
CUPRESACEAE	1	RANUNCULACEAE	3
CYPERACEAE	4	RESEDACEAE	1
CHENOPODIACEAE	3	RHAMNACEAE	2
ERICACEAE	1	ROSACEAE	3
EUPHORBIACEAE	5	RUBIACEAE	6
FABACEAE	17	SALICACEAE	2
FAGACEAE	1	SAPINDACEAE	1
GENTIANACEAE	1	SCROPHULARIACEAE	5
GERANIACEAE	1	SOLANACEAE	4
HYDROPHYLACEAE	1	TAXODIACEAE	1
JUNCACEAE	1	TYPHACEAE	1
LAMIACEAE	4	ULMACEAE	1
LEMMNACEAE	2	UMBELLIFERAE	5
LILIACEAE	2	URTICACEAE	1
LINACEAE	1	VERBENACEAE	7
LOASACEAE	1	VITACEAE	1
LOGANIACEAE	1	XANTHORRHOEACEAE	2
LORANTHACEAE	1	ZANNICHELLIACEAE	1
LYTHRACEAE	1	ZYGOPHYLLACEAE	1
MALPIGHIACEAE	1		

Tabla 2. Flora genérica de las fanerógamas del municipio de Vicente Guerrero, Durango

ACANTHACEAE	ASTERACEAE Cont.	ASTERACEAE Cont.	CUCURBITACEAE	LILIACEAE
<i>Dicliptera</i>	<i>Dahlia</i>	<i>Trixis</i>	<i>Cucurbita</i>	<i>Calochortus</i>
<i>Dyschoriste</i>	<i>Dyssodia</i>	<i>Verbesina</i>	<i>Echinopeppon</i>	<i>Dasyllirion</i>
AIZOACEAE	<i>Erigeron</i>	<i>Viguiera</i>	<i>Sicyos</i>	LINACEAE
<i>Trianthema</i>	<i>Eupatorium</i>	<i>Xanthium</i>	CUPRESACEAE	<i>Linum</i>
AMARANTHACEAE	<i>Euphosyne</i>	<i>Xanthocephalum</i>	<i>Juniperus</i>	LOASACEAE
<i>Alternanthera</i>	<i>Eutetras</i>	<i>Zaluzania</i>	CYPERACEAE	<i>Mentzelia</i>
<i>Amaranthus</i>	<i>Flaveria</i>	<i>Zinnia</i>	<i>Cyperus</i>	LOGANIACEAE
<i>Gomphrena</i>	<i>Flourensia</i>	BEGONIACEAE	CHENOPODIACEAE	<i>Buddleia</i>
<i>Guilleminea</i>	<i>Gaillardia</i>	<i>Begonia</i>	<i>Atriplex</i>	LORANTHACEAE
<i>Iresine</i>	<i>Galinsoga</i>	BIGNONIACEAE	<i>Chenopodium</i>	<i>Phoradendron</i>
AMARYLLIDACEAE	<i>Gnaphalium</i>	<i>Tecoma</i>	<i>Salsola</i>	LYTHRACEAE
<i>Allium</i>	<i>Grindelia</i>	BORAGINACEAE	ERICACEAE	<i>Lytrum</i>
<i>Zephyranthes</i>	<i>Gymnosperma</i>	<i>Antiphytum</i>	<i>Arctostaphylos</i>	MALPIGHIACEAE
ANACARDIACEAE	<i>Haplopappus</i>	<i>Crypantha</i>	EUPHORBIACEAE	<i>Gaudichaudia</i>
<i>Rhus</i>	<i>Helenium</i>	<i>Heliotropium</i>	<i>Acalypha</i>	MALVACEAE
<i>Schinus</i>	<i>Helianthus</i>	BRASSICACEAE	<i>Euphorbia</i>	<i>Abutilon</i>
APOCYNACEAE	<i>Heliopsis</i>	<i>Brassica</i>	<i>Jatropha</i>	<i>Anoda</i>
<i>Macrosiphonia</i>	<i>Heterosperma</i>	<i>Camelina</i>	<i>Ricinus</i>	<i>Herissantia</i>
ARALIACEAE	<i>Heterotheca</i>	<i>Eruca</i>	FAGACEAE	<i>Malva</i>
<i>Aralia</i>	<i>Hieracium</i>	<i>Halimolobus</i>	<i>Quercus</i>	<i>Sida</i>
ARISTOLOCHIACEAE	<i>Hybridella</i>	<i>Rorippa</i>	FABACEAE	<i>Sphaeralcea</i>
<i>Aristolochia</i>	<i>Hymenoxys</i>	<i>Sysymbrium</i>	<i>Acacia</i>	MARTINIACEAE
ASCLEPIADACEAE	<i>Iva</i>	BROMELIACEAE	<i>Astragalus</i>	<i>Proboscidea</i>
<i>Asclepias</i>	<i>Lasianthaea</i>	<i>Tillandsia</i>	<i>Caessalpinia</i>	NAJADACEAE
ASPARAGACEAE	<i>Liabum</i>	BURSERACEAE	<i>Calliandria</i>	<i>Najas</i>
<i>Agave</i>	<i>Melampodium</i>	<i>Bursera</i>	<i>Cassia</i>	NYCTAGINACEAE
<i>Echeandia</i>	<i>Montanoa</i>	CACTACEAE	<i>Crotalaria</i>	<i>Boerhaavia</i>
<i>Manfreda</i>	<i>Odontotrichum</i>	<i>Cylindropuntia</i>	<i>Dalea</i>	<i>Mirabilis</i>
<i>Milla</i>	<i>Parthenium</i>	<i>Mammillaria</i>	<i>Desmodium</i>	<i>Nyctaginia</i>
<i>Yucca</i>	<i>Pectis</i>	<i>Opuntia</i>	<i>Eysenhardtia</i>	<i>Oxybaphos</i>
ASTERACEAE	<i>Pericalia</i>	<i>Echinocereus.</i>	<i>Melilotus</i>	OLEACEAE
<i>Acourtia</i>	<i>Perymenium</i>	<i>Echinomastus</i>	<i>Mimosa</i>	<i>Forestiera</i>
<i>Ageratum</i>	<i>Pinaropappus</i>	CAMPANULACEAE	<i>Phaseolus</i>	<i>Fraxinus</i>
<i>Ambrosia</i>	<i>Piqueria</i>	<i>Lobelia</i>	<i>Prosopis</i>	<i>Menodora</i>
<i>Aphanostephus</i>	<i>Porophyllum</i>	CARYOPHYLLACEAE	<i>Trifolium</i>	ONAGRACEAE
<i>Artemisia</i>	<i>Psilactis</i>	<i>Cordia</i>	<i>Zornia</i>	<i>Gaura</i>
<i>Aster</i>	<i>Pyrrhopappus</i>	<i>Drymaria</i>	GENTIANACEAE	<i>Lopezia</i>
<i>Archibaccharis</i>	<i>Sanvitalia</i>	CISTACEAE	<i>Centaurium</i>	<i>Ludwigia</i>
<i>Aztecaster</i>	<i>Schkuhria</i>	<i>Helianthemum</i>	GERANIACEAE	<i>Oenothera</i>
<i>Baccharis</i>	<i>Senecio</i>	COMMELINACEAE	<i>Erodium</i>	ORCHIDACEAE
<i>Bahia</i>	<i>Simsia</i>	<i>Commelina</i>	HYDROPHYLACEAE	<i>Aulosepalum</i>
<i>Berlandiera</i>	<i>Solidago</i>	<i>Tradescantia</i>	<i>Phacelia</i>	OROBANCHACEAE
<i>Bidens</i>	<i>Sonchus</i>	CONVOLVULACEAE	JUNCACEAE	<i>Orobancha</i>
<i>Brickellia</i>	<i>Stevia</i>	<i>Convolvulus</i>	<i>Juncus</i>	OXALIDACEAE
<i>Carminatia</i>	<i>Tagetes</i>	<i>Discuta</i>	LAMIACEAE	<i>Oxalis</i>
<i>Cirsium</i>	<i>Taraxacum</i>	<i>Dichandra</i>	<i>Hedeoma</i>	PAPAVERACEAE
<i>Conyza</i>	<i>Thelesperma</i>	<i>Evolvulus</i>	<i>Leonotis</i>	<i>Argemone</i>
<i>Cosmos</i>	<i>Tithonia</i>	<i>Ipomoea</i>	<i>Marrubium</i>	PASSIFLORACEAE
<i>Chaetopappa</i>	<i>Townsendia</i>	CRASSULACEAE	<i>Salvia</i>	<i>Passiflora</i>
<i>Chaptalia</i>	<i>Tridax</i>	<i>Sedum</i>	LEMMNACEAE	
<i>Chrysactinia</i>	<i>Trigonospermum</i>	<i>Echeveria</i>	<i>Lemna</i>	

Continuación Tabla 2. Flora genérica de las fanerógamas del municipio de Vicente Guerrero, Durango

PHYTOLACACEAE	POACEAE Cont.	RANUNCULACEAE	SCROPHULARIACEA	PORTULACACEAE Cont.
<i>Phytolaca</i>	<i>Hilaria</i>	<i>Clematis</i>	<i>Bacopa</i>	<i>Tallinum</i>
PINACEAE	<i>Leptuchloa</i>	<i>Ranunculus</i>	<i>Castilleja</i>	<i>Rumex</i>
<i>Pinus</i>	<i>Lycurus</i>	<i>Thalictrum</i>	<i>Lamourouxia</i>	<i>Portulaca</i>
PIPERACEAE	<i>Microchloa</i>	RESEDACEAE	<i>Maurandya</i>	<i>Talinopsis</i>
<i>Peperomia</i>	<i>Muhlenbergia</i>	<i>Reseda</i>	<i>Penstemon</i>	<i>Eringium</i>
PLANTAGINACEAE	<i>Panicum</i>	RHAMNACEAE	SOLANACEAE	<i>Hydrocotyle</i>
<i>Plantago</i>	<i>Paspalum</i>	<i>Condalia</i>	<i>Datura</i>	<i>Lilaeopsis</i>
PLUMBAGINACEAE	<i>Pennisetum</i>	<i>Rhamnus</i>	<i>Nicotiana</i>	<i>Prionosciadium</i>
<i>Plumbago</i>	<i>Rhynchelictrum</i>	ROSACEAE	<i>Physalis</i>	URTICACEAE
POACEAE	<i>Setaria</i>	<i>Alchemillia</i>	<i>Solanum</i>	<i>Urtica</i>
<i>Aegopogon</i>	<i>Trachypogon</i>	<i>Amelanchier</i>	TAXODIACEAE	VERBENACEAE
<i>Agrostis</i>	<i>Tripsacum</i>	<i>Cowania</i>	<i>Taxodium</i>	<i>Bouchea</i>
<i>Andropogon</i>	<i>Trisetum</i>	RUBIACEAE	TYPHACEAE	<i>Glandularia</i>
<i>Aristida</i>	<i>Triticum</i>	<i>Borreria</i>	<i>Typha</i>	<i>Lantana</i>
<i>Bouteloua</i>	<i>Vulpia</i>	<i>Bouvardia</i>	ULMACEAE	<i>Lippia</i>
<i>Bromus</i>	POLEMONIACEAE	<i>Crusea</i>	<i>Celtis</i>	<i>Priva</i>
<i>Cenchrus</i>	<i>Loeselia</i>	<i>Galium</i>	UMBELLIFERAE	<i>Verbena</i>
<i>Cynodon</i>	POLYGALACEAE	<i>Relbunium</i>	<i>Apium</i>	VITACEAE
<i>Chloris</i>	<i>Poligala</i>	<i>Richardia</i>	PONTEDERIACEAE	<i>Cissus</i>
<i>Digitaria</i>	POLYGONACEAE	SALICACEAE	<i>Eichhornia</i>	XANTHORRHOACEAE
<i>Echinochloa</i>	<i>Polygonium</i>	<i>Populus</i>	<i>Heteranthera</i>	<i>Asphodelus</i>
<i>Enneapogon</i>	POTAMOGETONACEAE	<i>Salix</i>	PORTULACACEAE	ZANNICHELLIACEAE
<i>Eragrostis</i>	<i>Potamogeton</i>	SAPINDACEAE	<i>Calandrinia</i>	<i>Zannichellia</i>
<i>Heteropogon</i>	PRIMULACEAE	<i>Cardiospermum</i>		ZYGOPHYLLACEAE
	<i>Anagalis</i>			<i>Kalostremia</i>

