



vidsupra

ÓRGANO DE DIFUSIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DEL CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL DURANGO CIIDIR-IPN

Vol.6 Núm.1
ENERO-JUNIO 2014

visión científica

ISSN: 2007-3127

Directorio
Instituto Politécnico Nacional

Yoloxóchitl Bustamante Díez
Directora General
Fernando Arellano Calderón
Secretario General
Daffny J. Rosado Moreno
Secretario Académico
Norma Patricia Muñoz Sevilla
Secretaria de Investigación y Posgrado
Óscar Jorge Súchil Villegas
Secretario de Extensión e Integración Social
María Eugenia Ugalde Martínez
Secretaria de Servicios Educativos
José Jurado Barragán
Secretario de Gestión Estratégica
Dely Karolina Urbano Sánchez
Secretaria de Administración
Cuauhtémoc Acosta Díaz
Secretario Ejecutivo de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas
Salvador Silva Ruvalcaba
Secretario Ejecutivo del Patronato de Obras e Instalaciones
Adriana Campos López
Abogada General
Jesús Ávila Galinzoga
Presidente del Decanato
Jorge Edgar Puga Álvarez
Coordinador de Comunicación Social
Juan Rivas Mora
Director del Centro de Difusión de Ciencia y Tecnología

Directorio del CIIDIR-IPN
Unidad Durango

José Antonio Ávila Reyes
Director
Marco Antonio Márquez Linares
Subdirector Académico y de Investigación
Agustín Ángel Meré Rementería
Subdirector Administrativo
Néstor Naranjo Jiménez
Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social
Roberto Villanueva Gutiérrez
Jefe del Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Ma. Angélica Hernández Ávila
Jefa de la Unidad Politécnica de Integración Social
Linda Verónica Adame Amador
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. 6, No. 1 ENERO-JUNIO

de 2014, 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 No. 119, Fracc. 20 de Noviembre II. C.P. 34220. Teléfonos: 618 8142091 y 618 814 45 40. Editor responsable: José Antonio Ávila Reyes. Certificado de reserva de derechos: No. 04-2014-010710113100-203, ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. 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.

— ① **CARACTERIZACIÓN DE FENOLES DE *Fouquieria splendens*, *Dodonaea viscosa* y *Physalis angulata* POR TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS: RESULTADOS PRELIMINARES**

Hugo Manuel Monreal-García, José Antonio Ávila-Reyes, Eli Amanda Delgado-Alvarado, Marcos Cobaleda-Velasco, Ruth Elizabeth Alanís-Bañuelos, José Roberto Medina-Medrano, René Torres-Ricario, Alfonso Reyes-Martínez

— ⑦ **INHIBITION OF ACETYLCHOLINESTERASE AND GLUTATHIONE-S-TRANSFERASE ACTIVITIES BY METHANOLIC EXTRACT OF *Lippia chevalieri* MOLDENKE**

Mindiédiba Jean Bangou, Boukaré Zebac, J. Millogo-Rasolodimbyd, O. G. Nacoulma

— ⑭ **REVISIÓN CONCEPTUAL DEL ESTUDIO DEL CRECIMIENTO URBANO Y CAMBIO DE USO DE SUELO CON POSIBLE APLICACIÓN EN LA ZONA METROPOLITANA DE ZACATECAS, MÉXICO**

César Israel Hernández Ramírez, Armando Cortés Ortiz

— ⑲ **CONOCIMIENTO ACTUAL DE *Dodonaea viscosa* (SAPINDACEAE) EN DURANGO: UNA REVISIÓN**

Andrea Cecilia Acosta Hernández, Martha González-Elizondo y Lizeth Ruacho-González

— ⑳ **GENERALIDAD SOBRE LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES**

Ariadna Villa-Carmona, Armando Cortés Ortiz

— ㉓ **PLANES DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS PELIGROSOS: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Nidya Rodríguez Rodríguez, Laura Silvia González Valdez, Priscila Alvarado Mata, Miguel Ángel Soto Cárdenas

— ㉖ **MARCO DE CAPITALES COMUNITARIOS Y ENFOQUE DE MEDIOS DE VIDA SUSTENTABLES APLICADOS A CINCO CASOS EN LATINOAMÉRICA**

Nancy Lisette Morales Díaz, Omar Alejandro Reyes Ortega

— ㉙ **ESTABILIZACIÓN DE METALES PESADOS PRESENTES EN JALES PROVENIENTES DE LA ACTIVIDAD MINERA: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Priscila Alvarado Mata, Ignacio Villanueva Fierro, Nidya Rodríguez Rodríguez, José Rafael Irigoyen Campuzano, Alejandro Fabián Orona Meza

— ㉛ **OPINIÓN INVESTIGACIÓN Y CULTURA**

José Enrique Hernández Assemat

*Fotografía de portada: *Agave durangensis* (Fotografía de Ruth Elizabeth Alanís Bañuelos)

Editores asociados: Rebeca Álvarez Zagoya y Norma Almaraz Abarca

CARACTERIZACIÓN DE FENOLES DE *Fouquieria splendens*, *Dodonaea viscosa* y *Physalis angulata* POR TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS: RESULTADOS PRELIMINARES

Hugo Manuel Monreal-García, José Antonio Ávila-Reyes, Eli Amanda Delgado-Alvarado, Marcos Cobaleda-Velasco, Ruth Elizabeth Alanís-Bañuelos, José Roberto Medina-Medrano, René Torres-Ricario, Alfonso Reyes-Martínez

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Durango, México, 34220
Tel/Fax: 618 8142091
Correo electrónico: hugomonreal@hotmail.com

RESUMEN

Se prepararon extractos etanólicos para obtener compuestos fenólicos de tejidos foliares de *Fouquieria splendens*, *Dodonaea viscosa* y *Physalis angulata*. Los resultados de los análisis de cromatografía preparativa en papel (PC) y de cromatografía líquida de alta resolución con detector de arreglo de diodos (HPLC-DAD) revelaron que los principales compuestos fenólicos presentes en las hojas de *Fouquieria splendens* fueron flavonoles y ácidos fenólicos; los de *Dodonaea viscosa* fueron ácidos fenólicos, dihidroflavonoides, flavonas, y derivados glicósidos de los flavonoles quercetina y canferol; y los de *Physalis angulata* fueron ácidos fenólicos y derivados glicósidos de quercetina y canferol. Ya que tanto los ácidos fenólicos como los derivados de quercetina han sido reportados como compuestos antioxidantes, los resultados del presente trabajo sugieren que las tres especies pueden ser fuente importante de antioxidantes naturales.

PALABRAS CLAVE: Compuestos fenólicos, cromatografía, HPLC.

ABSTRACT

Ethanol extracts were prepared to obtain phenolic compounds from foliar tissues of *Fouquieria splendens*, *Dodonaea viscosa* and *Physalis angulata*. Results of paper chromatography and HPLC-DAD revealed that the major phenolic compounds found in the leaves of *Fouquieria splendens* were flavonols and phenolic acids; in *Dodonaea viscosa*, phenolic acids, dihydroflavonoids, flavones, and glycosides of the flavonols quercetin and kaempferol; and in *Physalis angulata*, phenolic acids and glycosides of quercetin and kaempferol. As phenolic acids and quercetin derivatives have been reported as antioxidant compounds, the results of the present study suggest that those three species can be regarded as important sources of natural antioxidants.

KEY WORDS: Phenolic compounds, chromatography, HPLC.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los países que cuentan con mayor diversidad de especies vegetales en el mundo. En el territorio nacional según Rzedowski (1991) existen 220 familias, 2410 géneros y 22000 especies, aproximadamente. Esa diversidad representa entre el 10 y 12% del total mundial (CONABIO-CONANP-SEMARNAT, 2008).

El estado de Durango cuenta con condiciones fisiográficas y ecológicas muy variadas, lo cual se traduce en una alta diversidad paisajística, riqueza biológica, y abundancia de recursos naturales (Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Durango, 2009), gracias a esas características se puede encontrar gran cantidad de especies vegetales, entre ellas *Physalis angulata*, *Fouquieria splendens* y *Dodonaea viscosa*, estas especies se caracterizan por contener compuestos derivados del metabolismo secundario, entre ellos compuestos fenólicos, que cuentan con propiedades medicinales (Rzedowski, 2001, citado por Juan-Pérez, 2009; Vines, 1960, citado por Ladyman, 2004; Bastos *et al.*, 2006).

Ávalos y Pérez-Urria (2011) definen a los fenoles vegetales como los metabolitos secundarios que contienen en su estructura el grupo fenol, que es un anillo aromático con un grupo hidroxilo. Esos compuestos son sintetizados y acumulados en las plantas en gran número y variedad, hasta la fecha se han identificado aproximadamente 8000 compuestos. Los compuestos fenólicos también son llamados polifenoles o fenilpropanoides (Harborne, 1989, citado por Almaraz *et al.*, 2006), participan en diversas funciones, tales como la asimilación de nutrientes, la síntesis proteica, la actividad enzimática, la fotosíntesis, la formación de componentes estructurales, la alelopatía y la defensa ante los factores adversos del ambiente. Están relacionados con el color, el sabor, el olor, y propiedades nutritivas y antioxidantes de las plantas (Paladino, 2001). Los fenoles vegetales se clasifican de acuerdo al número de anillos fenólicos que poseen y de los grupos funcionales que contienen. Los principales grupos son los ácidos fenólicos, estilbenos, lignanos, alcoholes fenólicos y flavonoides (Quiñones *et al.*, 2012).

Dos rutas básicas participan en la síntesis de compuestos fenólicos: la ruta del ácido siquímico y la ruta del ácido malónico. La ruta de ácido siquímico se lleva a cabo a partir de la eritrosa-4-P (E4P) y el ácido fosfoenolpirúvico (PEP). A partir del ácido siquímico se derivan otros compuestos, como los aminoácidos aromáticos fenilalanina, triptófano y tirosina. Gran parte de los compuestos fenólicos se derivan de la fenilalanina (Ávalos y Pérez-Urria, 2011).

Entre los compuestos fenólicos, los flavonoides son el grupo más abundante en el reino vegetal, éstos cuentan en su estructura con 15 carbonos y dos anillos aromáticos unidos por un puente de tres carbonos; se clasifican con base en el grado de oxidación de ese puente, entre los principales se encuentran las antocianinas, flavonas, flavonoles e isoflavonas, cuyas principales funciones son la defensa y la pigmentación (Ávalos y Pérez-Urria, 2011).

Los flavonoides cuentan con propiedades antioxidantes importantes, ya que ayudan a disminuir la degradación oxidativa de los lípidos, previniendo así el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares (Bedascarrasbure *et al.*, 2004).

El objetivo de este trabajo fue caracterizar parcialmente los fenoles foliares de *Physalis angulata*, *Fouquieria splendens* y *Dodonaea viscosa*, mediante cromatografía preparativa en papel y por HPLC-DAD.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

En la Tabla 1 se muestra los sitios de colecta de tejido foliar de las tres especies analizadas. Ejemplares de referencia se colectaron para cada una y se depositaron en el Herbario CIIDIR.

Tabla 1 . Lugares de colecta de las especies del presente estudio.

Num. de ref.	Especie	Latitud N	Longitud O	Altitud (msnm)	Localidad	Fecha de colecta
1	<i>Fouquieria splendens</i>	24° 47' 25.4"	103° 44' 30.9"	1792	Carretera Durango-Torreón Km 1.7	Junio de 2012
2	<i>Dodonaea viscosa</i>	24° 07' 16.5"	104° 45' 00.1"	1969	San Vicente Chupaderos, Durango.	Septiembre de 2013
3	<i>Physalis angulata</i>	28° 08' 15.4"	104° 31' 58.5 "	1864	Autopista Durango-Torreón kilómetro 15, Camino a Málaga.	Agosto de 2012

Las hojas se secaron durante tres días, se pulverizaron y almacenaron en bolsas de plástico en obscuridad y a temperatura ambiente hasta su uso.

Análisis cromatográfico

Se prepararon, de manera independiente, extractos etanólicos al 80% (v/v), dejando macerar durante 24 hrs. Los extractos se centrifugaron (8,000 rpm, durante 10 min, a temperatura ambiente) y se recuperaron los sobrenadantes. Las pastillas se reextractaron con etanol al 20% (v/v) bajo las condiciones descritas. Los dos sobrenadantes de una misma muestra se combinaron para formar el extracto crudo. Cada extracto crudo se analizó con cromatografía preparativa en papel, de acuerdo a Markham (1982), utilizando papel Whatman número 3 como fase estacionaria y como fase móvil ácido acético- agua al 15% (v/v). Los compuestos separados se visualizaron bajo luz ultravioleta (254 nm). Para obtener información estructural, los compuestos resueltos se sometieron a vapores de amonio y se registró el viraje de color. El factor de retención (Rf) de cada compuesto fue estimado. La información estructural se obtuvo por comparación de los valores de Rf y de color bajo luz UV, antes y después de la exposición a vapores de amoniaco de cada compuesto, con los datos compilados por Mabry *et al.* (1970).

Alícuotas (100 μ L) de cada extracto crudo fueron analizadas en un HPLC-DAD marca Perkin Elmer Series 200, de acuerdo a un método en gradiente (Campos y Markham, 2007), usando una columna Perkin Elmer Brownlee Analytical C18 (4.6 x 250 mm, 5 μ m). Los espectros de cada compuesto se registraron entre 200 y 400 nm, usando un DAD Perkin Elmer Series 200. Información estructural fue obtenida por comparación de los tiempos de retención (TR) y espectros UV de cada compuesto resuelto en los cromatogramas con los datos compilados por Campos y Markham (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La importancia de identificar compuestos fenólicos en especies vegetales es sustancial ya que una correcta identificación ayuda a sugerir aplicaciones de las especies estudiadas. Además la presencia de esos compuestos puede servir como indicador del ataque de algún agente patógeno, dado que éstos son secretados como mecanismo de defensa, incluyendo también defensa contra estrés por diferentes factores (Muñoz Jáuregui *et al.*, 2007).

En las hojas de *Fouquieria splendens* se encontraron siete compuestos, los colores encontrados por PC fueron morado fuerte (F1), morado claro (F2), café claro (F8), verde claro (F10), café fuerte (F9), azul (F5), y amarillo (F4); para las hojas de *Physalis angulata* se encontraron ocho compuestos, los colores encontrados fueron café claro (P8), azul (P5), naranja claro (P12), amarillo (P4), naranja fuerte (P6), café fuerte (P9), morado claro (P2), y morado fuerte (P1); y para *Dodonaea viscosa* se encontraron siete compuestos, los colores encontrados fueron: café claro (D8), amarillo (D4), azul (D5), café fuerte (D9), verde-azul (D11), verde (D3), y morado claro (D2). Se consideraron sólo los compuestos (colores) más representativos y se calculó el valor de R_f para cada uno: F2 (0.1345), F8 (0.7703), F10 (0.4596), P5 (0.8560), P8 (0.8073), P12 (0.5536), D4 (0.9725), y D8 (0.3175). La gama amplia de valores de R_f (0.134 a 0.9725) indicó que esos compuestos presentan polaridades variables. En cuanto al viraje de color, de acuerdo a la información reportada por Mabry *et al.* (1970), se observó que el cambio más común fue de café claro a verde-amarillo fluorescente, lo que indicó la presencia de posibles flavonas y flavanonas que carecen de 5-OH libre, o de flavonoles que carecen de 5-OH libre, con 3-OH sustituido.

Los cromatogramas obtenidos por HPLC-DAD de los extractos de *Dodonaea viscosa* y *Physalis angulata* se muestran en las Figuras 1 y 2, respectivamente. De acuerdo a la comparación de las características espectrales de los principales compuestos resueltos con la información publicada por Campos y Markham (2007), en *D. viscosa* se encontraron dos ácidos fenólicos (compuesto 6 y 8), un dihidroflavonoide (compuesto 14), una flavona (compuesto 18), cuatro derivados glicosidos de quercetina (compuestos 10, 11, 12, 13), y un derivado glicosido de canferol (compuesto 16); y en *Physalis angulata*, se encontró un ácido fenólico (compuesto 3), dos derivados glicosidos de quercetina (compuestos 2 y 8), y cuatro derivados glicosidos de canferol (compuestos 4, 6, 10, y 11). Las características espectrales de los compuestos se presentan en las Tablas 2 y 3.

Los cromatogramas correspondientes a *Fouquieria splendens* están siendo actualmente analizados, las evidencias sugieren que flavonoles y ácidos fenólicos se encuentran entre los compuestos resueltos (datos no presentados).

La diversidad de compuestos fenólicos en las hojas de cualquiera de las tres especies analizadas fue relativamente compleja, menos que la reportada por Falleh *et al.* (2011) para las hojas de *Mesembryanthemum edule* (17 compuestos), una especie medicinal utilizada en Túnez, pero más alta que la reportada por Almaraz-Abarca *et al.* (2009) para las hojas de *Agave asperima* (tres derivados glicosidos de canferol), una especie de zonas áridas.

CONCLUSIONES

Los perfiles fenólicos de las hojas de *Physalis angulata*, *Fouquieria splendens* y *Dodonaea viscosa* son relativamente complejos en número y diversidad de compuestos. La presencia de ácidos fenólicos y derivados de quercetina indica que esas especies son fuentes importantes de compuestos con actividad biológica relevante.

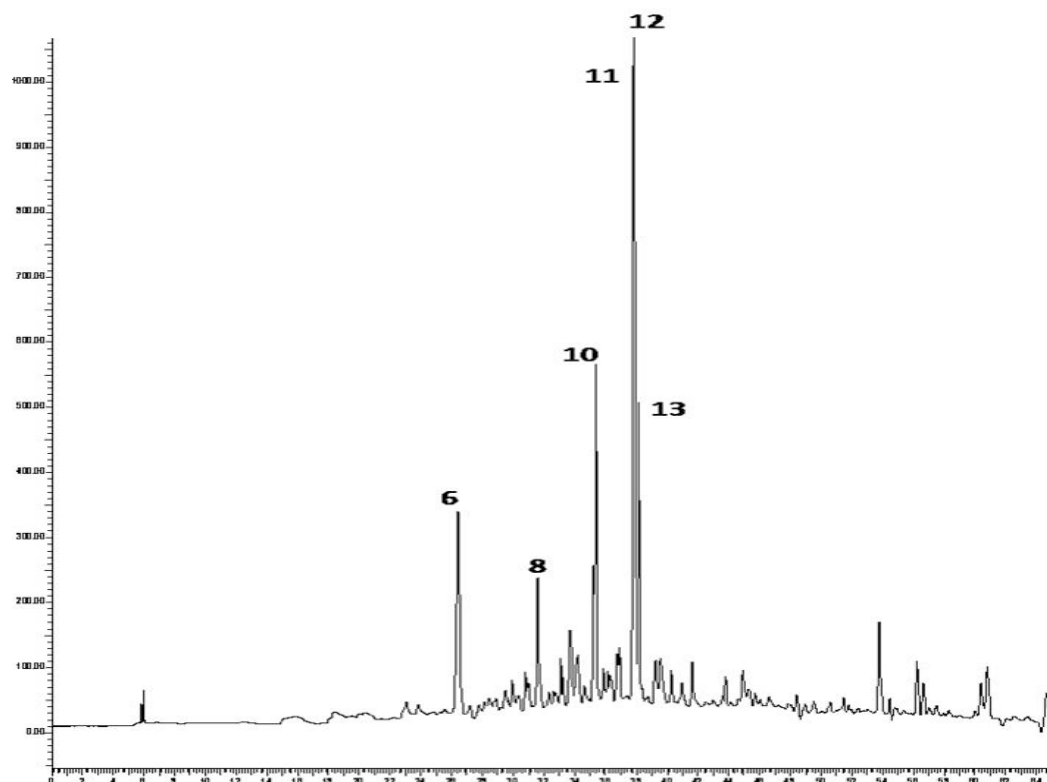


Figura 1 . Cromatograma obtenido por HPLC-DAD del extracto etanólico de tejido foliar de *Dodonaea viscosa*