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue apoyado por Roberto Magallanes (finado) y Martín Chávez M., quienes forman parte del personal técnico del CIIDIR Durango. El autor agradece especialmente a Ignacio Montelongo Pérez, quien sin ser parte del personal técnico del CIIDIR Durango, brindó su apoyo incondicional en la mayor parte de los recorridos de exploración. Gracias también a Lourdes Juárez Argumedo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Correll, D. S., M. C. Johnston. 1970. Manual of the Vascular Plants of Texas. Texas Research Foundation. Renner, Texas.
- González E. S., M. González Elizondo, M. A. Márquez Linares. 2007. Vegetación y Ecorregiones de Durango. Plaza y Valdés, México, D.F.
- Henrickson, J., M. C. Johnston. 1997(manuscripts). A Flora of the Chihuahuan Desert Region. Los Ángeles, California, USA. United States National Herbarium 23: 1-1721.
- Herrera, A Y. 2001. Las Gramineas de Durango. CONABIO-CIIDIR-IPN-DGO. Durango, México.
- INEGI. 1975. Cartas topográficas 1:50,000. La Joya, La Parrilla, V. Guerrero. México, D.F.
- INEGI. 1995. Vicente Guerrero, Estado de Durango. Cuaderno estadístico municipal. INEGI. Aguascalientes, México.
- Ramírez, N. 2001. Contribución al conocimiento de la Familia Compositae en Vicente Guerrero, Dgo., México. Polibotánica 12:41-50.
- Ramírez, N. 2011. Adiciones al listado de especies en la Familia de las Asteraceae de Vicente Guerrero, Dgo., Méx. Vidsupra 3(2): 17-19.
- Rzedowski, J. 1972. Contribuciones a la fitogeografía florística e histórica de México III. Algunas tendencias en la distribución geográfica y ecológica de las Compositae Mexicanas. Ciencia 27:123-132.
- Rzedowski, J., G. C. Rzedowski. 1990. Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol. III. IPN- Instituto de Ecología. México, D.F.
- Standley, P.C. 1920-1926. Trees and shrubs of México. Contributions from the United States National Herbarium 23: 1-1721.

CONTENIDO DE METANOL EN MEZCAL A DIFERENTES TIEMPOS DE RECTIFICADO, EN NOMBRE DE DIOS, DURANGO

Gildardo Orea Lara, Vicente Hernández Vargas, Salomón Gómez Ortiz

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, 34220. Becarios COFAA. Correo electrónico: gildardo222@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Campus Vicente Guerrero, del Instituto Politécnico Nacional, con el apoyo de la Planta Mezcalera de Nombre de Dios Durango. De un volumen de 3000 L de mezcal ordinario se tomaron, directamente de la salida del alambique y a intervalos de 30 min, 16 muestras de 1L de mezcal rectificado. Otras 6 muestras se tomaron en el depósito de almacenamiento a intervalos de 1 hora. Para cada muestra se determinó el contenido de etanol, metanol, alcoholes superiores, acidez total, y extracto seco. En la salida del alambique, la concentración de metanol más elevada fue encontrada después de 2 horas y 35 minutos de rectificado, con 307.5 mg/100 mL de alcohol anhidro, y en el depósito de almacenamiento con 263.71 mg/100 mL de alcohol anhidro. La concentración de los alcoholes superiores en la salida del alambique fue mayor después de 3 horas y 5 minutos de rectificado, con 267.15 mg/100 mL de alcohol anhidro, y en el depósito de almacenamiento después de 1 hora y 35 minutos, con 278.0 mg/100 mL de alcohol anhidro. Una correlación significativa e inversa se encontró entre la concentración de etanol de 40° GL y la acidez en el mezcal tomado de la salida del alambique. En el depósito de almacenamiento se registró un incremento de la acidez total con el tiempo, pero el momento de inicio de ese incremento no fue posible determinarlo. El comportamiento de la acumulación de extracto seco mostró un enmascaramiento en el depósito del mezcal rectificado ya que desde su inicio su tendencia fue a incrementarse.

ABSTRACT

The present study was carried out in the Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Durango, campus Vicente Guerrero, Instituto Politécnico Nacional, with the support of the Mezcalera plant of Nombre de Dios, Durango. From a volume of 3000 L of regular flavorful mescal, 16 samples of 1L each of flavorful rectified mescal were taken directly from the output still, at intervals of 30 min. Others 6 samples were taken from the storage tank, at 1 hour intervals. For each sample, the content of ethanol, methanol, higher alcohols, total acidity and total solids were determined. At the output of the still, the highest concentration of methanol was found after 2 hours and 35 minutes, with a value of 307.5 mg/100 mL of anhydrous alcohol and in the storage tank with a value of 263.71 mg / 100 mL of anhydrous alcohol. The concentration of the higher alcohols at the outlet of the still was the highest after 3 hours and 5 minutes of grinding, with 267.15 mg/100 mL of anhydrous alcohol, and in the storage tank, after 1 hour and 35 minutes, with a value of 278.0 mg/100 mL of alcohol anhydrous. A significant and inverse relation between the concentration of 40° GL ethanol and acidity was found for the mescal taken from the exit of the still. In the storage tank, an increasing of total acidity along with time was registered but the starting time of increasing was not determined. The behavior of dry matter accumulation showed a masking in the rectified mescal deposit since from the beginning it showed an increasing tendency.

PALABRAS CLAVE:

Maguey, calidad, alcoholes.

KEY WORDS:

Maguey, quality, alcohols.

INTRODUCCIÓN

La producción de mezcal en el sureste de Durango ha sido una actividad que se centra principalmente en los municipios de Mezquital, Nombre de Dios y Durango, conservando principalmente un carácter artesanal. La materia prima la constituye principalmente *Agave durangensis* y algunos otros taxa aún no determinados del género. A la fecha no se dispone de plantaciones comerciales maduras y la obtención de las plantas se continúa realizando por recolección de las poblaciones silvestres (Almaraz *et al.*, 2011, Hernández *et al.*, 2009).

Desde 1994, año en que el estado de Durango entró a formar parte de la denominación de origen, la producción de mezcal se ha incrementado, por lo que ha sido necesario realizar acciones de protección de las poblaciones silvestres, así como de transformación de la producción de mezcal, mediante la industrialización del proceso productivo, para optimizar los recursos y garantizar la calidad del producto (Ávila, 2010).

A nivel nacional diversas especies de maguey y diversos métodos de elaboración son utilizados en la producción del mezcal, la combinación de ambos elementos da un sabor propio a esa bebida en cada región. El sabor y calidad dependen del conocimiento y método utilizado, el cual incluye desde el tradicional horno de piedra hasta plantas industriales con equipos de acero inoxidable para obtener un mejor control de los parámetros involucrados en la producción (Soto, 2007).

La calidad del mezcal la determinan una mezcla compleja de características, siendo determinantes 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 y ácido láctico, entre otros, que se derivan de la fermentación y contribuyen a las características sensoriales propias del mezcal (López, 1999).

Los compuestos volátiles son los que determinan las propiedades organolépticas de las bebidas alcohólicas. El sabor es una combinación de los compuestos volátiles que se perciben a través de la boca y el olfato (Ruth van, 2001).

En el análisis cromatográfico de gases-espectrometría de masas (HS-SPME-GC-MS) de bebidas regionales obtenidas del agave, como raicilla, sisal, tequila, mezcal, bacanora, sotol y pulque se encontraron 105 compuestos, de éstos, 11 se clasificaron como principales y los demás de menor importancia (De León Rodríguez *et al.*, 2006).

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 (Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994).

En bebidas alcohólicas obtenidas de agave la presencia de metanol ocurre durante toda la etapa de destilación, aun cuando se utilice un bajo punto de ebullición (64.5 °C), esto posiblemente se debe a que el metanol es un compuesto orgánico muy polar y altamente soluble en agua (Prado-Ramírez *et al.*, 2005).

De acuerdo con Jiménez (2008), la concentración inicial y final del metanol en la destilación del mezcal varía entre 551.6 y 5.4 mg/L, por lo que se determinó que el tipo de procesos influye directamente en la concentración de los compuestos aromáticos en el mezcal, principalmente en los mayoritarios, como los alcoholes superiores y el metanol, que son tóxicos en altas concentraciones.

La planta mezcalera de Nombre de Dios, Durango es de reciente creación (en 2007) y una de sus metas principales es la producción de mezcal con características de calidad que cumplan con las especificaciones de las Normas Nacionales e internacionales; sin embargo, existe la limitante en el proceso de rectificado para la separación de cabezas, cuerpo y colas del mezcal que permita cumplir con la NOM-070-SCFI-1994 y maximizar la obtención de mezcal de alta calidad. El presente trabajo se enfocó en evaluar el contenido de metanol en el mezcal de Nombre de Dios, a diferentes tiempos de rectificado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras se tomaron en la Planta Mezcalera de Nombre de Dios, Durango. Se realizaron los análisis de contenidos de alcoholes por cromatografía de gases y volumetría. Se utilizó un volumen de 3000 L de mezcal ordinario (1ra destilación) con una concentración de 23° GL. Se tomaron dos tipos de muestras, uno consistió de muestras del destilado (1 L) cada media hora, tomadas directamente en la salida del alambique para evitar contaminaciones como agua o mezcal residual de otras destilaciones. El primer muestreo se realizó una vez transcurridos 5 minutos del inicio de la destilación. El otro tipo de muestras estuvo formado por alícuotas (1 L) tomadas del tanque receptor del destilado, tomando la primera muestra a la hora y media de iniciada la destilación y posteriormente cada hora. En ambos tipos, la toma de muestras se suspendió cuando la concentración del destilado llegó a los 10°GL.

Para cada muestra se determinó la concentración 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 la temperatura, todas las muestras se mantuvieron a una temperatura de 20°C, utilizando un termómetro Brannan con una escala de 0-100 °C. El metanol y alcoholes superiores (isopropanol y alcohol isoamílico), se realizó por cromatografía de gases, utilizando un cromatógrafo de gases marca Agilent 6890 N, con un automuestreador Agilent 7863

La columna que se empleó fue una HP-Innowax (30 m x 0.25 mm, 0.25 µm de grosor). Como gas acarreador se utilizó nitrógeno con un flujo de 1.5 mL/min. Las temperaturas para el inyector y el detector de ionización de flama (FID) fueron 220 y 250°C, respectivamente. Las condiciones cromatográficas fueron una relación de split de 10:1 y un programa de temperatura de 35°C por 2 min, incrementando 10°C/min hasta 210°C, esta última temperatura se mantuvo hasta un tiempo final de 20.5 min (De León Rodríguez *et al.*, 2006). La determinación de extracto seco se realizó de acuerdo a la NMX-V-017-NORMEX-2005 y la acidez se realizó por la metodología presentada en la Norma de Bebidas Alcohólicas Determinación de Acidez total, Acidez Fija y Acidez Volátil, NCR 113:1989 (2012). Los datos obtenidos se compararon con lo estipulado por la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos durante el proceso de rectificación de 3000 L de mezcal ordinario, muestreados en la salida del alambique y en el depósito de recepción a diferentes tiempos.

El comportamiento del contenido de etanol durante el rectificado del mezcal mostró una concentración inicial de 64% Alc. Vol., posteriormente en el segundo muestreo a los 30 minutos se observó un incremento del contenido al 66 %, a partir del cual la concentración en los muestreos subsecuentes, cada 30 minutos, empieza disminuir en un rango de 1 a 3° GL hasta el corte de la destilación del mezcal, cuando la concentración fue de 40°GL. En el mezcal rectificado en el depósito colector, se observa que la concentración inicial en la primera muestra, después de transcurrido 01:35 horas, fue de 66 % Alc. Vol., mientras que en los subsecuentes 5 muestreos realizados disminuyó 1.94% Alc. Vol. en promedio, hasta el corte del rectificado. El volumen obtenido de mezcal rectificado (2° destilación) fue de 620 L con 57°GL (Tabla 1).