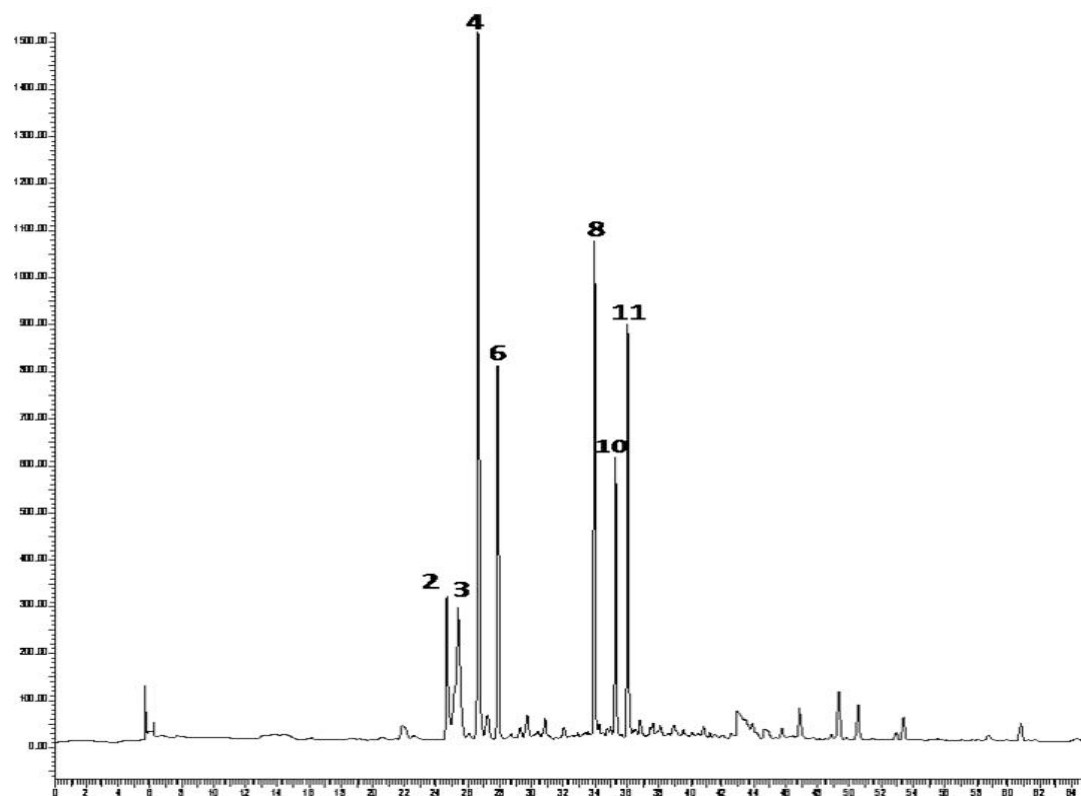


Figura 2 . Cromatograma obtenido por HPLC-DAD del extracto etanólico de tejido foliar de *Physalis angulata*.

Tabla 2 . Datos cromatográficos y espectrales de los compuestos fenólicos presentes en las hojas de *Dodonaea viscosa*.

Núm. de compuesto	RT (min)	λ max	Tipo de compuesto
6	26.374	239.16sh, 297.20, 324.73 nm	Ácido fenólico
8	31.581	280.36 nm	Ácido fenólico
10	35.399	255.23, 266.16sh, 293.59sh, 354.98 nm	Quercetina-3- <i>O</i> -glicósido
11	37.797	254.09, 266.72sh, 292.95sh, 355.12 nm	Quercetina-3- <i>O</i> -glicósido
12	37.873	253.94, 267sh, 294.43sh, 355.33 nm	Quercetina-3- <i>O</i> -glicósido
13	38.166	255.54, 266.72sh, 293.43sh, 355.61 nm	Quercetina-3- <i>O</i> -glicósido
14	53.801	289, 326.25sh nm	Dihidroflavonoide
16	56.265	265.95, 289.74sh, 320.97sh, 348.93 nm	Canferol-3- <i>O</i> -glicósido
18	60.401	278.13, 336.71sh nm	Flavona

Tabla 3 . Datos cromatográficos y espectrales de los compuestos fenólicos presentes en las hojas de *Physalis angulata*.

Núm. de compuesto	RT (min)	λ máx	Tipo de compuesto
2	24.732	255.70, 267sh, 254.26 nm	Quercetina-3- <i>O</i> -glicósido
3	25.421	224.47sh, 270.09sh, 311.38 nm	Ácido fenólico
4	26.58	265.32, 322.46sh, 348.34 nm	Canferol-3- <i>O</i> -glicósido
6	27.929	265.88, 321.07sh, 346.56 nm	Canferol-3- <i>O</i> -glicósido
8	33.986	255.43, 266.58sh, 294.45sh, 355.20 nm	Quercetina-3- <i>O</i> -glicósido
10	35.277	265.36, 292.16sh, 323.16sh, 346.25 nm	Canferol-3- <i>O</i> -glicósido
11	36.04	265.53, 293.78sh, 320.25sh, 346.73 nm	Canferol-3- <i>O</i> -glicósido

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almaraz-Abarca, N., J. A. Ávila-Reyes, E. A. Delgado-Alvarado, N. Naranjo-Jiménez, J. Herrera-Corral. 2006. El metabolismo secundario de las plantas, un nuevo concepto. *Vid Supra* 1: 39-49.
- Almaraz-Abarca, N., E. A. Delgado-Alvarado, V. Hernández-Vargas, M. Ortega-Chávez, G. Orea-Lara, A. Cifuentes-Díaz de León, J. A. Ávila-Reyes, R. Muñoz-Martínez. 2009. Profiling of phenolic compounds of somatic and reproductive tissues of *Agave durangensis* Gentry (Agavaceae). *American Journal of Applied Sciences* 6: 1076-1085.
- Ávalos, G. A., C. E. Pérez-Urria. 2011. Metabolismo secundario de plantas. *REDUCA (Biología)* 2: 119-145.
- Bastos, G. N. T., A. R. S. Santos, V. M. M. Ferreira, A. M. R. Costa, C. I. Bispo, A. J. A. Silveira, J. L. M. Do Nascimento. 2006. Antinociceptive effect of the aqueous extract obtained from roots of *Physalis angulata* L. on mice. *Journal of Ethnopharmacology* 103: 241-245.
- Bedascarrasbure, E., L. Maldonado, A. Álvarez, E. Rodríguez. 2004. Contenido de fenoles y flavonoides del propoleos argentino. *Acta Farmacéutica Bonaerense* 23: 369-372.

- Campos, M. G., K. R. Markham. 2007. Structure information from HPLC and on-line measured absorption spectra – flavone, flavonols and phenolic acids. Coimbra University Press. Portugal.
- CONABIO-CONANP-SEMARNAT. 2008. Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal: Objetivos y Metas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Falleh, H., R. Ksouri, F. Medini, S. Guyot, C. Abdelly, C. Magné. 2011. Antioxidant activity and phenolic composition of the medicinal and edible halophyte *Mesembryanthemum edule* L. Industrial Crops and Products 34: 1066-1071.
- Juan-Pérez, J. I. 2009. Función e importancia económica del recurso Chapulixtle (*Dodonaea viscosa*) en un ejido del subtropico mexicano. Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social 7: Recuperado el 20 de Noviembre de 2013, de <http://www.eumed.net/rev/oidles/14/multiproposito.pdf>.
- Ladyman, J. A. 2004. *Fouquieria splendens* Engelm. Fouquieriaceae. En: Wildland shrubs of the United States and its territories: thamnisc descriptions Vol. 1 (Ed: Francis, J. K). USDA-Forest Service-International Institute of Tropical Forestry San Juan, PR. USA, pp. 347-349.
- Mabry, T. J., K. R. Markham, M. B. Thomas. 1970. The Systematic Identification of Flavonoids. Springer-Verlag. New York.
- Markham, K. R. 1982. Techniques of Flavonoid Identification. Academic Press. London.
- Muñoz Jáuregui, A. M., D. F. Ramos-Escudero, C. Alvarado-Ortiz Ureta, B. Castañeda Castañeda. 2007. Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. Revista de la Sociedad Química del Perú 73: 142-149.
- Paladino, S. C. 2001. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos contenidos en las semillas de la vid (*Vitis vinifera* L.). Tesis de maestría. Universidades Nacionales del Cuyo La Rioja, San Juan y San Luis. Sede Mendoza, Facultad de Ciencias Agrarias-Unicuyo. Extraído el 14 de Abril del 2014 desde: http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/2627/tesispaladino.pdf.
- Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Durango. 2009. Programa de ordenamiento ecológico del Estado de Durango. Número 5, Página Dos. México. Extraído el 14 de Abril del 2014 desde: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/DURANGO/Programas/DGOPROG01.pdf>
- Quiñones, M., M. Miguely, A. Aleixandre, A. 2012. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. Nutrición Hospitalaria 27: 76-89.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Botánica Mexicana 14: 3-21

INHIBITION OF ACETYLCHOLINESTERASE AND GLUTATHIONE-S-TRANSFERASE ACTIVITIES BY METHANOLIC EXTRACT OF *Lippia chevalieri* MOLDENKEMindiédiba Jean Bangou^{a,b,*}, Boukaré Zeba^c, J. Millogo-Rasolodimby^d, O. G. Nacoulma^a^aLaboratoire de Biochimie et de Chimie Appliquées (LABIOCA), U.F.R.-S.V.T., Université de Ouagadougou, 09 BP 848 Ouagadougou 09, Burkina Faso^bLaboratoire de Recherche et d'Enseignement en Santé et Biotechnologies Animales (LARESBA), Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 01 BP 1091 Bobo 01 (Burkina Faso)^cLaboratoire d'Enzymologie de la Chimio-Résistance Bactérienne (LECRB), U.F.R.-S.V.T., Université de Ouagadougou, 09 BP 848 Ouagadougou 09, Burkina Faso^dLaboratoire de Biologie et Ecologie Végétales, U.F.R.-S.V.T., Université de Ouagadougou, 09 BP 848 Ouagadougou 09, Burkina Faso

*Corresponding author, e-mails: feliciabangou@yahoo.fr; mindiediba.bangou@univ-ouaga.bf

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la capacidad inhibidora de acetilcolinesterasa (AChE) y glutathione-S-transferasa (GST) de extractos metanólicos (100 µg/mL) de *Lippia chevalieri* de Burkina Faso. Se determinaron también, por métodos espectrométricos las concentraciones de flavonoides, flavonoles y taninos totales. *Lippia chevalieri* inhibió ambas enzimas en más del 35%. GST fue la enzima que sufrió mayor efecto de inhibición. El contenido de fenoles totales fue de 17.88 mg de equivalentes de ácido gálico (GAE)/100 mg de extracto seco. Dado que los taninos fueron los principales compuestos fenólicos en los extractos, su contribución a la inhibición enzimática podría representar el 42.61%. Los resultados de este trabajo sugieren que el extracto metanólico de *L. chevalieri* es un inhibidor importante de AChE y GST y confirman su uso tradicional en el tratamiento de desordenes mentales, respiratorios, y de enfermedades cardiovasculares.

PALABRAS CLAVE: Glutathione-S-transferasa, acetilcolinesterasa, extracto metanólico, *Lippia chevalieri*.**ABSTRACT**

The aim of the present study was to evaluate acetylcholinesterase (AChE) and glutathione-S-transferase (GST) inhibition against methanolic extract (100 µg/mL) of *Lippia chevalieri* from Burkina Faso. The total phenolics, flavonoids, flavonols and tannins were also determined spectrophotometrically. *Lippia chevalieri* inhibited both enzymes at more 35 %. The best inhibition activity was found on GST. The total phenolics content was 17.88 mg gallic acid equivalents (GAE)/100 mg dry extract. As tannins were the major phenolic compounds in the extracts, their contribution to inhibition activity could represent 42.61 %. The present findings suggest that the methanolic extract of *L. chevalieri* is a relevant inhibitor of AChE and GST and confirm its traditional use in the treatment of mental and respiratory disorders and cardiovascular diseases.

KEY WORDS: Glutathione-S-transferase, acetylcholinesterase, methanolic extract, *Lippia chevalieri*.**INTRODUCTION**

Acetylcholinesterase and glutathione-s-transferase are involved in the development of Alzheimer's disease (AD), cancer and cardiovascular diseases (Hayeshi *et al.*, 2007; Bangou *et al.*, 2011a). These diseases are becoming now-a-day a threat to public health (Orhan *et al.*, 2004; Wu and Ng, 2008). It has been demonstrated that medicinal plants are a promising way for obtaining compounds with a broad range of biological activities (Djeridane *et al.*, 2006). According to the World Health Organization (WHO, 2002), traditional medicine is largely more available than modern medicine. According to Gurib-Fakim (2006), approximately 50 drugs result from the tropical plants. Fifty percent of the products prescribed in several countries of Europe and America are natural products or their derivatives (Newman *et al.*, 2003; Krzaczkowski, 2008). In Africa, WHO (2002) estimated that 80% of the population used traditional medicine to meet its needs for health. *Lippia chevalieri*, which belongs to the Verbenaceae family, is widespread in the world, and is used to treat several diseases such as cancer and mental disorders (Nacoulma, 1996; Pascual *et al.*, 2001). Previous biological investigation showed that this specie possess antimicrobial and antibacterial activities (Bangou *et al.*, 2012a). Former phytochemistry studies demonstrated that this plant species synthesize many essential oils (Pascual *et al.*, 2001) and recently, 20 phenolic compounds were detected using HPLC-DAD (Bangou *et al.*, 2012a); these same authors showed the presence of caffeic acid and rutin in a methanol extract. The aim of the present paper was to evaluate *in vitro* the glutathione-s-transferase and acetylcholinesterase inhibition activities against total phenolic, flavonoid, flavonol and tannin contents of methanolic extracts of *Lippia chevalieri*.

MATERIALS AND METHODS

Chemicals

Reagents came from Sigma Aldrich Chemie GmbH, Germany: L-glutathione reduced (GSH), glutathione-s-transferase (GST) from rat liver, 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB), albumin from bovine serum (BSA), potassium phosphate monobasic (KH₂PO₄) and dibasic K₂HPO₄). Acetylcholinesterase (AChE) from electric eel, acetylcholine iodide (ATCI), 5,5'-dithiobis-2-nitrobenzoic acid (DTNB), tannic acid, gallic acid, and quercetin were provided from Sigma-Germany. HCl and sodium carbonate were from Labosi-France. Folin-Ciocalteu reagent was obtained from Sigma, USA. Dimethylsulphoxide (DMSO) and tween were purchased from Sigma-Aldrich Chemie GmbH (Germany). Aluminium trichloride (AlCl₃), galanthamine, Na₂HPO₄ and NaH₂PO₄ were purchased from Sigma-Aldrich Chemie (Steinheim, Germany).

Plant materials

Plant material, constituted of *Lippia chevalieri* from Burkina Faso was collected in Ouagadougou in June 2006. This plant species was botanically identified by Professor Millogo-Rasolodimby from the Ecology Laboratory of the University of Ouagadougou. Voucher specimen (BK-la2775) was deposited in the OUA herbarium of the CIB (Centre d'Information sur la Biodiversité), UFR-SVT of the University of Ouagadougou.

Preparation of plant extracts

Stems-leaves of *Lippia chevalieri* were dried at room temperature and ground to fine powder, using a grinder. The extraction was carried out using 10 g (3x100 mL) after overnight maceration. The extract was filtered and evaporated to dryness.

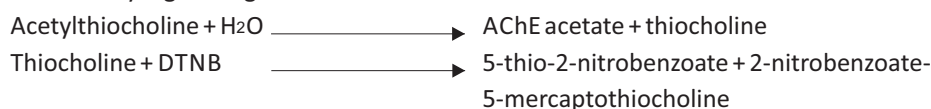
Acetylcholinesterase activity

The AChE inhibition was conducted according to the protocol described by Lopez *et al.* (2002) with some modifications. Briefly described, the assay mixture consisted of 200 µL of Tris-HCl 50 mM pH 8, 0.1 % BSA buffer, 100 µL of extracts solution (final concentration: 100 µg/mL), and 100 µL of AChE (0.22 U/mL). The mixture was incubated at room temperature for 2 min before adding 500 µL of DTNB (3 mM) and 100 µL of substrate (ATCI 15 mM). The developing yellow color was measured at 405 nm after 4 min (Cecil CE2041, England). Galanthamine was used as a positive control at a final concentration of 0.2 µg/mL in the assay mixture. AChE inhibitory activity was expressed as inhibition percentage and it was calculated as:

$$\text{Inhibition percentage of AChE(\%)} = \frac{[(A-B) \times 100]}{A}$$

Where, A is the absorbance of the assay without the plant extract and B is the absorbance of the assay with the plant extract.

The principle of this method is based on acetylcholinesterase hydrolysis (ATCI) in thiocholine and acetate, products not coloured. The thiocholine in the presence of the DTNB gives a yellow product, the 5-thio-2-nitrobenzoate, which makes it possible to follow the kinetics by registering the absorbance at 405 nm.



Inhibition of glutathione-S-transferases

GST inhibition assay were conducted as described by Habdous *et al.* (2002) with some modifications. The reaction mixture was formed by 200 μ L of phosphate buffer 100 mM (pH 6), 100 μ L of enzyme (1 U/mL), and 100 μ L of extract (100 μ g/mL). The reaction was initiated with 100 μ L of GSH (5 mM) and 500 μ L CDNB (1 mM). GST inhibitory activity was expressed as inhibition percentage and it was calculated as:

$$\text{Inhibition percentage of GST(\%)} = \frac{[(A-B) \times 100]}{A}$$

Where, A is the absorbance of the assay without the plant extract and B is the absorbance of the assay with the plant extract.

This procedure described by Habdous *et al.* (2002), inspired of the method of Habig *et al.* (1974), was slightly modified for this purpose (Figure 1). At the step 1, there is ionization of the reduced glutathion in proton (H^+) and thiolate anion $[GS]^-$. Step 2 : nucleophilic attack is carried out by CDNB on the thiolate anion in the C1 of its aromatic nucleus. Then, a Mesenheimer complex 1-(S-gluthionyl-2,4-dinitrobenzen) (Gs-DNB) is formed and it can be followed by the absorbance registers at 340nm (way 1). The electrophilic can be inactivated at the time of the conjugation with the GSH is formed and this unit will inhibit the action of the enzyme (way 2). Or the electrophilic can cling to the enzyme and prevent its action (way 3).

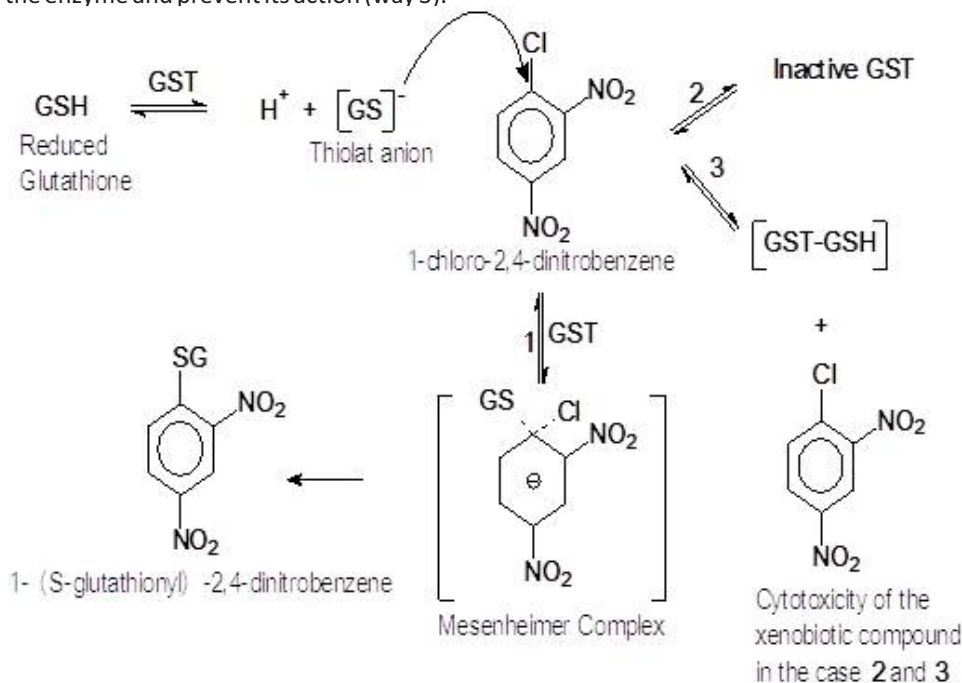


Figure 1. Reaction of catalysis of the GST (Habdous *et al.*, 2002; Ibarra *et al.*, 2003; Bangou, 2012b).

Determination of the total phenolic content

The total phenolics of the plant extract were determined by the Folin-Ciocalteu method (Bangou *et al.*, 2011b).

Determination of tannin content

Tannin content was determined according to the European Commission (2000) as adapted by Bangou *et al.* (2011b).

Determination of the total flavonoid content

The total flavonoids were estimated according to the Dowd method as adapted by Bangou *et al.* (2011b).

Determination of the total flavonols content

Flavonol content was determined according to Almaraz-Abarca *et al.*, (2007) method as adapted by Bangou *et al.* (2012c).