La variación del contenido de metanol en el mezcal a la salida del alambique se muestra en la Figura 1A, donde se observa que a los 5 minutos (0.08 h) de iniciado el rectificado el contenido de metanol fue de 167 mg/100 mL de alcohol anhidro, el cual se va incrementado 13.17% en promedio

de alcohol anhidro, después de 2 h con 35 min (2.58 h). Esta última concentración se mantuvo durante 30 min a partir de la cual se presenta un decremento del contenido de metanol de un 11.4 % en promedio hasta las 4 h con 35 min (4.58 h), alcanzando un contenido 185.16 mg/100 mL de alcohol anhidro; sin embargo, se observó un incremento del metanol de 23.6 % para posteriormente disminuir su contenido hasta el final de los muestreos en un promedio de 13.8%. Este comportamiento coincide con lo señalado por Prado-Ramírez *et al.* (2005), quienes encontraron que aun cuando se utilice un bajo punto de ebullición (64.5°C) la presencia de metanol se mantiene durante todo el proceso de destilación posiblemente a consecuencia de que el metanol es un compuesto orgánico muy polar y altamente soluble en agua. De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994, las concentraciones permitidas de metanol no deben de exceder de 300 mg/100 mL de alcohol anhidro, pero tampoco debe estar por debajo de 30 mg/100 mL de alcohol anhidro. Por lo tanto las concentraciones de metanol encontradas en la salida del alambique como en el depósito de almacenamiento de mezcal cumplen con las especificaciones que la NOM-070-SCFI-1994 exige en la producción de un mezcal de calidad. Los resultados del presente estudio no concuerdan con la información obtenida (comunicación personal) en las plantas tequileras, donde algunos productores mencionan que durante el proceso de rectificación del tequila la mayor concentración de metanol se obtiene al inicio del rectificado (puntas), mientras que otros indican que se inicia cuando el contenido de etanol en el rectificado es menor del 50% alcohol volumen, debido a que se forma una mezcla azeotrópica etanol-agua-metanol.

En la planta mezcalera de Nombre de Dios, basándose en la experiencia de los tequileros, separan del 1 al 2 % o más del volumen inicial de rectificado debido a que se considera que es el destilado con mayor contenido de metanol. De acuerdo a los resultados de la Tabla 1, este volumen representa una fuerte pérdida para los productores ya que es el mezcal que sale con más alta graduación de etanol (entre 61 y 66° GL). Por lo tanto de acuerdo con los datos obtenidos en el presente estudio puede inferirse que en el caso particular de la planta mezcalera de Nombre Dios la mayor concentración de metanol se obtiene cuando el proceso de rectificado tiene un tiempo de destilación de 2 h con 35 min (2.58 h).

La concentración de alcoholes superiores obtenida en la salida del alambique mostró un incremento en los primeros muestreos, y a partir de las 3h con 35 min (3.58 h) se observó una caída drástica en cuanto a su concentración hasta el final del rectificado (Tabla 1).

En la Figura 2 se observa que la concentración de alcoholes superiores aumenta gradualmente desde el inicio del muestreo con una concentración de 146.34 mg/100 mL de alcohol anhidro hasta un máximo contenido de 267.15 mg/100 mL de alcohol anhidro con un tiempo de rectificado de 3 h con 5 min (3.08 h). Después de 3 h con 35 min (3.58 h) se observó una caída drástica hasta una concentración de 21.80 mg/100 mL de alcohol anhidro. Posteriormente, se observa un ligero incremento hasta las 5 h y 5 min (5.08 h) con una concentración de 47.33 mg/100 mL de alcohol anhidro, a partir de cual inicia un decremento de la concentración hasta el final de los muestreos.

En el caso de la concentración de los alcoholes superiores en el depósito de almacenamiento (Figura 2) se observó un comportamiento similar al encontrado en la salida del alambique, donde la mayor concentración de alcoholes superiores se presentó a las 2 h con 35 min (2.58 h) de rectificado a partir de la cual tiende a disminuir su concentración hasta las 6 h con 35 min (6.58 h) con una concentración de 128.19 mg/100 mL de alcohol anhidro. La variación de la concentración de los alcoholes superiores muestran una tendencia similar a la obtenida en el metanol tanto para el muestreo en la salida del rectificador como en el tanque de almacenamiento (Figura 2). Por lo tanto las concentraciones de alcoholes superiores encontradas en la salida del alambique y en el depósito de almacenamiento de mezcal cumplen con las especificaciones que la NOM-070-SCFI-1994 exige en la producción de un mezcal de calidad.

La variación de la acidez total del mezcal en la salida del alambique y en el depósito de almacenamiento se muestra en la Tabla 1. Como se observa en la Figura 3A, la acidez total del mezcal en la salida del alambique se incrementa en promedio 14.16% desde el inicio hasta las 6 h con 5 min (6.08 h) de rectificado coincidiendo con la concentración de 40% Alc. Vol. cuando se realiza el corte. En la acidez obtenida por abajo de los 40° durante el proceso de destilación se observa un incremento del 53% hasta los 30° de Alcohol Volumen cuando se tomó la siguiente muestra y del 69% cuando la concentración de alcohol en el rectificado fue del 20° de Alcohol Volumen, a los 10° de Alcohol Volumen la acidez se incrementó un 127%.

Los cambios de acidez total en el depósito de almacenamiento se observan en la Figura 3B, presentando un incremento promedio de 13.19% durante todo el proceso, lo cual no permite determinar un punto de corte donde se incrementa considerablemente la acidez en el mezcal del depósito.

Los muestreos realizados en la salida del alambique permiten identificar el tiempo donde se incrementa la concentración de acidez en el rectificado del mezcal.

En cambio, cuando se realizan las mediciones en el depósito de almacenamiento se enmascara el momento cuando la acidez total se empieza a incrementar considerablemente. Este comportamiento de la acidez permite inferir que el alto contenido de acidez que presenta el mezcal artesanal tal como lo señala Soto (2007), se debe a que los vinateros utilizan el mezcal obtenido por debajo de los 40° GL del rectificado para graduar sus mezcales de 40° GL hasta los 52° GL.

El contenido de extracto seco en el mezcal en la salida del alambique y en el depósito de almacenamiento se muestra en la Tabla 1. Como se observa en la Figura 4A, el extracto seco del mezcal en la salida del alambique presentan una tendencia a disminuir drásticamente en la primera muestra como consecuencia de los posibles sólidos acumulados en el alambique durante la última destilación y por el tiempo que posiblemente tardó en utilizarse, incluso en las cápsulas de porcelana utilizadas quedaron depósitos de color amarillento visibles en la primera muestra mientras que en los demás muestreos no hubo presencia de ellos. A diferencia de la acidez total, el contenido de extracto seco presentó una tendencia a disminuir con el tiempo, posiblemente este comportamiento esté relacionado con el nivel de mezcal ordinario en el depósito del alambique. Así mismo se observó que durante el proceso de rectificado se presentan reflujos en el alambique a consecuencia de los cambios de temperatura en el mismo y que generalmente estos reflujos van acompañados de sólidos que alcanzan a la torre de evaporación y son arrastrados al destilador. En el depósito de almacenamiento (Figura 4B), la caída drástica del extracto seco de la primera a la segunda muestra se debe posiblemente a las mismas causas observadas en las muestras obtenidas en el alambique. A partir de la segunda muestra se observa una tendencia a incrementar (11.1 % en promedio) hasta cuando el destilado alcanza un contenido de 40% Alc. Vol. A partir de este nivel se observa una tendencia de disminución de los sólidos totales posiblemente a consecuencia de la disminución del nivel de mezcal ordinario en el depósito del alambique; sin embargo, los niveles que se alcanzan no sobrepasan los límites indicados en la NOM-070-SCFI-1994.

CONCLUSIONES

La concentración de metanol más elevada (307.31 mg/100 mL de alcohol anhidro) en la salida del alambique no se encontró al inicio del rectificado, sino hasta después de 2 h con 35 min de iniciado ese proceso. La máxima concentración de metanol obtenida en el depósito de almacenamiento (263.71 mg/100 mL de alcohol anhidro) fue después de 2 h con 35 min de iniciado el rectificado.

La mayor concentración de alcoholes superiores (267.15 mg/100 mL de alcohol anhidro) en la salida del alambique fue después de 3 h con 5 min de iniciado el rectificado. Para el depósito de almacenamiento la máxima concentración se obtuvo transcurrido 2 h con 35 min de iniciado el rectificado. Los muestreos realizados en la salida del alambique, permitieron identificar en qué momento se incrementa la acidez total.

A partir de los 40° alcohol volumen durante el proceso de rectificado a medida que baja la concentración de alcohol se incrementa considerablemente la acidez. El comportamiento de la acumulación del extracto seco mostro un enmascaramiento en el depósito del mezcal rectificado ya que desde su inicio su tendencia fue a incrementarse.

Tabla 1. Contenido de alcohol etílico, metanol, alcoholes superiores (alcohol isoamílico e isopropanol), acidez total y extracto seco, durante el proceso de rectificado, tomando la muestra en la salida del alambique y en el depósito de recepción del mezcal rectificado a diferentes tiempos

Muestra (salida del alambique)	Tiempo (horas)	Contenido alcohólico (% Alc. Vol. 20°C)	Metanol (mg/100 mL alcohol anhidro)	Alcoholes Superiores (mg/100mL de alcohol anhidro)	Acidez total (ácido acético/100 mL alcohol anhidro)	Extracto seco (g/L)
1	0.08	64.00	167.00	146.34	44.10	0.0149
2	0.58	66.00	190.00	155.70	58.21	0.0027
3	1.08	63.50	223.60	162.50	69.14	0.0027
4	1.58	62.50	241.65	177.16	72.76	0.0028
5	2.08	61.00	250.59	165.31	83.54	0.0028
6	2.58	59.00	307.31	170.93	83.72	0.0027
7	3.08	56.00	307.16	267.15	98.00	0.0028
8	3.58	53.00	228.09	21.80	109.46	0.0027
9	4.08	50.00	198.65	29.98	133.28	0.0025
10	4.58	46.00	185.16	45.17	156.80	0.0024
11	5.08	44.00	228.79	47.33	165.71	0.0015
12	5.58	42.00	207.69	34.54	181.07	0.0012
13	6.08	40.00	214.33	30.43	209.72	0.0012
14	6.58	30.00	179.89	19.43	321.44	0.0011
15	7.08	20.00	123.67	13.07	544.88	0.0013
16	7.58	10.00	104.43	32.92	1238.72	0.0012
Muestras (depósito de recepción)						
1	1.58	66.50	204.76	278.00	55.41	0.0067
2	2.58	65.00	263.71	223.43	71.16	0.0016
3	3.58	64.00	233.31	184.11	74.73	0.0017
4	4.58	62.00	236.18	164.94	82.19	0.0020
5	5.58	59.00	239.43	147.27	91.69	0.0020
6	6.58	57.00	221.61	128.19	101.78	0.0024

Alc. = Alcohol; Vol. = Volumen

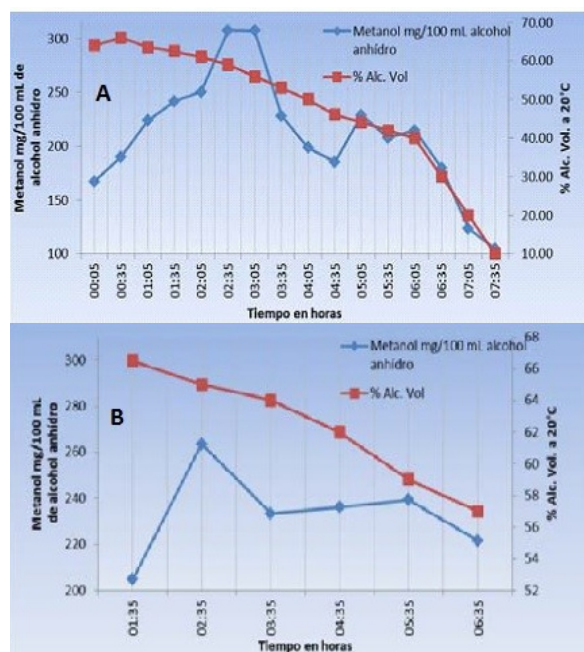


Figura 1. Concentración de metanol del mezcal durante el muestreo en la salida del alambique rectificador (A) y en el tanque receptor (B) a diferentes tiempos del rectificado.