Statistical analysis

All assays were carried out in triplicates and results are expressed as mean $\pm$ standard deviation (SD) calculated with Excel 2007. Statistical comparisons were done with the XLSTAT7.5.2, using Spearman correlation. Differences were considered to be significant at $p < 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

AChE inhibitory activity

The methanolic extract of *Lippia chevalieri* inhibitory activity on AChE was 39.26 ± 2.18 (Figure 2). This result can be compared to the galanthamine ($50.76 \pm 0.68\%$), which is used like reference and also in the treatment of Alzheimer's disease (Lopez *et al.*, 2002). According to the cholinergic hypothesis, memory impairment in patients suffering from Alzheimer's disease is a result of decreased levels of the neurotransmitter acetylcholine (ACh) in the cortex. In the healthy brain AChE is the most important enzyme regulating the ACh level (Adersen *et al.*, 2007). In this way, it would be relevant to search for more substance capable of inhibiting AChE activity in Alzheimer's disease patients to increase their ACh levels besides galanthamine, which is used in the treatment of this disease.

AChE is found in the insects and by its action of hydrolysis of acetylcholine helps the insects to resist insecticides (Yi *et al.*, 2006). In *Drosophila melanogaster*, several mutations of AChE were identified around the action site of insecticides, such as: I161V, G265A, F330Y and G368A (Shi *et al.*, 2004). These mutations compromise the attack of the insecticide molecules. Each one of these four mutations enzymes, can only or in association to hydrolize acetylcholine contents varying between 2 μ M and 300 mM (Shi *et al.*, 2004). Organophosphorous and the carbamates act by inhibiting the catalytic activity of the AChE. These compounds are fixed on the active site of the enzyme, in the place of acetylcholine. Then, the accumulation of ACh in the synaptic area causes a hyperexcitation of the cholinergic connections causing the death of the insect finally. On the other hand, several studies showed that the GST was able to degrade organophosphorous and to confer a resistance to the insects (Bangou, 2012c).

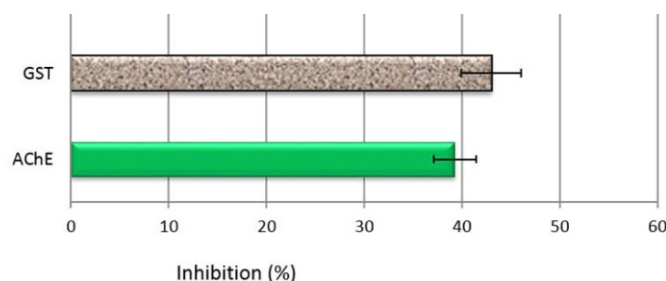


Figure 2. Enzyme inhibition percentage of the methanolic extract of *Lippia chevalieri* on acetylcholinesterase (AChE) and glutathione-S-transferase (GST).

GST inhibitory activity

The result of GST inhibition activity by the methanolic extract of *Lippia chevalieri* was $42.99 \pm 3.03\%$ (Figure 2). This inhibition was higher than that observed for the ACh by the same extract. Several investigation showed that overexpression of GST is associated with multidrug resistance of tumor cells (Zanden *et al.*, 2004; Hayeshi *et al.*, 2007). Thus, the inhibition of GST activity become a promising way to develop antitumoral drugs, particularly, drugs from medicinal plant (Bangou *et al.*, 2011a). It is important to mention that there are several types of GST according to their origin (animal, insect, or plant) and according to their location inside the cell (microsomal, cytosolic, mitochondrial or peroxisomal) (Sheehan *et al.*, 2001; Enayati *et al.*, 2005). They play a central role in the endogenous detoxication of the xenobiotic compounds, facilitate intracell transport, biosynthesis of hormones and protection against the oxidative stress (Enayati *et al.*, 2005). Figure 1 gives detail of its mechanism.

Relationship between enzyme inhibition activities and polyphenolic contents

In order to determine the implication of polyphenolic compound (phenols, flavonoids, tannins and flavonols) in the inhibition activities measured, several determinations were carried out. Firstly, total phenolic content was 17.88 ± 0.90 mg GAE/100 mg dry extract (Figure 3), which is lower than the phenolic contents found in other species, like *Cassia mimosoides* (Ceasalpiniaceae) and *Sclerocarya birrea* (Anecardiaceae) in which yields of 51.3 ± 0.49 and 56.10 ± 1.16 mg GAE/100 mg dry extract, respectively were found (Bangou *et al.*, 2011a), those values are around three fold the content found for *Lippia chevalieri* in the present study; however, those species showed inhibition activities, which are comparable to those found here for *L. chevalieri*. The results of the present study suggest that the type of compounds present in the *L. chevalieri* extract could have a higher impact on the inhibition of AChE and GST than the phenolic content. Our research group have obtained for *Sclerocarya birrea* total extract, 41.12% AChE inhibition and 44.34 % for GST; and for *Cassia mimosoides* 39.12 % and 20.04%, in the same order (Bangou *et al.*, 2011a; Bangou *et al.*, 2011b). Concerning the total flavonoids, total tannins and total flavonols we found 3.19, 7.62, and 0.8 mg/100 g dry extract, respectively (Figure 3). According to those values, tannins could do the highest contribution (42.6%) to the enzyme inhibition of the *L. chevalieri* extract. Several research had shown that AChE inhibition is sometimes correlated with tannin content and hydroquinones (Pithayanukul *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2007), and sometimes with total flavonoids (Ji and Zhang, 2006), while GST inhibition has been correlated with total flavonoids (Van Zanden *et al.*, 2004). Recently, 20 polyphenolic compound have been found in *L. chevalieri* by using HPLC-DAD methods (Bangou *et al.*, 2012a), and, with thin layer chromatography. Bangou *et al.* (2012c) detected rutin and cafeic acid in a ethyl acetate fraction of that species. Others researchers had shown that this species content several essentials oils (Pascual *et al.*, 2001). The synergism among those compounds could also explain the enzyme inhibition values found in the present study. *Lippia chevalieri* can then contain bioactive substances useful in the treatment of Alzheimer's disease and cancer, justifying the popular use of this plant in mental disorders, cardiovascular diseases and inflammation in Burkina Faso folk medicine, but, a detailed examination of polyphenolic content of this plant species is necessary for a comprehensive assessment of the individual compounds enzyme inhibitory ability.

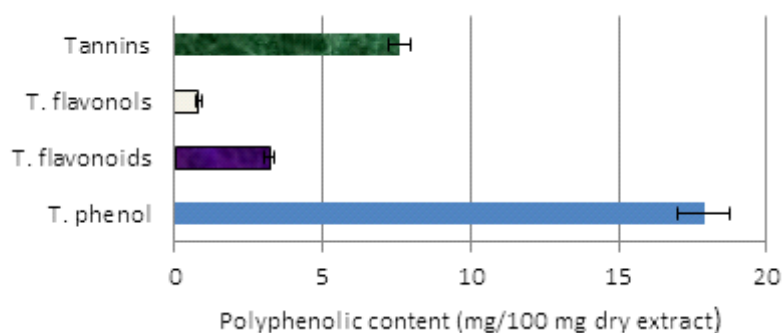


Figure 3. Polyphenolic content of methanolic extracts of the stem-leaves of *Lippia chevalieri*

CONCLUSION

This study has showed that methanolic extract of *Lippia chevalieri* is a potential inhibitor of AChE and GST. The activities seem to be partially correlated to the flavonoid and tannins. *Lippia chevalieri* is indicated for the investigation of new molecules to relieve the diseases in which these enzymes are involved. Future studies should be focused in the screening of others species of Verbenaceae family, in the isolation and identification of active constituents that exhibit significant inhibitory activity through bioassay-guided fractionation, and in the in vivo evaluation of those activities.

ACKNOWLEDGMENTS

This project was supported by the International Fondation of Sciences through the grand F3979-1 allowed to Dr. Martin Kindrebeogo. Author gratefully acknowledge the financial support by CIUF-CUD (Conseil InterUniversité de la Communauté Française de Belgique-Commission Universitaire pour le Développement).

REFERENCES

- Adersen, A., A. Kjøbye, A. Dall, A. K. Jäger. 2007. Acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase inhibitory compounds from *Corydalis cava* Schweigg. & Kort. *Journal of Ethnopharmacology* 113: 179-182.
- Almaraz-Abarca, N., M. G. Campos, J. A. A. Reyes, N. N. Jiménez, J. H. Corral and, S. G. Valdez. 2007. Antioxidant activity of polyphenolic extract of monofloral honeybee-collected pollen from mesquite (*Prosopis juliflora*, Leguminosae). *Journal of Food Composition and Analysis* 20: 119-124.
- Bangou, M. J., M. Kiendrebeogo, M. Compaoré, A. Y. Coulibaly, N. T. R. Médà, N. Almaraz-Abarca, B. Zeba, J. Millogo-Rasolodimby, O. G. Nacoulma. 2011a. Enzyme Inhibition Effect and Polyphenolic Content of Medicinal Plant Extracts from Burkina Faso. *Journal of Biological Sciences* 11: 31-38.
- Bangou, M. J., M. Kiendrebeogo, N. T. R. Médà, A. Y. Coulibaly, M. Compaoré, B. Zeba, J. Millogo-Rasolodimby, O. G. Nacoulma. 2011b. Evaluation of enzymes inhibition activities of medicinal plant from Burkina Faso. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 14: 99-105.
- Bangou, M. J., N. Almaraz-Abarca, N. T. R. Médà, B. Zeba, M. Kiendrebeogo, J. Millogo-Rasolodimby, O. G. Nacoulma. 2012a. Polyphenolic composition of *Lantana camara* and *Lippia chevalieri*, and their antioxidant and antimicrobial activities. *International Journal of Phytomedicine* 4: 115-124.
- Bangou, J. M. 2012b. Etude phytochimique et activités biologiques des tiges feuillées de *Lantana camara* L. et de *Lippia chevalieri* Moldenke: deux Verbenaceae du Burkina Faso. Ph.D. Université de Ouagadougou, 136p.
- Bangou, M. J., N. Almaraz-Abarca, R. N-T. Meda, M. Yougbaré-Ziérou, J. Millogo-Rasolodimby, O. G. Nacoulma. 2012c. *Lippia chevalieri* Moldenke: a brief review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *International Journal of Drug Delivery* 4: 115-124.
- Djeridane, A., M. Yousfi, B. Nadjemi, S. Maamrim, F. Djireb, P. Stocker. 2006. Phenolic extracts from various Algerian plants as strong inhibitors of porcine liver carboxylesterase. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry* 21: 719-726.
- Enayati, A. A., H. Ranson, J. hemingway. 2005. Insect glutathione transferases and insecticide resistance. *Insect Molecular Biology* 14: 3-8.
- European Commission. 2000. Reference method for the tannins quantification. *JOCE L197*: 18-20.
- Gurib-Fakim, A. 2006. Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Molecular Aspects of Medicine* 27: 1-93.
- Habdous, M., M. Vincent-Viry, S. Visvikis, G. Siest. 2002. Rapid spectrophotometric method for serum glutathione S-transferases activity. *Clinica Chimica Acta* 326: 131-142.
- Habig, W. H., M. J. Pabst, W. B. Jakoby 1974. Glutathione S-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation. *Journal of Biological Chemistry* 249: 7130-7139.
- Hayeshi, R, I. Mutingwende, W. Mavengere, V. Masiyanise, S. Mukanganyama. 2007. The inhibition of human glutathione S-transferases activity by plant polyphenolics compounds ellagic acid and curcumin. *Food and Chemical Toxicology* 45: 286-295.
- Ibarra, C., M. P. Grillo, M. L. Bello, M. Nucettelli, T. K. Bammler, W. M. Atkins. 2003. Exploration of in vitro pro-drug activation and futile cycling by glutathione S-transferases: thiol ester hydrolysis and inhibitor maturation. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 414: 303-311.
- Ji, H-F., H-Y. Zhang. 2006. Theoretical evaluation of flavonoids as multipotent agents to combat Alzheimer's disease. *Journal of Molecular Structure: Theochem* 767: 3-9.
- Krzaczkowski, L. 2008. Investigation from Bryophytes of pharmacological active compounds in oncology. *Pharmacology*. Ph.D. Thesis. University of Toulouse III Paul Sabatier.
- Lopez, S., J. Batisda, F. Viladomat, C. Codina. 2002. Acetylcholine inhibitory activity of some Amarayllidaceae alkaloids and anrcissus extracts. *Life Sciences* 71: 251-2529.
- Nacoulma, O. G. 1996. Plantes médicinales et pratiques médicales traditionnelles au Burkina Faso: cas du plateau central T1 & T2. Thèse Doctorat d'Etat ès Sciences Nat. Université de Ouagadougou.
- Newman, D. J., G. M. Cragg, K. M. Snader. 2003. Natural Products as Sources of New Drugs over the period 1981-2002. *Journal of Natural Products* 66: 1022-1037.
- Orhan, I., B. Sener, M. I. Choudhary, A. Khalid. 2004. Acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase inhibitory activity of some Turkish medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology* 91: 57-60.
- Pascual, M. E., K. Slowing, E. Carretero, D. Sanchez Mata, A. Villar. 2001. *Lippia*: traditional uses, chemistry and pharmacology: areview. *Journal of Ethnopharmacology* 76: 201-214.

- Pithayanukul, P., P. Ruenraroengsak, R. Bavovada, N. Pakmanee, R. Suttisri, S. Saen-Oon. 2005. Inhibition of *Naja kaouthia* venom activities by plant polyphenols. *Journal of Ethnopharmacology* 97: 527–533.
- Sheehan, D., G. Meade, V. M. Foley, C. A. Dowd. 2001. Structure, function and evolution of glutathione S-transferases: implications for classification of non-mammalian members, of an ancient enzyme superfamily. *Biochemical Journal* 360: 1-16.
- Shi, M. A., A. Lougarre, C. Alies, I. Frémaux, Z. H. Tang, J. Stojan, D. Fournier. 2004. Acetylcholinesterase alterations reveal the fitness cost of mutations conferring insecticide resistance. *BMC Evolutionary Biology* 4: 5.
- Van Zanden, J. J., L. Geraets, H. M. Wortelboer, P. J. van Bleren, I. M. C. M. Rietjens, N. H. P. Cnubben. 2004. Structural requirements for the flavonoid-mediated modulation of glutathione S-transferase P1-1 and GS-X pump activity in MCF7 breast cancer cells. *Biochemical Pharmacology* 67: 1607-1617.
- Wang, H., G. Zhou, X. Gao, Y. Wang, W. Yao. 2007. Acetylcholinesterase inhibitory-active components of *Rhodiola rosea* L. *Food Chemistry* 105: 24–27.
- WHO. 2002. Strategy of WHO for Traditional Medicine for 2002-2005. WHO/EDM/TRM/2002.1.
- Wu, S. J., L. T. Ng. 2008. Antioxidant and free radical scavenging activities of wild bitter melon (*Momordica charantia* Linn var. abbreviate Ser.) in Taiwan. *LWT-Food Science and Technology* 41: 323-330.
- Yi, M. Q., H. X. Liu, X. Y. Shi, P. Liang, X. W. Gao. 2006. Inhibitory effects of four carbamate insecticides on acetylcholinesterase of male and female *Carassius auratus* in vitro. *Comparative Biochemistry and Physiology C* 143: 113-116.

REVISIÓN CONCEPTUAL DEL ESTUDIO DEL CRECIMIENTO URBANO Y CAMBIO DE USO DE SUELO CON POSIBLE APLICACIÓN EN LA ZONA METROPOLITANA DE ZACATECAS, MÉXICO

César Israel Hernández Ramírez, Armando Cortés Ortiz

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional,
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Durango, México, 34220
Correo electrónico: oca_carin@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo consistió en una revisión conceptual y metodológica acerca del estudio del crecimiento urbano y cómo se dan los cambios de uso y cobertura de suelo, enfocada a la zona metropolitana de Zacatecas – Guadalupe (ZMZG), la cual no es ajena a estos complejos procesos de expansión urbana que se dan en las sociedades modernas. La medición de dichos cambios se realiza sobre la información generada mediante percepción remota, con ayuda de sistemas de información geográfica y análisis estadísticos. Es de gran importancia conocer dichos cambios sobre el uso de suelo ya que permite anticipar, prevenir y mitigar aquellas dinámicas insostenibles de las actuales formas de crecimiento de las ciudades y brindar apoyo en la toma de decisiones sobre acciones de planeación urbana a través de simulaciones de escenarios futuros.

PALABRAS CLAVE: Crecimiento urbano, cambio de uso de suelo, sistemas de información geográfica, Zacatecas.

ABSTRACT

This paper consisted of a conceptual and methodological review on the study of urban growth and how the changes in use and land cover are given, where Zacatecas-Guadalupe metropolitan area (ZMZG), is not a stranger to these complex processes of urban expansion occurring in modern societies. The measurement of such changes is made on the information generated by remote sensing using GIS and statistical analysis. It is very important to know the changes on land use since it allows to anticipate, prevent and mitigate those unsustainable dynamics of current forms of urban growth and support in making decisions about urban planning actions through simulations of future stages.

KEY WORDS: Urban growth, land use change, geographic information systems, Zacatecas.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbano ha sido considerado como una señal de prosperidad económica, no obstante, en la actualidad esos beneficios están siendo continuamente debatidos y balanceados contra los impactos ambientales que producen, entre ellos, los que incluyen los cambios de usos de suelo (Yuan *et al.*, 2005). Dicho crecimiento ejerce una enorme presión sobre el territorio y sus recursos naturales, lo que podría afectar la calidad de vida de las personas y la sostenibilidad general de la zona. Esta expansión urbana tiene diferentes efectos sobre el medio ambiente, tales como: intensiva reducción de espacios con vegetación natural como terrenos de cultivo y áreas protegidas; pérdida de biodiversidad; reducción y desaparición de hábitats; fragmentación de nichos ecológicos; cambios en el ciclo hidrológico; cambios en el clima urbano como las islas de calor; y contaminación del aire, suelo y agua (Vazquez *et al.*, 2008). En este trabajo se presenta una breve revisión sobre los conceptos de crecimiento urbano y cambio de uso de suelo, enfocada a la situación de la zona metropolitana de Zacatecas, México.

EL CONCEPTO DE ZONAS METROPOLITANAS

¿Cómo se define una zona metropolitana? Se puede definir como el conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio que originalmente la contenía, incorporando como parte de sí misma o de su área de influencia directa a municipios vecinos, predominantemente urbanos, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómica (INEGI, 2005). Para la UNICEF (2012), se define por medio de uno o más de los siguientes factores: criterios administrativos o fronteras políticas, el tamaño de la población (cuando el número mínimo de habitantes en los asentamientos urbanos de la región es de 2000, aunque puede oscilar entre 200 y 50,000), la densidad demográfica, la función económica y la existencia de características urbanas como calles pavimentadas, alumbrado público, alcantarillado, entre otras.

Entonces, la dinámica del crecimiento de suelo urbano según Baluja *et al.* (2010), responde a un conjunto de factores o variables que por su tipo o características influyen de manera diferente.

Un primer grupo serían todas aquellas variables derivadas de las características del terreno con factores como la orientación, altitud o la pendiente. Otro tipo de influencias son las derivadas de las características socioeconómicas, legales, administrativas; dentro

de estas se encuentra el crecimiento poblacional, el incremento catastral, superficie urbanizable, etc. El tercer grupo estará constituido por variables de proximidad, como sería la cercanía de ríos, vías de comunicación y transporte, zonas urbanas e industriales preexistentes.

Los factores que conducen a un crecimiento urbano acelerado son la falta de oportunidades para el desarrollo rural, la migración de la población hacia las ciudades, las altas tasas de crecimiento natural de la población urbana, la economía del mercado que promueve la urbanización y las economías de aglomeración y concentración espacial para consumir bienes y servicios (Henríquez *et al.*, 2006).

LA ZONA METROPOLITANA ZACATECAS-GUADALUPE.

Algunos factores mencionados anteriormente se observan de la misma manera que en otras entidades del país en el estado de Zacatecas, donde ya se encuentra un proceso de expansión urbana a través de su zona metropolitana Zacatecas – Guadalupe (ZMZG).

Zacatecas (del náhuatl: zacatlco, 'habitantes de la tierra donde abunda el zacate') es una entidad localizada en la región norte-central de México. Limita al norte con Coahuila, al noroeste con Durango, al oeste con Nayarit, al noroeste con Nuevo León, al este con San Luis Potosí y al sur con Jalisco y Aguascalientes. La capital es la ciudad de Zacatecas, donde se sitúa la zona metropolitana de la entidad (SIDEZ, 2013).

La ciudad de Zacatecas cuenta con las coordenadas geográficas extremas en latitud norte de 22° 51' al norte y al sur 22° 37'; de longitud oeste 102° 32' al este y 102° 51' al oeste, con una altitud de 2490 msnm. A su vez, la ciudad de Guadalupe cuenta con las coordenadas geográficas extremas en latitud norte de 23° 00' al norte y al sur 22° 32'; de longitud oeste 102° 11' al este y 102° 39' al oeste, con una altitud de 2280 msnm (INEGI, 2012).