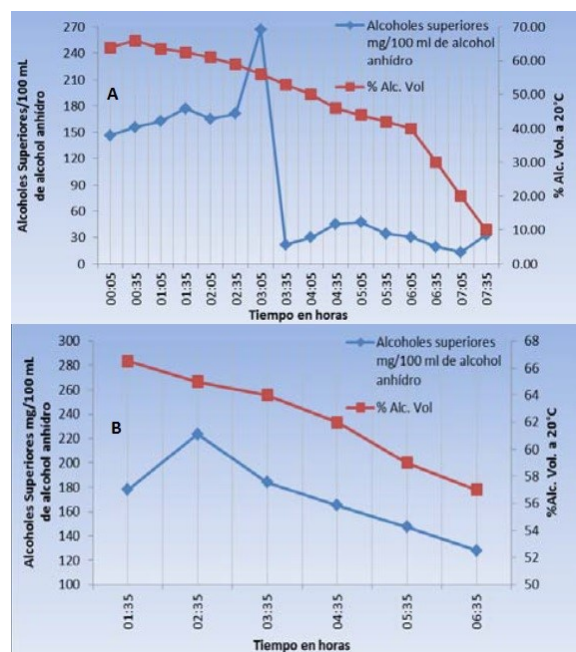


Figura 2. Concentración de alcoholes superiores del mezcal durante el muestreo en la salida del alambique rectificador (A) y depósito de almacenamiento (B) a diferentes tiempos

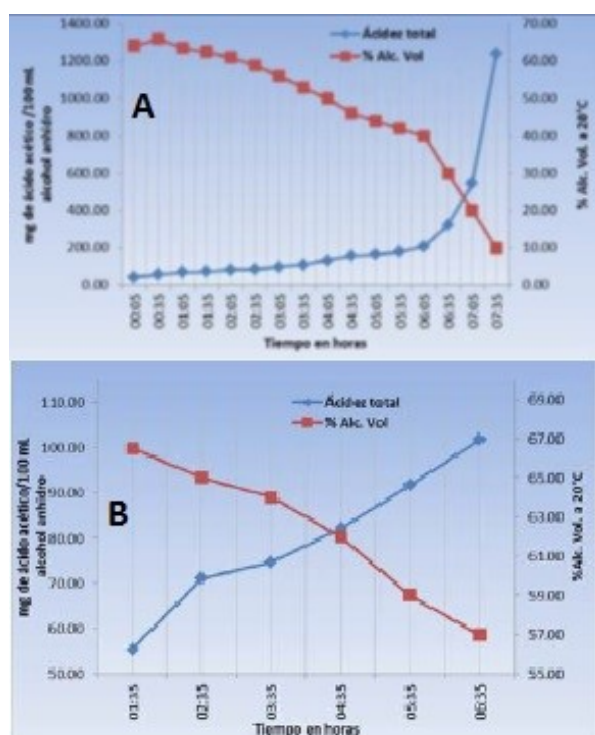


Figura 3. Acidez total del mezcal en la salida del alambique rectificador (A) y en el depósito de almacenamiento (B) a diferentes tiempos.

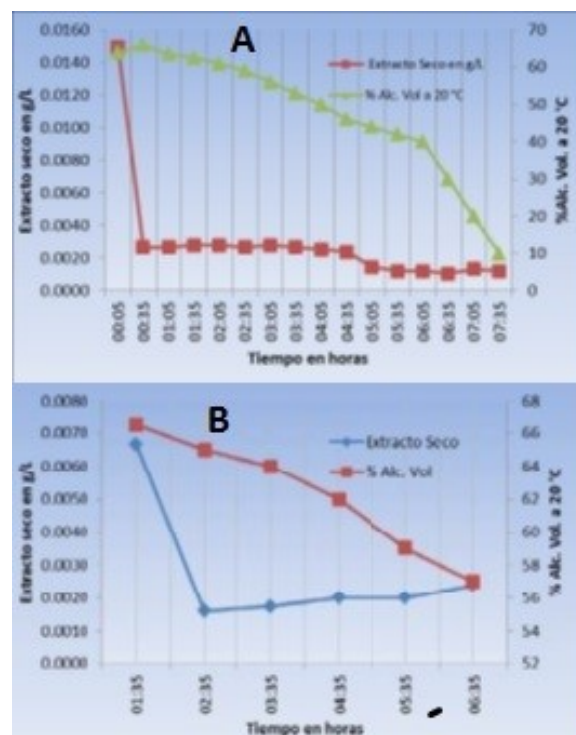


Figura 4. Extracto seco del mezcal en la salida del alambique rectificador (A) y en el depósito de almacenamiento (B) a diferentes tiempos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almaraz-Abarca, N., V. Hernández-Vargas, I. Torres-Morán, A. Delgado-Alvarado, G. Orea-Lara, A. Cifuentes-Díaz de León, J. A. Ávila-Reyes, J. Herrera-Corral, N. Uribe-Soto, R. Muñiz-Martínez, N. Naranjo-Jiménez. 2011. *Agave durangensis*. Instituto Politécnico Nacional-CONACYT-COCYTED. México.
- Ávila, R. J. A. 2010. Evaluación de los Parámetros Físicoquímicos del Mezcal de Durango para el Desarrollo de un Índice de Calidad. Tesis de Doctorado. CIIDIR Durango, Instituto Politécnico Nacional. Durango, México.
- De León-Rodríguez, A., L. González-Hernández, A. P. Barba de la Rosa, P. Escalante-Minakata, M. G. López. 2006. Characterization of volatile compounds of mezcal, an ethnic alcoholic beverage obtained from *Agave salmiana*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 1337-1341.
- Hernández, V. V., L. G. Orea, D. L. A. Cifuentes, O. S. Gómez. 2009. Desarrollo de las plántulas de *Agave durangensis* en tres sistema de enviverado. *Vidsupra* 2 (1): 1-5.
- Jiménez, M. J. 2008. 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* (Eds. Shahidi, F., C. T. Ho). Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, USA, pp. 211-217.
- Soto, G. M. 2007. Estudio comparativo de la calidad y el rendimiento del mezcal obtenido por fermentación de mostos filtrados en Durango. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Durango. Durango, México.
- Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994. Bebidas alcohólicas. Mezcal. Especificaciones.
- Norma de Bebidas Alcohólicas Determinación de Acidez total, Acidez Fija y Acidez Volátil, NCR 113:1989 2012. <http://vlex.co.cr/vid/aprueba-norma-bebidas-484947554>. Consultado en noviembre 2015.
- Prado-Ramírez, R., V. Gonzáles-Álvarez, C. Pelayo-Ortiz, N. Casillas, M. Estarrón, H. E. Gómez-Hernández. 2005. The rol of distillation on the quality of tequila. *International Journal of Food Science and Technology* 40: 701-708.
- Ruth van, M.S. 2001. Methods for gas chromatography-olfactometry: A review. *Biomolecular Engineering* 17: 121-128.

CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS DE AGAVE MEZCALERO CON APLICACIÓN DE ABONOS

Vicente Hernández-Vargas*, Gildardo Orea-Lara, Salomón Gómez-Ortiz

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, 34220. Becarios COFAA. Correo electrónico: vicehv@yahoo.com

RESUMEN

Dentro de un marco de sustentabilidad y sostenibilidad, el abastecimiento de materia prima para la industria mezcalera del estado de Durango, México requiere de la producción de plantas de calidad para el establecimiento de plantaciones comerciales de agave mezcalero. El establecimiento de plantaciones tiene la finalidad de evitar la sobre extracción de plantas de las poblaciones naturales del sureste del estado. En la presente investigación se probaron tres abonos (vermicomposta), estiércol de bovino y estiércol de ovino) a tres dosis de aplicación (10, 20 y 30 ton/ha) para medir el efecto en el crecimiento de plántulas de agave mezcalero en vivero. Los caracteres evaluados fueron altura de planta, número de hojas, longitud de hoja, ancho de hoja, dosel de planta, diámetro polar del tallo, diámetro ecuatorial del tallo, diámetro de cogollo, longitud de cogollo y peso seco de planta. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con un arreglo factorial AxB y cuatro repeticiones. Un análisis de varianza y la prueba de discriminación de medias Tukey ($\alpha \leq 0.05$) revelaron diferencias significativas en la altura de planta, longitud de hoja, dosel de planta, diámetro ecuatorial de tallo, diámetro y longitud de cogollo y peso seco de la planta. La mejor respuesta se obtuvo con los tratamientos de composta y abono de bovino. La mayor acumulación de biomasa fue encontrada con el tratamiento de 20 ton/ha de composta. El tratamiento de 30 ton/ha de estiércol de bovino presentó una opción viable de utilizar.

ABSTRACT

In a frame of sustainability and sustainability, the supply of raw material for the mezcal industry of Durango, Mexico requires the production of quality plants for the establishment of commercial plantations of "agave mezcalero". Those types of plantations may contribute to prevent over-extraction of plants from the natural populations Southeast Durango. In the current research, three fertilizer (vermicompost, bovine manure and sheep manure) at three application rates (10, 20 and 30 tons/ha) were tested to measure the effect on the growth of seedlings of "agave mezcalero" in nursery conditions. The features evaluated were plant height, number of leaves, leaf length, leaf width, plant canopy, polar stem diameter, equatorial diameter of stem, bud diameter, bud length and dry weight of plant. An experimental randomized block design was used with a factorial arrangement of AxB and four repetitions. An analysis of variance and the Tukey test ($\alpha \leq 0.05$) revealed significant differences in plant height, leaf length, plant canopy, equatorial diameter of stem, diameter and length of shoot and plant dry weight they were found plant. The best response was obtained with the compost and bovine manure treatments. The greatest accumulation of biomass was found with the treatment of 20 ton/ha of compost. The treatment of 30 ton/ha of cattle manure represents a viable option to use.

PALABRAS CLAVE:

A b o n o s , v i v e r o ,
acolchado.

KEYWORDS:

Fertilizers, nursery,
padding.

INTRODUCCIÓN

En la región sureste del estado de Durango, México, el mezcal es producido con agave cenizo recolectado de poblaciones naturales. Las plantas obtenidas de esa manera no son suficientes para garantizar los volúmenes que se requieren para abastecer de materia prima a la industria del mezcal (Valenzuela *et al.*, 2003). Para disminuir la presión que se ejerce actualmente sobre las poblaciones naturales se requiere el establecimiento de plantaciones comerciales de agave (Hernández *et al.*, 2009). Para ello, se requiere a su vez de plantas de calidad, generadas con tecnologías de producción sustentable, que puedan establecerse en campo.

En el desarrollo de cualquier planta la nutrición es uno de los factores que más afectan su crecimiento, por lo que para lograr una buena producción en el cultivo se requiere la aplicación de fertilizantes que mantengan los nutrientes en el suelo en condiciones de ser asimilados por la planta (Nobel, 1998).

Ciertos agaves, bajo condiciones adecuadas, pueden producir más biomasa que esencialmente cualquiera de las plantas cultivadas, las cuales durante miles de años han sido cuidadosamente mejoradas para incrementar su productividad. Peso seco es la unidad preferida para estimar la productividad (Nobel, 1998).

De acuerdo con Nobel (1988, 1998), los requerimientos nutrimentales de los magueyes se asemejan a los de las demás plantas, pero con menor exigencia que los cultivos foliares. Con frecuencia, el nitrógeno en el suelo es el elemento más importante que limita el crecimiento tanto en áreas agrícolas como en ambientes naturales, por lo que la fertilización nitrogenada, por lo general incrementa el crecimiento.

Para promover el crecimiento y producción en el cultivo de agave o maguey, una alternativa es la adición de materia orgánica, la cual mejora las características físicas y químicas del suelo, ya que modifica la estructura y aeración del suelo, incrementando la materia orgánica, la densidad, la capacidad de retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes (Peña *et al.*, 2002).

La aplicación de abonos y fertilizantes orgánicos proporciona los nutrientes que requiere la planta, mejora la estructura y el pH del suelo, evita la lixiviación y por lo tanto la contaminación de los acuíferos; sin embargo, no se cuenta con estudios que nos permitan identificar la respuesta del agave a la aplicación de fertilizantes orgánicos, por lo que en la presente investigación se determinó el efecto en plantas de agave mezcalero a la aplicación de abonos provenientes del ganado bovino, ganado ovino y vermicomposta con tres dosis de aplicación.

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 (CIIDIR IPN Durango), Campus Vicente Guerrero (23°44'00.02" N, 103°58'37.69", 1934 msnm). El vivero se estableció con sistema de acolchado plástico y riego por goteo (cintilla). Como material vegetativo se utilizaron plantas de maguey mezcalero obtenidas a partir de la germinación de semillas y desarrolladas bajo condiciones de invernadero durante 10 meses, las cuales presentaban 3 a 4 hojas verdaderas y altura promedio de 5 cm. La unidad experimental se constituyó de un metro cuadrado con 25 plántulas a 0.20 m entre filas e hileras. Se utilizó estiércol de bovino, estiércol de ovino, y vermicomposta, aplicados a 10, 20 y 30 ton/ha. Se utilizó un testigo sin fertilización.