Dicha zona metropolitana integrada por los municipios de Zacatecas y Guadalupe (Figura 1), que para 1990 contaba con 199 469 habitantes, ha tenido un incremento poblacional notable, ya que para el 2010 registró una población de 309 660 habitantes, con una tasa de crecimiento media anual de 2.4% y una densidad de 88.1 hab/ha situada sobre una superficie de 1 439.5km² (INEGI, 2012).

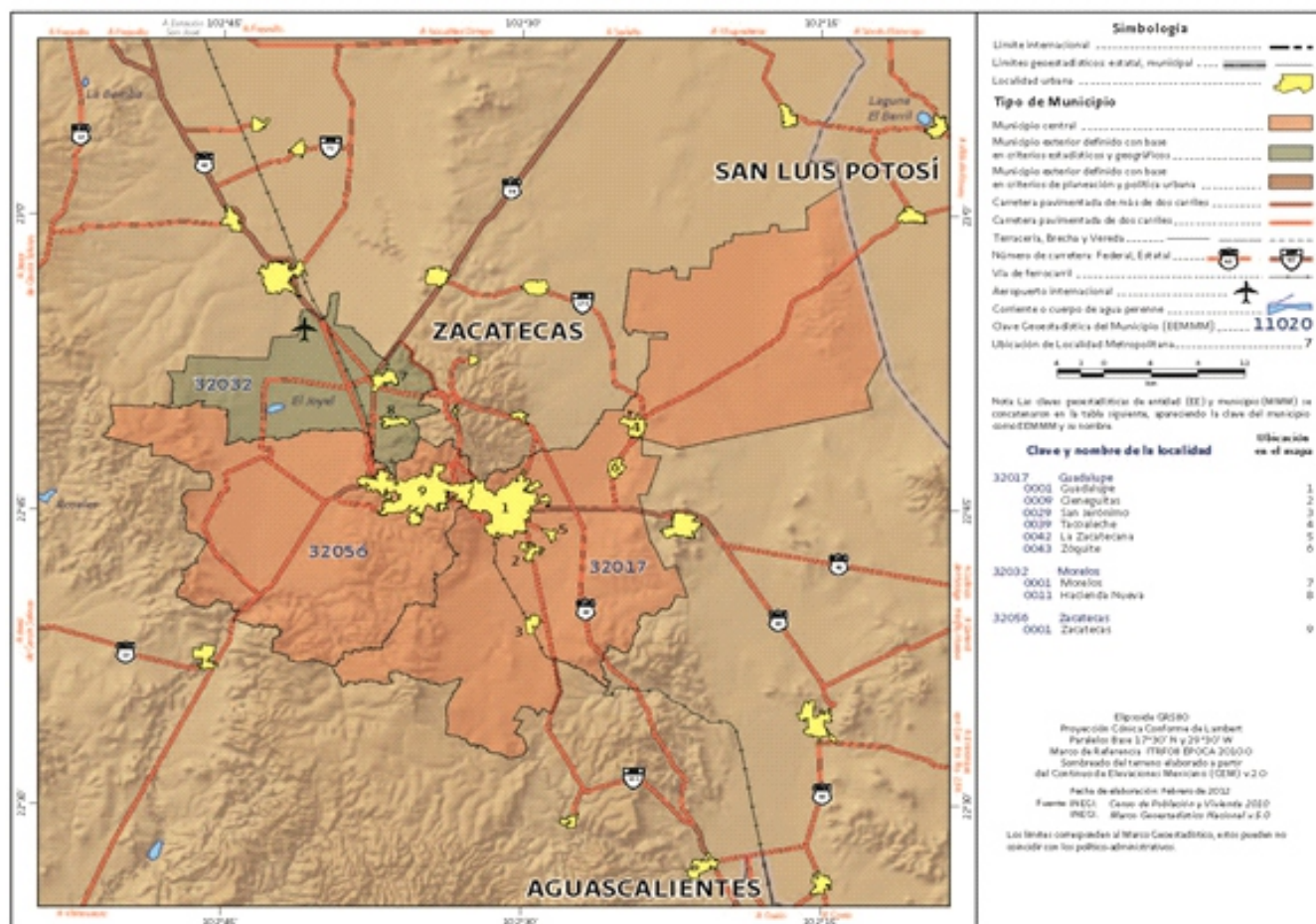


Figura 1. Zona Metropolitana de Zacatecas-Guadalupe (Fuente: INEGI, 2012)

El predecir un cambio del uso de suelo para dicha región adquiere importancia ambiental, social, científica y económica relevante para la sociedad zacatecana dado que puede obtener un desarrollo integral y una expansión urbana planificada mitigando sus costos ambientales. Por lo anterior, es considerable estimar el crecimiento urbano para la zona metropolitana de Zacatecas – Guadalupe con respecto a una tendencia superficial en dos momentos del tiempo, que podría ser 1970 y 2010, con la finalidad de simular y evaluar el cambio de su uso de suelo.

CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO

La conversión humana de los hábitats naturales es la causa más grande de pérdida de diversidad biológica, funciones ecológicas, así como de alteraciones del ciclo hidrológico. El balance entre el hábitat de la humanidad y el natural, podría determinar el futuro de la conservación de la diversidad biológica en grandes áreas del planeta. Por lo tanto, es importante registrar en mapas y cuantificar el grado de conversión humana del hábitat natural al perturbado o dominado por el hombre (Lee *et al.*, 1995, citado por López *et al.*, 2001).

Una forma de conocer el proceso de crecimiento que ha desarrollado un asentamiento urbano, es realizar un estudio de los cambios que ha sufrido el paisaje con el paso de tiempo.

El paisaje, desde el punto de vista científico, se encuentra definido como un sistema territorial integrado por componentes naturales abióticos y bióticos, formados bajo la influencia de los procesos naturales y de la actividad modificadora del hombre, que se encuentra en permanente interacción y que se desarrolla históricamente (Vargas Gámez, 1992, citado por López *et al.*, 2001).

El término uso del suelo se aplica a los diferentes tipos de cobertura que el hombre crea para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales (López *et al.*, 2001).

Según Lambin (1997), la mayor parte de los cambios ocurridos en ecosistemas terrestres se debe a: la conversión de la cobertura de suelo, degradación del suelo, e intensificación en el uso del suelo.

Analizar el cambio de uso de suelo en la Zona Metropolitana Zacatecas-Guadalupe resulta de gran importancia, ya que las ciudades se han convertido en el principal hábitat de la humanidad (Romero *et al.*, 2008) y por ello se deben realizar acciones de planificación urbana de manera sustentable.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y PERCEPCIÓN REMOTA

El proceso de expansión urbana de las zonas metropolitanas y asentamientos urbanos en general se puede determinar a través del cambio de uso de suelo, considerando la integración de procedimientos de teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permiten la cuantificación del área urbana en varias fechas a partir de la utilización de imágenes de satélite Landsat y mapas de uso de suelo; además, a través de matrices de tabulación cruzada se analizan diferentes niveles de interpretación con la obtención de las ganancias, los intercambios, la persistencia, el cambio total, el cambio neto y transiciones sistemáticas más significativas que se han producido por la presión urbana (López-Vázquez, 2009).

La percepción remota es la técnica que permite obtener información sobre un objeto, área o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos por un instrumento que no está en contacto con dicho objeto (Chuvieco, 1990, citado por López *et al.*, 2001).

La determinación del área urbana objeto de análisis se puede basar en la utilización de imágenes Landsat con resolución de 30 m, ya que han probado ser efectivas en estudios urbanos (Yuan *et al.*, 2005).

Los SIG son un conjunto de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para la solución de diferentes objetivos (Burrough, 1986).

En un SIG la descripción de los datos se encuentran en términos de su dimensión espacial (posición, forma, localización absoluta y relativa), de atributos (características de los objetos) y temporal como la duración, resolución temporal, y frecuencia temporal (López *et al.*, 2001).

Las matrices de tabulación cruzada que resultan del cruce de los mapas del proceso de análisis de imágenes, ofrecen información sobre las transiciones ocurridas entre categorías de tiempo 1 (T1) y en el tiempo 2 (T2) y la superficie total en ambos tiempos. La construcción de esta matriz sirve para determinar si los cambios producidos son producto de una transición sistemática o aleatoria (López-Vázquez, 2009).

Los modelos de simulación de cambio de uso de suelo basados en modelos estadísticos de regresiones logísticas destacan la utilización de métodos estocásticos como cadenas de Markov y Células autómatas, los cuales han sido realizados con imágenes de aptitud generados mediante una Evaluación Multicriterio (Henriquez *et al.*, 2006).

Las cadenas de Markov son utilizadas para proyectar cambios en la cobertura del suelo a partir de probabilidades de transición.

Simula la predicción del estado de un sistema en un tiempo determinado a partir de dos estados precedentes (Paegelow *et al.*, 2003). Estos datos tienen la característica de ser estacionarios, sin embargo, en la realidad los cambios en la cobertura y uso de suelo son más dinámicos que la predicción realizada con las cadenas de Markov, por lo que el método se encuentra limitado a proyecciones a corto tiempo (Lambin, 1997).

El modelamiento del crecimiento urbano a través de Autómatas Celulares ha tenido un progresivo desarrollo. Esta herramienta matemática compleja, fue desarrollada por John Von Neuman y Stanislaw Ulam, y es mundialmente conocida gracias al popular Game of life, publicado en 1970 por John Conway (Aguilera *et al.*, 2006).

Los modelos basados en autómatas celulares son capaces de modelar dinámicas espaciales, reproduciendo patrones complejos, como los manifestados en las ciudades (Aguilera *et al.*, 2006). Los Autómatas Celulares reproducen estas dinámicas espaciales en base a reglas simples, como son la representación de los usos en celdas, la influencia de celdas vecinas, como también reglas de transición, que están en relación con accesibilidad, y la transición potencial de cada celda, entre otras (Henríquez *et al.*, 2006).

La evaluación multi criterio permite integrar variables descriptivas o explicativas, ya sean determinantes o bien factores de aptitud, las pondera y compensa; posteriormente, tras la sumatoria lineal, ofrece como resultado una serie de mapas que expresan la capacidad de acogida del territorio para cada categoría de uso de suelo (Sandoval, 2009).

Finalmente, se debe de tener cuidado con los análisis ya que muchos de éstos tienen potencialidad al fallo en sus evaluaciones debido a que los métodos estadísticos, comúnmente usados para interpretar los datos, carecen de conceptos fundamentales para el análisis de cambios de cobertura, ya que no captan las señales más firmes de cambios sistemáticos y sólo evalúan los cambios predominantes (Pontius *et al.*, 2004).