Los tratamientos fueron evaluados mediante un diseño experimental de bloques al azar, con un arreglo factorial AxB (3X3) con 4 repeticiones (Montgomery, 2004.).

Se realizaron mediciones cada dos meses durante un año, de cinco plantas seleccionadas en la parte central de cada unidad experimental. Las variables medidas fueron altura de planta (AP), número de hojas (NH), longitud de la hoja (LH), ancho medio de la hoja (AMH) y dosel de la planta (DP). Al concluir el experimento se extrajeron las 5 plantas seleccionadas de cada unidad experimental y se tomaron datos de número de hojas (NH), diámetro polar del tallo (DPP), diámetro ecuatorial de tallo (DEP), diámetro de cogollo (DC), longitud del cogollo (LC) y peso seco de la parte aérea de la planta (PSP). Para determinar el peso seco se utilizó una estufa de aire forzado marca Robertshaw modelo HCF 102, a 70 °C. Para la interpretación de los resultados se utilizó un análisis de varianza y prueba de medias por el método de Tukey con $\alpha \leq 0.05$. Los datos fueron analizados utilizando el algoritmo SAS (Statistical Analysis System) (SAS Institute, 2004)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables AP, LH y DP presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tabla 1).

Para la variable AP los mejores tratamientos fueron la composta en sus diferentes dosis y el estiércol de bovino a dosis de 30 ton/ha. El valor mínimo de la variable AP fue de 12.73 cm para el tratamiento de estiércol de ovino a dosis de 30 ton/ha. El tratamiento de composta, a la dosis de 20 ton/ha, produjo el mayor valor de AP (14.65 cm), el cual es 1.33 veces más que el valor obtenido para el testigo (11 cm). Las variables LH y DP presentaron un comportamiento similar al obtenido par AP bajo los diferentes tratamientos.

Tabla 1. Respuesta en campo de las plantas de agave mezcalero a la aplicación de diferentes tipos y dosis de abonos.

Abono	Cantidad ton/ha	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Longitud de hoja (cm)	Ancho medio de hoja (cm)	Dosel de planta (cm)
Bovino	10	12.98 ^{*ab}	13.30 ^a	18.65 ^{ab}	8.35 ^a	22.10 ^{bc}
Bovino	20	13.35 ^{ab}	12.95 ^a	19.05 ^a	8.03 ^a	20.55 ^{bc}
Bovino	30	14.53 ^a	13.65 ^a	18.68 ^{ab}	8.65 ^a	22.58 ^{bc}
Composta	10	13.70 ^a	12.85 ^a	17.98 ^{ab}	8.46 ^a	22.75 ^{bc}
Composta	20	14.65 ^a	15.40 ^a	19.45 ^a	8.35 ^a	24.18 ^a
Composta	30	14.45 ^a	13.70 ^a	19.43 ^a	8.85 ^a	23.08 ^{bc}
Ovino	10	13.38 ^{ab}	12.70 ^a	17.70 ^b	8.80 ^a	22.05 ^{bc}
Ovino	20	12.98 ^{ab}	14.20 ^a	17.43 ^{ab}	8.68 ^a	22.08 ^{bc}
Ovino	30	12.73 ^{ab}	13.15 ^a	16.25 ^{ab}	8.08 ^a	20.75 ^{bc}
Testigo	0	11.00 ^b	13.15 ^a	15.48 ^b	7.23 ^a	18.60 ^c
DMS		2.37	2.74	3.258	2.02	3.37

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$).

Tabla 2. Variables medidas de las plantas extraídas al final del experimento.

Abono	Cantidad ton/ha	Número de hojas	Diámetro polar (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro cogollo (cm)	Longitud de cogollo (cm)	Peso seco (gr)
Bovino	10	15.30 ^{* a}	5.45 ^a	5.85 ^a	2.75 ^{ab}	11.53 ^{ab}	103.10 ^{abc}
Bovino	20	14.45 ^a	5.35 ^a	5.63 ^{ab}	2.71 ^{ab}	12.38 ^a	86.50 ^{abc}
Bovino	30	15.95 ^a	5.82 ^a	6.38 ^a	2.98 ^a	12.29 ^a	106.30 ^{ab}
Composta	10	14.70 ^a	5.71 ^a	6.03 ^a	2.84 ^a	12.06 ^a	108.10 ^{ab}
Composta	20	17.20 ^a	5.92 ^a	5.88 ^a	2.83 ^a	12.78 ^a	126.30 ^a
Composta	30	16.00 ^a	5.87 ^a	5.78 ^a	2.86 ^a	12.47 ^a	108.30 ^{ab}
Ovino	10	14.25 ^a	5.78 ^a	5.48 ^{ab}	2.56 ^{ab}	11.88 ^{ab}	97.10 ^{abc}
Ovino	20	14.60 ^a	5.37 ^a	5.40 ^{ab}	2.71 ^{ab}	11.00 ^{ab}	91.80 ^{abc}
Ovino	30	14.85 ^a	5.07 ^a	5.42 ^{ab}	2.68 ^{ab}	11.10 ^{ab}	79.80 ^{bc}
Testigo	0	14.35 ^a	5.00 ^a	4.71 ^b	2.23 ^b	9.51 ^b	62.60 ^c
DMS		3.27	1.06	1.00	0.56	2.42	42.42

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$).

Los mejores tratamientos que generaron el mayor valor de LH también fueron los de composta a las dosis de 20 y 30 ton/ha. Lo anterior probablemente se deba a que la composta tiene cantidades más elevadas de nitrógeno disponible, ya que de acuerdo con Nobel *et al.* (1988, 1998), uno de los nutrientes que más promueve el crecimiento es el nitrógeno, como fue corroborado para *Agave deserti*, el cual duplicó el número de hojas abiertas en un año después de la aplicación de ese nutriente. De acuerdo con Salazar *et al.* (2003), el grado de mineralización de los abonos está en función de la relación C/N, la cual debe ser inferior a 20:1 para que el nitrógeno y los demás nutrimentos que requiere la planta para su desarrollo estén disponibles.

Los resultados encontrados para NH y AMH no fueron significativamente diferentes, posiblemente a causa de que la planta presenta un alto desarrollo en su etapa inicial y las necesidades nutrimentales que demandó el cultivo en esa etapa inicial fueron cubiertas por el suelo.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de las mediciones realizadas en las plantas extraídas de cada tratamiento.

Los valores de DEP, DC, LC y PSP presentaron diferencias significativas entre los tratamientos que recibieron abono con respecto al testigo. Los valores de DEP (Tabla 2) no fueron significativamente diferentes para las tres dosis de composta y para las dosis de 10 y 30 ton/ha de estiércol de bovino. El DEP mayor fue de 6.38 cm, obtenido con abono de bovino (30 ton/ha). El diámetro menor se obtuvo para el abono de ovino, siendo de 5.42 cm en el tratamiento de 30 ton/ha. Los valores de DC y LC presentaron un comportamiento similar a los de DEP.

Los valores de peso seco de planta fueron significativamente diferentes (Tabla 2) entre los tratamientos. El mejor tratamiento fue de 126.3 g correspondiente a la dosis de 20 ton/ha de composta. El PSP más bajo fue de 79.8 g y correspondió al tratamiento de 30 ton/ha de estiércol de ovino. Los valores de DEP, DC, LC y PSP del testigo fueron significativamente más bajos que los obtenidos con cualquiera de los tratamientos, lo que indica que la adición de abonos estimula el crecimiento y el desarrollo de las plantas de agave. Como se observa en las Tablas 1 y 2, las mejores respuestas de las características evaluadas se obtuvieron con la aplicación de abono de composta a una dosis de 20 ton/ha. Una respuesta similar se puede alcanzar con la aplicación de abono de bovino a la dosis 30 ton/ha. Nuestros resultados están de acuerdo con lo reportado por Salazar *et al.* (2003), quienes informaron que dependiendo del grado de mineralización de los abonos varía la disponibilidad de los nutrimentos para la planta, particularmente el nitrógeno (Nobel, 1988).

CONCLUSIONES

Las plantas de agave cenizo, como las especies de plantas cultivadas, responden favorablemente a la aplicación de abonos. La mejor respuesta se obtuvo en los tratamientos de composta y de abono de bovino. La mayor acumulación de biomasa fue lograda con el tratamiento de 20 ton/ha de composta. El tratamiento de abono de bovino a una dosis de 30 ton/ha representa un tratamiento alternativo para lograr efectos similares en el crecimiento y desarrollo de esas plantas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hernández, V. V., O. S. Gómez, D. L. A. Cifuentes. 2009. Efecto del tamaño de cavidad en el desarrollo de las plantas de Agave mezcalero durante la etapa de vivero. Memoria del 2° Congreso Internacional de Biología, Química y Agronomía. Universidad Autónoma de Guadalajara, México.
- Montgomery, D. C. 2004. Diseño y Análisis de Experimentos. Limusa Wiley. México.
- Nobel, P. S., E. Quero, H. Linares. 1988. Differential growth responses of agaves to nitrogen, phosphorus, potassium, and boron applications. *Journal of Plant Nutrition* 11: 1683-1700.
- Nobel, P. S. 1998. Los Incomparables Agaves y Cactus. Trillas. México.
- Peña, T. E., C. M. Ramírez, F. Martínez, N. A. Rodríguez, C. N. Companioni. 2002. Manual para la Producción de Abonos Orgánicos en la Agricultura Urbana. La Habana, Cuba.
- Salazar, S. E., H. M. Fortis, A. A. Vázquez, V. C. Vázquez. 2003. Abonos Orgánicos y Platicultura. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo-UJED. Gómez Palacio, México.
- SAS Institute. 2004. SAS® 9.1 SQL Procedure User's Guide. Cary, NC, USA.
- Valenzuela, R. J. F., G. O. H. Velasco, L. M. Márquez. 2003. Desarrollo Sustentable del Agave Mezcalero en Durango. Fundación Produce Durango-CIIDIR Durango, IPN. Durango, México.

IMPORTANCIA DE LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGO POTENCIAL EN YACIMIENTOS MINERALES: ANÁLISIS DE CASOS

Nidia Aurora Morales-Morales

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. México, CP. 34200. Correo electrónico: nidia_2523@hotmail.com

RESUMEN

En este trabajo se analizaron cuatro casos sobre la identificación del riesgo potencial en zonas con yacimientos minerales de la República Mexicana (Guanajuato, Guanajuato; Villa de la Paz, San Luis Potosí; Santa Bárbara, Chihuahua; y una comparación entre dos zonas mineras en el sur y el centro de México). La revisión de la metodología utilizada en cada uno de los estudios indicó que los parámetros importantes en este tipo de estudios son el pH, la conductividad eléctrica y las concentraciones totales de los elementos potencialmente tóxicos (EPT). Estos parámetros pueden ser medibles en muestras sólidas y muestras líquidas. Las muestras sólidas son previamente digeridas o extraídas por medio de ácidos. Una herramienta importante para la obtención de conclusiones en este tipo de estudios es la presentación de datos en mapas digitales de las zonas de estudio, formados a partir de las tablas donde se resumen los resultados obtenidos de los análisis. Las conclusiones acerca de la existencia de un bajo o alto riesgo potencial en yacimientos minerales se obtienen de la comparación entre los datos presentados en la Normativa Oficial Mexicana (NOM) correspondiente y los niveles de EPT presentes en muestras de suelos, sedimentos, jales mineros, lixiviados, agua, hormonas en ratas y orina de niños. El mejor estudio realizado, de acuerdo a la obtención de resultados, fue el utilizado en Villa de la Paz, San Luis Potosí, basado en una metodología de tres fases.

ABSTRACT

In this paper four studies on the identification of potential risk were analyzed, the studies were carried out in areas with mineral deposits of Mexico (Guanajuato, Guanajuato; Villa de la Paz, San Luis Potosí; Santa Bárbara, Chihuahua; and a comparison between two mining areas in southern and central Mexico). The review of the methodology used in each study indicated that the important parameters in these studies are pH, electrical conductivity and the total concentrations of potentially toxic elements (PTE). These parameters may be measurable in solid and liquid samples. Solid samples previously must be digested or extracted by acids. An important tool for drawing conclusions in these studies is the presentation of data on digital maps of the study areas, formed from the tables where the results of the analysis are summarized. The conclusions about the presence of a low or high potential risk in mineral deposits are obtained from the comparison between the data presented in the respective Mexican Official Standards (NOM) and the PTE levels in samples of soil, sediments, tailings, leachates, water, hormones in rats and urine of children. The best study, according to the obtained results, was that used in Villa de la Paz, San Luis Potosí, based on a three-phase methodology.

PALABRAS CLAVE:

Elementos potencialmente tóxicos (EPT), concentración total, depósito de jales.

KEY WORDS:

Potentially toxic elements (PTE), total concentration, tailing deposits.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se define el riesgo como la probabilidad de daño, enfermedad o muerte bajo circunstancias específicas; el riesgo puede ser expresando en términos cuantitativos de probabilidad y en muchos casos solo se puede expresar en términos cualitativos como alto, bajo o insignificante (Delgadillo, 2008). Otra definición de riesgo es la frecuencia pronosticada o real de la ocurrencia de un efecto adverso de una sustancia química u otro peligro. En otras palabras, el riesgo es la probabilidad de ser afectados por la exposición a una situación peligrosa (Curso de Autoinstrucción en Evaluación de Riesgos. Glosario, sin fecha).

Los riesgos a la salud pueden ser ambientales y ecológicos. En el presente documento se analizará la importancia de identificar los riesgos ambientales presentes en zonas con yacimientos minerales, que puedan ser fuentes principales de posibles riesgos a la salud, analizando varios casos de estudio en diferentes zonas.

Las evaluaciones de riesgos a la salud por factores ambientales son un procedimiento mediante el cual se cualifican y cuantifican los factores de riesgo a que está expuesta una población determinada (Delgadillo, 2008). También se entiende por evaluación de riesgo la identificación y cuantificación del riesgo resultante del uso o la presencia de una sustancia química, considerando los posibles efectos dañinos en los individuos o la sociedad por usar dicha sustancia en una cantidad y manera dada, tomando en cuenta todas las rutas de exposición posibles (Curso de Autoinstrucción en Evaluación de Riesgos. Glosario, sin fecha), esto quiere decir que para llevar a cabo la evaluación de riesgos se debe identificar y cuantificar la relación que existen entre la dosis de exposición y el efecto o respuesta obtenidos en los individuos de la población expuesta.

Existe una metodología para la identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados (Díaz-Barriga, 1999), en la cual se presenta la siguiente definición al término residuo peligroso: material que no tiene un uso directo y se descarta en forma permanente. En esta metodología también se define el término peligrosidad (que es diferente de "riesgo") como la característica de toda aquella sustancia que por sus propiedades físicas, químicas o infecciosas puede causar incremento de enfermedades y hasta un aumento en la mortalidad de la población expuesta. En esa misma metodología se define un sitio peligroso como aquellas áreas o zonas en las cuales son tratados, almacenados, transportados, eliminados o manejados de forma indebida los residuos peligrosos. El presente análisis de casos se enfoca a materiales que fueron generados en procesos de extracción y beneficio de yacimientos minerales.

ANÁLISIS DE CASOS

CASO 1: DISTRITO DE GUANAJUATO, MÉXICO

En este primer caso se realizó una identificación de jales con potencial riesgo ambiental en el distrito minero de Guanajuato. En él se presenta un esquema de la estrategia desarrollada para seleccionar los depósitos de jales que representaban un mayor riesgo de acidificación y liberación de elementos potencialmente tóxicos (EPT) al ambiente (Ramos-Arroyo y Siebe-Grabach, 2006).

Como parte de la metodología para la selección de los depósitos de jales que representan un mayor riesgo de acidificación y liberación de EPT al ambiente se utilizaron fotografías aéreas con escala 1:37000 del año 1986, imágenes de satélite que presentaban altos valores de brillantez, tres cartas topográficas (Nuevo Valle de Moreno F-14-C-42, Guanajuato F-14-C-43 y Silao F-14-C-53), y geológicas, e información oral para ubicar y evaluar las áreas de superficie de los depósitos, así como también para trazar rutas de acceso a los sitios; se compiló información de la compañía minera sobre el proceso de producción y beneficio, características geológicas de los residuos, tiempo de exposición a la atmósfera y sobre el uso de terreno después del abandono de los depósitos de jales; y se llevó a cabo la estimación del volumen en metros cúbicos de los jales en función del área superficial (longitudinal) del depósito y la altura del talud.

Se ubicaron 31 depósitos de jales, de los cuales nueve se encontraban en condiciones de evolución natural, y se eligieron cinco de estos sitios representativos de las condiciones geológicas de los yacimientos. Se describió en una tabla los factores que diferenciaban a cada uno de los sitios de muestreo y se describió un perfil representativo hasta un máximo de un metro de profundidad. Colectaron 18 muestras de los horizontes en los perfiles para conocer la distribución de cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn). Se colectaron cuatro muestras compuestas para cada tipo de zona: proximales (jales de cianuración y de flotación) y distales (jales de flotación) con un área de muestreo de 25 x 25 m. Al total de las 46 muestras colectadas se les determinó el pH y la conductividad eléctrica en extractos de pastas de saturación, el contenido de materia orgánica y concentraciones totales de Cu, Pb y Zn, después de una digestión con agua regia, y una caracterización mineralógica con difracción de rayos X in extenso (DRX).

Finalmente se determinó el impacto ambiental que han ocasionado los jales en el distrito minero de Guanajuato. Uno de ellos es el azolve del cauce del río ocasionado por el vertido de los jales de amalgamación que contenían partículas de mercurio. Los jales de cianuración tienen mayor riesgo de erosión hídrica debido a la falta de desviación del drenaje natural.

Para definir si los EPT contenidos en los jales ocasionan efectos tóxicos al ambiente se debía tomar en cuenta los niveles naturales en la geología del lugar, comparando los niveles encontrados con las distintas legislaciones internacionales, el distrito de Guanajuato sí excedió en este caso los niveles de calidad y los contenidos de Cu, Pb y Zn se consideraron tóxicos al ambiente.

La estrategia propuesta en este estudio resulto eficiente para ubicar sitios que por sus propiedades podían representar un riesgo al ambiente.

CASO 2: ZONA MINERA DEL SUR Y ZONA MINERA DEL CENTRO DE MÉXICO

Este es un estudio comparativo de la peligrosidad de depósitos de jales en dos zonas mineras ubicadas en el sur y centro de México (Romero y Gutiérrez, 2010).

Como parte de la metodología se describió la diferencia climática entre ambas zonas mineras. Se colectaron 37 muestras en la Unidad Minera Sur (23 superficiales y 14 en perfiles de hasta 300 cm de profundidad). En la Unidad Minera centro se colectaron 28 muestras (12 superficiales y 16 hasta la profundidad de 100 cm). Para valorar la peligrosidad de los jales se determinaron las concentraciones totales de EPT como arsénico (As), bario (Ba), cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg), plata (Ag), plomo (Pb) y selenio (Se) regulados por la NOM-141 (SEMARNAT, 2004). También se determinaron otros EPT como berilio (Be), talio (Ta), níquel (Ni) y vanadio (Va) regulados por la NOM-147 (SEMARNAT, 2007); adicionalmente se determinaron concentraciones totales de elementos como cobre (Cu), hierro (Fe) y zinc (Zn). Se llevó a cabo la digestión de las muestras con una granulometría inferior a la malla 200, con ácido nítrico concentrado en horno de microondas siguiendo el procedimiento descrito en el método 3051 de la United States Environmental Protection Agency (1994). También se determinaron las concentraciones geodisponibles de los EPT de acuerdo al procedimiento establecido en la NOM-141 (SEMARNAT, 2004) que consiste en simular los lixiviados que se formarían en los jales al contacto con agua de lluvia, obteniendo extractos para análisis químicos a partir de la agitación de las muestras sólidas con agua en equilibrio con la atmósfera ($\text{pH} = 5.5 \pm 0.2$) en una relación sólido:líquido de 1:20. Los análisis de las concentraciones totales y geodisponibles de las muestras se realizaron por espectroscopia de emisión atómica inductivamente acoplada a plasma (ICP-AES) utilizando como control de calidad el análisis de muestras duplicadas y el análisis de material de referencia para jales mineros RTS-3 "Canadian Certified Reference Materials".

La capacidad de generación de drenaje ácido se determinó mediante la medición de pH en extractos acuosos preparando suspensiones de las muestras sólidas homogenizadas en una relación sólido:agua de 1:5, siguiendo el procedimiento general descrito en el método 9045 (United States Environmental Protection Agency, 1995). Se realizó una identificación de fases sólidas en 10 muestras seleccionadas de cada sitio de muestreo tamizadas, concentrando partículas inferiores a los 38 μm , utilizando la técnica de difracción de rayos X (DRX) y microscopía electrónica de barrido acoplada con espectrometría de Rayos X por energía dispersa (MEB-EDS).

En la valoración de la peligrosidad de los jales se obtuvo que las concentraciones totales relativamente altas son en elementos como As, Cd y Pb, y de los elementos propios del yacimiento mineral como Cu, Zn y Fe; mientras que las concentraciones relativamente bajas e inferiores a las que podrían representar un riesgo para el ambiente y la salud de acuerdo a las Normas Ambientales Mexicanas (SEMARNAT, 2007) son de elementos como Ba, Cr, Hg, Ag, Pb, Se, Be, Ta, Ni y Va.

Finalmente se concluyó que la zona minera del Sur se caracteriza por tener mayores concentraciones de As y Fe, y posibles generadores de drenaje ácido en el futuro cuando se oxiden, además de contener EPT geodisponibles en concentraciones inferiores a los límites señalados en la NOM-141 (SEMARNAT, 2004); mientras que la zona minera del Centro tiene las mayores concentraciones en Cd, Pb, Cu y Zn, y no posibles generadores de drenaje ácido.

CASO 3: VILLA DE LA PAZ, SAN LUIS POTOSÍ

En este estudio se hace la propuesta de un método de tres fases para la evaluación de riesgos para la salud en zonas mineras (Mejía *et al.*, 1999). Se piensa que las zonas mineras deberían ser consideradas como sitios potencialmente peligrosos para la salud y es necesario establecer una metodología de tres fases para este estudio: primero una caracterización de la biodisponibilidad de los metales, luego un estudio de la toxicidad de los residuos, bajo la perspectiva de que su toxicidad dependerá de la interacción de los metales presentes en ellos, y finalmente un análisis de la contaminación de los medios del ambiente a fin de determinar las rutas de mayor riesgo para la comunidad afectada.

Se eligió este sitio por tener tres minas que producen Ag, Au, Pb, Zn y Cu, donde se ha formado un gran depósito de material fino el cual puede ser transportado por escurrimientos hacia el arroyo de La Paz en tiempos de lluvia, mientras que en tiempos de estiaje el sedimento seco puede ser transportado por el viento y depositarse en zonas agrícolas y áreas residenciales cercanas.

La medición de la biodisponibilidad de As se realizó en muestras urinarias en 112 niños residentes de Villa de La Paz que representan el 40% de los niños con edades de tres a seis años que habitan ese lugar con dos años mínimos de residencia en la zona, seleccionados completamente al azar y con autorización de los padres para la colección de las muestras. La toxicidad de los residuos mineros fue por medio de extracción con ácidos, en la que se puso en contacto 10 g del residuo minero con 200 mL de una solución de ácido acético (0.1 N) en agitación constante durante 18 horas a temperatura ambiente, la mezcla se pasó a través de un filtro de fibra de vidrio de 0.6-0.8 μm de diámetro, la solución extraída se digirió con una mezcla de ácido nítrico/ácido perclórico (6:1). Se realizó también una extracción de 2 g de residuo mineral con 50 ml de ácido clorhídrico (HCl) durante dos horas a temperatura ambiente, la mezcla se paso a través de un filtro igual al del método anterior y la solución extraída se aforó a 100 ml con agua desionizada, siendo cuantificado el As en las soluciones por espectrofotometría de absorción atómica (EAA) con generador de hidruros.

Debido a que el procedimiento de simulación de las condiciones gastrointestinales con una extracción con ácidos no fue lo suficientemente efectiva para probar la toxicidad del As, se llevó a cabo una medición de la toxicidad de ese elemento en un modelo animal, utilizando ratas macho de 350-400 g de peso, expuestas de 4 a 8 semanas a un tratamiento de ingesta de 920 mg/día de residuo minero mezclado con el alimento, se cuantificó el nivel de As cerebral en las ratas para definir la exposición, además de los niveles sanguíneos de la enzima aspartato transaminasa como indicador hepático. Para la evaluación de la neurotoxicidad se implantó, bajo anestesia, una sonda de microdiálisis en el cuerpo estriado, después de un periodo de recuperación de dos días, las concentraciones de dopamina (DA) y sus metabolitos, ácido 3,4-dihidroxifenil acético (DOPAC) y ácido homovalínico (HVA), fueron cuantificadas por cromatografía de líquidos (HPLC).

Finalmente, se llevo a cabo el monitoreo ambiental, colectando muestras de suelo superficial y de polvo residencial colectadas en un área urbana cerca a la planta trituradora y otras colectadas de una colonia periférica al depósito de jales; se colectaron también sedimentos del arroyo de La Paz y se muestreo en pozos de agua cercanos y lejanos al área minera.

Los resultados obtenidos indicaron que los niveles encontrados sobrepasaban 145 veces los valores de referencia de la Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, 1985) para As en el suelo siendo mayores las concentraciones en la zona urbana cercana a la planta de trituración. Todos los valores obtenidos en los distintos monitoreos indicaron que la

planta de trituración y los depósitos de jales han contribuido a la dispersión de As y Pb en la zona estudiada.

En este estudio se menciona que contactaron a las autoridades después de comprobar la biodisponibilidad de los elementos en las muestras urinarias y hacer la simulación de la toxicidad del As con extracción de ácidos, pero que fueron ignorados por no comprobar la toxicidad del residuo minero por lo que realizaron el análisis neurotóxico en ratas donde si se comprobó un efecto negativo en la producción de dopamina con la exposición al residuo minero.

Después del estudio, se logró la firma de un acuerdo entre la empresa minera y las autoridades gubernamentales para la restauración del sitio. El estudio sirvió como ejemplo para aplicar este método en otros dos sitios mineros contaminados y surgió la idea de utilizar este método como prevención de contaminación y no solo de remediación.

CASO 4: SANTA BÁRBARA, CHIHUAHUA, MÉXICO.

En este estudio se analizaron suelos y sedimentos afectados por la dispersión de jales inactivos de sulfuros metálicos en la zona minera de Santa Bárbara, Chihuahua (Gutiérrez-Ruiz *et al.*, 2007). En él se realizó una descripción histórica de la formación y naturaleza del sitio de estudio, se detalló el tipo de minerales presentes y las condiciones climáticas de la zona.

Como parte de la metodología, se colectaron 101 muestras sólidas (45 de jales superficiales en excavaciones de 0.5 y 2.0 m de profundidad, 37 de suelos y sedimentos superficiales de 0-10 cm en la zona de influencia de los jales, 10 de suelos y sedimentos a 30 cm de profundidad en la zona de influencia para evaluar la movilidad vertical de los contaminantes; nueve de suelos para determinar los valores de fondo naturales de EPT en la zona de estudio) y cuatro líquidas (lixiviados de jales y aguas subterráneas). Se determinó el pH y la conductividad eléctrica (CE) en una suspensión preparada con una relación sólido a líquido de 1:5, siguiendo el procedimiento descrito en el método 9045C de la United States Environmental Protection Agency (1995). Se determinaron las concentraciones totales de los elementos señalados para valorar la peligrosidad de los jales según la NOM-141 (SEMARNAT, 2004) siguiendo el método 3051 de la United States Environmental Protection Agency (1994) como fue descrito en el caso anterior, la concentración soluble en agua de As, Cd, Pb, Fe, Cu, Zn y sulfatos se determinó por medio de la realización de experimentos de extracción de acuerdo a la prueba 3987 (ASTM, 1985), en la cual se obtienen extractos para análisis químicos a partir de la agitación de las muestras sólidas con agua en equilibrio con la atmósfera ($\text{pH} = 5.5 \pm 0.2$) en una relación sólido a líquido de 1:20 con el fin de simular escenarios en los cuales las muestras sólidas

reaccionan al contacto con agua liberando en parte a los EPT y favoreciendo reacciones ácido-base de los minerales que determinan el pH final, independientemente de la acidez de la solución extractante.

Los análisis químicos de los EPT se realizaron por EAA, para los metales por flama y para As y Se con generación de hidruros.

Los jales inactivos de la Unidad Minera Santa Bárbara se caracterizaron por contener altas concentraciones totales de Zn, Pb, Cu y As. Sin embargo, estos jales se pueden clasificar como “residuos no peligrosos” porque no son generadores potenciales de acidez, además de liberar en solución bajas concentraciones de EPT según las normativas oficiales mexicanas en los suelos y sedimentos por lo que tienen una movilidad limitada, lo que minimiza el riesgo ambiental que representan.

CONSIDERACIONES FINALES

Al analizar estos cuatro estudios se observa que en todos es importante primeramente determinar las georeferencias del sitio de estudios por medio de cartas topográficas e imágenes satelitales. Después, es necesario conocer las concentraciones totales de los EPT presentes en las muestras de suelos, sedimentos, jales mineros, lixiviados, agua, ratas, y orina de niños, entre otras. Es importante considerar la selección de los puntos de muestreo, el tipo de muestras a analizar, y el proceso de extracción del elemento (digestiones ácidas). Hasta el punto de la cuantificación de concentraciones totales por distintas técnicas todos los estudios son iguales, en donde se presenta la variación de la obtención de resultados es en los niveles de referencia utilizados, dado que, las referencias internacionales son más estrictas que los valores de las normativas oficiales mexicanas. Por lo tanto, si en los estudios que aparentemente no se presentaba un riesgo ambiental bajo las normativas mexicanas es conveniente comparar contra los valores de referencia de otros países.

De los cuatro casos estudiados el que obtuvo una respuesta favorable y eficiente fue el método aplicado en el caso de Villa de la Paz, San Luis Potosí, porque se hizo un análisis completo donde se demostró claramente la presencia de elementos potencialmente tóxicos, se observó la biodisponibilidad de los elementos presentes (lo que significa que después de estar expuesto a estas sustancias una parte de ellas puede llegar al torrente sanguíneo y distribuirse o acumularse en nuestros tejidos), utilizando como biomarcador la orina de niños, demostrando posteriormente que si la simulación del sistema digestivo puede extraer estos elementos presentes en los distintos tipos de muestras, un estudio en ratas expuestas a un

tratamiento alimenticio puede hacer variar los niveles de As en el cerebro de esos animales y modificar la producción de dopamina. En todos estos estudios era importante conocer la geología natural del sitio para dar explicación a la presencia en altas concentraciones o a la ausencia de algunos elementos, era necesario tomar en cuenta parámetros como el pH y la conductividad eléctrica de los sitios de muestreo y hacer una evaluación de si eran posibles generadores de drenaje ácido, así como determinar el alcance de la distribución de partículas por erosión hídrica hacia arroyos, cuencas y pozos de agua cercanos.

Se concluyó en todos los casos que los depósitos de residuos mineros son fuente importante de dispersión de partículas con los elementos potencialmente tóxicos presentes en cada uno de los yacimientos. Estudios de este tipo pueden ser de gran importancia para prevenir o mitigar los problemas presentes y futuros en salud en los individuos expuestos a zonas con explotación de yacimientos minerales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM (American Society for Testing and Materials). 1985. D3987–85 Standard test method for shake extraction of solid waste with water. American Society for Testing and Materials. USA.
- Curso de Autoinstrucción en Evaluación de Riesgos. Glosario. (sin fecha). Recuperado el 12 de abril de 2015, de <http://www.bvsde.ops-oms.org/tutorial/glosario.html>
- Delgadillo, E. 2008. Metodología para el análisis de riesgos ambientales. Impacto social en la población del municipio de Ecatepec, Estado de México. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales, Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
- Díaz-Barriga, F. 1999. Metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados. OPS/CEPIS/PUB/99.34. Recuperado el 10 de octubre de 2015, de <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/id/560/BVI00110.pdf>
- Gutiérrez-Ruiz, M., G. González-Hernández, F. Romero. 2007. Suelos y sedimentos afectados por la dispersión de jales inactivos de sulfuros metálicos en la zona minera de Santa Bárbara, Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 24: 170-184.
- Mejía, J., L. Carrizales, V. Rodríguez, M. Jiménez-Capdeville, F. Díaz-Barriga. 1999. Un método para la evaluación de riesgos para la salud en zonas mineras. *Salud Pública* 41: S132-S140.

- Ramos-Arroyo, Y., C. Siebe-Grabach. 2006. Estrategia para identificar jales con potencial de riesgo ambiental en un distrito minero: estudio de caso en el Distrito de Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 23: 54-74.
- Romero, F., M. Gutiérrez. 2010. Estudio comparativo de la peligrosidad de jales en dos zonas mineras localizadas en el sur y centro de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 62: 43-53.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2004. Norma Oficial Mexicana (NOM-141-SEMARNAT) que establece el procedimiento para caracterizar los jales así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y pos-operación de presas de jales, *Diario Oficial de la Federación*, 14 enero de 2004. México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2007. Norma Oficial Mexicana (NOM-147-SEMARNAT/SSA1) que establece los criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. *Diario Oficial de la Federación*, 2 de marzo de 2007. México.
- United States Environmental Protection Agency (US-EPA). 1994. Method 3051: Microwave assisted acid digestion/sludges, soils: Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods, <http://www.epa.gov/sw-846/pdfs/9045d.pdf>
- United States Environmental Protection Agency (US-EPA), 1995, Method 9045C: Solid and waste pH, Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods, <http://www.epa.gov/sw-846/pdfs/9045d.pdf>

EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD ANTROPOGÉNICA SOBRE LA ESTRUCTURA GENÉTICA DE UNGULADOS SILVESTRES

Dania Melissa Vega Hernández*, Marcela Verónica Gutiérrez Velázquez

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, 34220. Correo electrónico: daniavega12@gmail.com

RESUMEN

Las poblaciones de cérvidos han estado expuestas durante varias décadas a varias influencias antropogénicas que han afectado su estructura genética. Los efectos provocados dependen del tipo de actividad humana involucrada. La creación de Unidades de Manejo Ambiental cambia el estatus de las poblaciones, de silvestres a poblaciones en cautiverio, sometiéndolas a un manejo intensivo. Teóricamente, esta práctica podría desencadenar importantes consecuencias en la variabilidad genética, promoviendo una deriva génica que reduciría el flujo de genes. Actualmente, la genética de conservación representa una herramienta importante para el monitoreo de la variabilidad genética de las poblaciones silvestres que están bajo esquemas de manejo o explotación. Existen rangos comparables en la magnitud de la variabilidad genética en animales domésticos y silvestres que sugieren que la domesticación con manejo apropiado no resultará necesariamente en la pérdida de variabilidad genética, por lo que es importante la realización de estudios ecológicos, ambientales y necesariamente también de análisis genético de la especie de interés, que den pautas y bases para llevar a cabo prácticas de manejo adecuadas, tratando de mantener el equilibrio entre todos los elementos involucrados, sobre todo si se trata de áreas de aprovechamiento sustentable.

ABSTRACT

The cervus populations have been exposed for several decades to various anthropogenic influences that have been affecting their genetic structure. The effects arisen depend on the type of human activity involved. The creation of Environmental Management Units changes the population status, from wild to captive populations, taking them to intensive management. Theoretically, this practice could make a significant impact on genetic variability, promoting genetic drift reducing gene flow. Currently, genetics conservation represents an important tool for monitoring the genetic variability of wild populations that are under management schemes or exploitation. There are comparable levels in the magnitude of genetic variability in wild and domestic animals that suggest that proper management domestication does not necessarily result in the loss of genetic variability, that is the reason why it is important to conduct ecological, environmental, and necessarily also genetic studies of the species of interest, which give guidelines and bases to carry out appropriate management practices, trying to keep the balance between all the elements involved, especially in areas of sustainable use.

PALABRAS CLAVE:

Ungulados silvestres, variabilidad genética, actividad humana, depósito de jales.

KEY WORDS:

Wild ungulates, genetic variability, human activity.

INTRODUCCIÓN

La composición y configuración del paisaje varían en el tiempo y espacio por los procesos naturales que han ocurrido en las diferentes etapas de la Tierra, y sobre todo, por las recientes actividades humanas. Últimamente y en gran medida, los cambios en los ecosistemas están ocurriendo en tiempos más cortos, ya que las actividades antropogénicas han dejado una huella más expansiva sobre las características del ambiente que cualquier proceso natural. Las actividades antropogénicas incluyen la creación de caminos o los cambios en las condiciones ambientales y uso de suelo que afectan la ocupación del hábitat y tasas de flujo génico entre las poblaciones silvestres (Locher *et al.*, 2015).

En especial, las poblaciones de ungulados han sido expuestas a varias influencias antropogénicas que han estado afectando su estructura genética por varias décadas, dependiendo del tipo de actividad humana involucrada. Por ejemplo, rigurosos programas de caza favorecen animales con astas grandes y ramificadas, aunado a la fragmentación del hábitat debido a la creación de caminos y carreteras, asentamientos humanos, y reducción de áreas forestales, entre las principales actividades (Hartl *et al.*, 2003).

En el presente trabajo se realizó una breve revisión sobre los efectos que las actividades humanas pueden provocar, de manera general, en la estructura genética de poblaciones de ungulados silvestres.

CONFINAMIENTO ARTIFICIAL DE LAS POBLACIONES

La reducción genética dentro de las poblaciones y el incremento de diferenciación genética entre ellas, podría ser bastante obvio cuando las poblaciones son mantenidas en confinamiento durante varias generaciones. Tales poblaciones son usualmente fundadas por un pequeño número de individuos, con un crecimiento exponencial, logrando o superando el tamaño efectivo de población (Hartl *et al.*, 2003). Así, la domesticación de los animales tiene el potencial de disminuir la variabilidad genética en comparación a los progenitores en vida libre dado al dicho efecto fundador o deriva génica. La variabilidad genética es importante para mantener el desempeño óptimo y el potencial adaptativo de las poblaciones tanto en vida libre como cautiverio (Cronin *et al.*, 2009).

TRANSLOCACIÓN E INTRODUCCIONES

La historia biogeográfica de ungulados silvestres ha estado bajo la influencia humana desde hace mucho tiempo, posiblemente desde sus asentamientos. Durante las últimas décadas ha habido un extenso movimiento de estas especies logrando principalmente una mejor calidad de los trofeos.

Como consecuencia, las poblaciones en proceso de extinción o bajo protección han sido repobladas y las poblaciones nativas han sido hibridizadas con animales introducidos, lo que altera los límites genéticos formados naturalmente entre las poblaciones (Hartl *et al.*, 2003).

No son muy conocidos los alcances de la introducción y la translocación de animales, debido a la escasez de documentación, aun así, es obvio que el impacto del hombre podría ser considerable, como lo ha sido el caso de la introducción de venado cola blanca subespecie texanus (Smith, 1991), en varios ecosistemas diferentes al suyo en México, siendo esta la principal especie de ungulados aprovechada en el país (Hartl *et al.*, 2003).

De igual forma, existen los casos de éxito, que son importantes de analizar porque pueden dar un panorama más claro de los efectos de las actividades de manejo y pueden brindar estrategias que sean factibles de aplicar en otros sistemas y condiciones, tal es el caso de una población restaurada de venado cola blanca en el sureste de Estados Unidos, que al ser evaluada después de su reintroducción, mostró un alto nivel de polimorfismo y heterocigocidad (De Young *et al.*, 2003).

EFFECTOS DE LA CACERÍA SELECTIVA PARA TROFEO

Se ha encontrado que en algunos ungulados, cérvidos principalmente, existen genotipos específicos en dos loci de enzimas, uno de ellos está significativamente relacionado con el nivel de ramificación de las astas y el otro, con el largo de las mismas. Esos loci de enzimas están ligados a dos componentes genéticos independientes, que afectan la ramificación de las astas, principalmente en machos jóvenes, y que afectan la longitud de las astas, principalmente en ciervos con astas totalmente desarrolladas (Cronin *et al.*, 2009). Las preferencias cinegéticas por uno u otro tipo de astas, podría mostrar que en una población aislada, la cacería selectiva altera significativamente las frecuencias alélicas, ya que uno de esos alelos asociado con el crecimiento de astas podría estar positivamente correlacionado con la sobrevivencia de juveniles y la fertilidad en hembras. Entonces, aunque de una manera no directa, podría decirse que la cacería selectiva podría tener un efecto no solamente sobre las características en cuestión, sino además con otras características asociadas con la adaptación de esas poblaciones (Hartl *et al.*, 2003).

Como ejemplo, se ha encontrado en una población de venado cola blanca, en el estado de Tennessee, Estados Unidos, una relación entre la disminución de frecuencias alélicas en el tiempo, debidas a actividades cinegéticas (Kollars *et al.*, 2004).

EFFECTOS DE LA FRAGMENTACIÓN DEL HÁBITAT

Los procesos antropogénicos y naturales han afectado las características físicas y bióticas de los ecosistemas que a su vez han influenciado la demografía de las poblaciones silvestres y los movimientos individuales. Ese proceso puede, a su vez, influenciar los niveles de variabilidad genética dentro de poblaciones y el grado de variación espacial en la frecuencia génica poblacional (Kollars *et al.*, 2004). En este aspecto, las características físicas y bióticas del ambiente, tal como la calidad del hábitat, pueden afectar la probabilidad de los movimientos como la dispersión. La calidad del hábitat considera múltiples cualidades que están interconectadas para evaluar la capacidad de un área para mantener individuos. En hábitats de calidad variable, los individuos probablemente permanecerán en áreas (parches) de alta calidad y se dispersarán dentro o a través de áreas con más baja calidad de hábitat (corredores ecológicos). Otras características del hábitat tales como caminos y ríos pueden presentar barreras para la dispersión y afectar la estructura genética espacial (Locher *et al.*, 2015).

SITUACIÓN EN MÉXICO

Desde su creación a finales de la década de los noventa, bajo la ley general de vida silvestre (LGVS), las Unidades de Conservación y Manejo Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS) han promovido la diversificación de los sistemas de producción, permitiendo la explotación sustentable de ciertas especies, como el venado cola blanca, y también han permitido su conservación en áreas cercadas. Lo anterior es relevante porque esta especie representa el ungulado más aprovechado en el país. Persuadidos por esta oportunidad, varios productores han cambiado de los sistemas tradicionales de producción animal hacia el establecimiento de UMAS, sobre todo de interés cinegético, obteniendo así, mucho más ganancias comparadas a los otros sistemas de producción animal (Vega, 2014).

La creación de UMAS puede inducir al cambio de las poblaciones silvestres a poblaciones en cautiverio llevándolas a un manejo intensivo. Teóricamente, esta práctica podría desencadenar importantes consecuencias en la variabilidad genética, promoviendo una deriva génica y reduciendo el flujo de genes. Sin embargo, debido a un fuerte interés de los productores en la preservación y mejoramiento de animales para trofeo, el repoblamiento en esas poblaciones es frecuente (Hernández *et al.*, 2014). Por ejemplo, registros de esta práctica datan de finales de los setenta a través de los noventa y después las poblaciones originales de venado cola blanca se consideraron casi en extinción, hecho intensificado por la fragmentación de hábitat y cacería selectiva (Hernández *et al.*, 2014).

En el norte de México, aunque la caza de subsistencia no es tan común como en otras regiones del país, existe la preocupación por el decremento de la variabilidad genética de las poblaciones de subespecies nativas debido a la intensificación del manejo y reproducción del venado cola blanca (Hernández *et al.* 2014).

PAPEL DE LAS HERRAMIENTAS MOLECULARES EN LA CONSERVACIÓN DE RECURSOS CINEGÉTICOS

De Young *et al.* (2003) mencionan que los enfoques modernos de restauración deben enfocarse en evitar la pérdida de variabilidad genética de las poblaciones ya existentes o el establecimiento de nuevas poblaciones genéticamente diversas en sus áreas de distribución histórica. A través del uso de marcadores genéticos, tales como los microsatélites, De Young, *et al.* (2003) y Hernández *et al.* (2014) comentan que es posible implementar estrategias para determinar la variabilidad genética y sus dinámicas en una perspectiva temporal y espacial para así diagnosticar la diversidad genética en poblaciones modelo. Por ejemplo, considerar la heterocigocidad de los individuos, que está asociada al mejor desempeño y adaptabilidad de las poblaciones. En este mismo contexto, Brommer *et al.* (2015) concluyeron que cuando está presente, la correlación heterocigocidad-aptitud implica que los individuos con baja heterocigocidad tienen menores aptitudes y probabilidades de sobrevivir en un medio dado y/o dejar descendencia, lo cual podría ser usado como un indicador de endogamia dentro y entre poblaciones. Sin embargo, Cronin *et al.* (2009) consideran que varias especies de animales domésticos presentan niveles de variabilidad genética comparables con poblaciones silvestres, probablemente resultantes de un grupo fundador muy variado, mutaciones recientes u otros factores. Los rangos comparables en la magnitud de la variedad génica en animales domésticos y silvestres, sugiere que la domesticación con manejo apropiado no resultara necesariamente en la pérdida de variación genética substancial en esas especies.

CONSIDERACIONES FINALES

Actualmente, la genética de conservación representa una herramienta importante para el monitoreo de la variabilidad genética de las poblaciones silvestres que están bajo esquemas de manejo o explotación. Por lo que en México, el seguimiento de la variabilidad genética de las poblaciones silvestres y UMAS que albergan principalmente venado cola blanca, que es la especie mexicana de ungulado preferida en términos cinegéticos y la cual podría estar en riesgo, debería contemplar esa herramienta.

La difusión de los efectos negativos que ciertas actividades humanas, como la cacería deportiva y la construcción de caminos y áreas urbana, tienen sobre las poblaciones animales, puede contribuir en la concientización de las sociedades humanas para conservar sus recursos.

La realización de estudios ecológicos, ambientales, y de análisis genéticos de la especie de interés es importante porque que dan pautas y bases para llevar a cabo prácticas de manejo adecuadas, tratando de mantener el equilibrio entre todos los elementos involucrados, sobre todo si se trata de áreas de aprovechamiento sustentable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brommer, J. E., J. Kekkonen, M. Wikström. 2015. Using heterozygosity fitness correlations to study inbreeding depression in an isolated population of white tailed deer founded by few animals. *Ecology and Evolution* 2: 357-367.
- Cronin, M. A., L. A. Renecker, J. C. Patton. 2009. Genetic variation in domestic and wild elk (*Cervus elaphus*). *Journal of Animal Science* 87: 829-834.
- De Young, R. W., S. Demaris, R. L. Honeycutt, R. A. Gonzales, K. L. Gee, J. D. Anderson. 2003. Evaluation of a DNA microsatellite panel useful for genetic exclusion studies in white tailed deer. *Wildlife Society Bulletin* 31: 220-232.
- De Young, R.W., S. Demarais, R.L. Honeycutt, A. P. Rooney, R. A. González, K.L. Gee. 2003. Genetic consequences of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) restoration in Mississippi. *Molecular Ecology* 12: 3237-3252.
- Hartl, G. B., F. Zachos, K. Nadlinger. 2003. Genetic diversity in European red deer (*Cervus elaphus* L.): antropogenic influences on natural populations. *Comptes Rendus Biologies* 326: S37-S42.
- Hernandez, P. M., G. M. Bracamonte, X. F. De la Rosa, O. Chassin, A. Sifuentes. 2014. Genetics shifts in the transition from wild to farmed white tailed deer (*Odocoileus virginianus*) population. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management* 10: 3-8.
- Kollars, P. G, M. L. Beck, S. G. Mech, P. K. Kennedy, M. L. Kennedy. 2004. Temporal and spatial genetic variability in white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*). *Genetics* 121: 269-76.
- Locher, A., K. T. Scribner, J. A. Moore, B. Murphy, J. Kanefsky. 2015. Influence of landscape features spatial genetic structure of white tailed deer in human altered landscapes. *Journal of Wildlife Management* 79: 180-194.
- Smith, W.P. 1991. *Odocoileus virginianus*. *Mammalian Species* 388: 1-13.
- Vega, D. 2014. Tasas de defecación de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) a partir del contenido de fibras en heces. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. México.



CENTRAL DE INSTRUMENTACIÓN

Tercero Autorizado COFEPRIS: TA-58-15
Acreditación ema: A-0553-050/14

Ofrece los servicios de:

ANÁLISIS DE ALIMENTOS Y AGUA PARA CONSUMO HUMANO COMO LABORATORIO TERCERO AUTORIZADO ANTE COFEPRIS:

- 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 VALDÉZ

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