CONSIDERACIONES FINALES

La zona metropolitana Zacatecas-Guadalupe no es ajena de la dinámica de las ciudades contemporáneas donde el crecimiento urbano se puede determinar a través del cambio de uso y cobertura de suelo.

En comunión con los autores Paegelow *et al.* (2003) y Aguilera *et al.* (2006), se considera que el cambio de uso de suelo se puede determinar a través de la información arrojada de la percepción remota y con la ayuda de los sistemas de información geográfica ya que hasta dichos sistemas han integrado métodos como regresión logística, autómatas celulares, cadenas de Markov y Evaluación multicriterio.

De acuerdo a Sandoval (2009), las Cadenas de Markov son utilizadas para estimar las probabilidades de que un uso de suelo determinado cambie en un periodo dado a otro y la Evaluación Multicriterio y los Autómatas Celulares espacializan dichas probabilidades.

Finalmente, si se aplican estos tres métodos para la ZMZG, se minimizaría la incertidumbre hacia el error y permitiría visualizar más claramente una simulación del escenario futuro para dicha zona metropolitana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, F. B., J. A. Soria Lara, L. M. Valenzuela Montes. 2006. Explorando el crecimiento en la aglomeración urbana de Granada: un modelo basado en Autómatas Celulares. Memorias del XII Congreso Nacional de Tecnologías de Información Geográfica. Granada, España.
- Baluja, J., W. Plata Rocha, M. Gómez Delgado, J. Bosque Sendra. 2010. Análisis de factores explicativos del crecimiento urbano en el área metropolitana de Granada mediante técnicas estadísticas y SIG. Tecnologías de la Información Geográfica: la información geográfica al servicio de los ciudadanos. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
- Burrough, P. 1986. Principles of Geographical Information System For Land Resources Assessment, Monographs on soil and Resource survey, No. 12. Clarendon Press. Oxford.
- Henríquez, C., G. Azócar, M. Aguayo. 2006. Cambio de uso de suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en los Ángeles, VIII Región de Biobío. Chile. Revista de Geografía Norte Grande 36: 61-74.
- INEGI. 2005. Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- INEGI. 2012. Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

- Lambin, E. F. 1997. Modelling and Monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography* 21: 375-393.
- López, E. M., G. Bocco, M. E. Mendoza. 2001. Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia. *Revista Investigaciones Geográficas* 45: 56-76.
- López-Vázquez, V. H. 2009. Transiciones sistemáticas en la cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la zona metropolitana de la ciudad de México. *Memorias de la XX Reunión Selper 2013. Estudios temáticos ID 095*. San Luis Potosí, México.
- Paegelow, M., M. T. Camacho Olmedo, J. M. Toribio. 2003. Cadenas de Markov, Evaluación Multicriterio y Evaluación Multiobjetivo para la modelización prospectiva del paisaje. *Revista GeoFocus* 3: 22-44.
- Pontius, R. G., E. Shusas, M. McEachern. 2004. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 101: 251-258.
- Romero, H. A., M. Molina, C. Moscoso, P. Sarricolea, P. Smith. 2008. Caracterización de los cambios de usos y coberturas de suelos causados por la expansión urbana de Santiago, análisis estadístico de sus factores explicativos e inferencias ambientales. *Repositorio académico de la Universidad de Chile*.
- Sandoval, G. S. 2009. Análisis del proceso de cambio de uso y cobertura de suelo en la expansión urbana del Gran Valparaíso, su evolución y escenarios futuros. *Escuela de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile*. Santiago, Chile.
- SIDEEZ. 2013. Sistema de información para el Desarrollo Económico del Estado de Zacatecas. Consultado en Noviembre de 2013 de SEZAC: <http://sideez.sezac.org.mx/index.php/pobyterri>.
- UNICEF. 2012. Niños y Niñas en un mundo Urbano. *Estado Mundial de la Infancia*. Fondo de las Naciones Unidas-UNICEF. New York.
- Vazquez, A. E., H. Romero, C. Fuentes, C. López, G. Sandoval. 2008. Evaluación y simulación de los efectos ambientales del crecimiento urbano observado y propuesto en Santiago de Chile. *Actas del Congreso Nacional de Desarrollo Rural*. Santiago, Chile.
- Yuan, F., K. E. Sawaya, B. C. Loeffelholz, M. E. Bauer. 2005. Land cover classification and change analysis of the twin cities (Minnesota) Metropolitan Area by Multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment* 98: 317-328.

CONOCIMIENTO ACTUAL DE *Dodonaea viscosa* (SAPINDACEAE) EN DURANGO: UNA REVISIÓN

Andrea Cecilia Acosta Hernández, Martha González-Elizondo, Lizeth Ruacho-González

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional,
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Durango, México, 34220
Correo electrónico: andrea_dgo@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo es una revisión de publicaciones relacionadas con el conocimiento actual de la especie *Dodonaea viscosa*. Debido a sus características biológicas particulares, esta especie presenta una amplia distribución y tiene usos agrícolas, medicinales, domésticos, ceremoniales, ambientales, ornamentales y ecológicos. Factores naturales y antropogénicos han favorecido el establecimiento de ciertas especies como *D. viscosa*, que ha provocado cambios en la cobertura vegetal modificando el entorno.

PALABRAS CLAVES: *Dodonaea viscosa*, distribución, modificación de la vegetación.

ABSTRACT

This paper is a literature review related to the current knowledge of *Dodonaea viscosa*. The particular biological characteristics this species has, make it a widespread species and confer it on agricultural, medicinal, domestic, ceremonial, environmental, ecological and ornamental uses. Its distribution is associated with natural and anthropogenic factors, facilitating its establishment and causing changes in vegetation cover and in the environment.

KEY WORDS: *Dodonaea viscosa*, distribution, vegetation changes.

INTRODUCCIÓN

En la parte alta de la cuenca del Río San Pedro, en el estado de Durango, México se ha identificado la presencia y aumento tanto en distribución como abundancia de *Dodonaea viscosa*, formando en algunos lugares matorrales de vegetación secundaria dentro de áreas con algún grado de disturbio (González-Elizondo *et al.*, 1991; Casas *et al.*, 1995; Márquez-Linares, 2004; González-Elizondo *et al.*, 2005). Como punto de partida para un estudio ecológico de dicha especie, en el presente trabajo se hace una revisión bibliográfica con el fin de reunir el conocimiento actual sobre la misma, sus características biológicas, distribución, importancia ecológica y económica, comportamiento y relaciones con su entorno.

ASPECTOS BIOLÓGICOS

Dodonaea viscosa es una especie perteneciente a la familia Sapindaceae, generalmente en forma de arbusto o árbol pequeño perennifolio que puede alcanzar hasta cinco metros de altura; presenta hojas simples, brillantes, glanduloso-resinosas y olorosas; ápice comúnmente agudo, de 4 a 15 cm de largo, con inflorescencias axilares y terminales en la punta de las ramillas (Rzedowski y Calderón, 2006). Presenta flores durante la primavera y el verano. Las plantas son dioicas, es decir, las flores masculinas y femeninas se encuentran en plantas separadas. El polen se dispersa por el viento. Una vez fecundadas, las flores cambian de un color verde o crema a un color rojo brillante. Produce semillas aladas de aproximadamente 2 cm de tamaño, por lo cual su dispersión por el viento, favorece su diseminación (McDowell, 2007).

DISTRIBUCIÓN

Dodonaea es un género de amplia distribución, cuenta con cerca de 70 especies registradas a nivel mundial, 60 de ellas endémicas de Australia (Laguna-Lumbreras y Sánchez de Lorenzo-Cáceres, 2009); para México la única especie conocida es *D. viscosa* (Rzedowski y Calderón, 2006).

En el catálogo de las malezas de México de Villaseñor y Espinosa (1998), *D. viscosa* se registra en casi todos los estados de la república, a excepción de Tabasco, Zacatecas, Colima, Tlaxcala y Campeche. Sin embargo, en algunos estudios taxonómicos (Rzedowski y Calderón, 2006; Calónico-Soto, 2011) se menciona que *D. viscosa* se distribuye en todos los estados de México, con excepción de Tabasco, además de Estados Unidos, Centro y Sudamérica, incluyendo las Antillas, y en África, Asia y Oceanía.

Es considerada una planta heliófila pues crece en lugares con incidencia directa de los rayos solares (Juan-Pérez, 2013), se desarrolla en diferentes regiones de México, desde el nivel del mar hasta los 2,600 msnm (Calderón y Rzedowski, 2001), se establece en diferentes tipos de suelo ya sea someros, rocosos o con fuerte pendiente (Camacho *et al.*, 1993).

Por su amplia distribución en México es considerada una planta nativa; sin embargo, en realidad es una especie cosmopolita (Juan-Pérez, 2013).

Para el Estado de Durango, González-Elizondo *et al.* (2007) señalaron la presencia de *D. viscosa* en altitudes que van desde los 1500 a los 2200 msnm, en el declive occidental como en el pie de monte oriental de la Sierra Madre Occidental, en climas templado seco y tropical, formando matorrales secundarios, los cuales están sustituyendo a los bosques bajos y abiertos de encino y de encino-pino; los mismos autores mencionan que esta especie se asocia con sotol (*Dasyllirion durangense*) en unos lugares y con manzanita (*Arctostaphylos pungens*) en sitios más altos; en los matorrales de *Dodonaea* con *Dasyllirion* en los municipios de Durango y Mezquital otras plantas acompañantes son: el maguey cenizo (*Agave duranguensis*), maguey de castilla (*Agave salmiana*), huizache chino (*Acacia schaffneri*) y orégano (*Lippia graveolens*).

IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ECONÓMICA Y CULTURAL DE *Dodonaea viscosa*

Existe gran cantidad de nombres comunes para la especie. Martínez (1979) registró 23 para México, lo que se relaciona con la amplia distribución de la especie en el territorio nacional. Además, una amplia nomenclatura tradicional puede ser indicio de una mayor relación con la planta, ya sea como recurso o como elemento natural no deseado. En Durango *D. viscosa* se conoce popularmente como "jarilla", "matagusano" y "cucaracha" (González-Elizondo *et al.*, 2004).

Existen varios usos reportados para la especie. En zonas del estado de México, Juan-Pérez (2013) identificó siete: agrícola, medicinal, doméstica, ceremonial, ambiental, ornamental, y ecológico. López-Moreno y Cedillo-Portugal (2010), en el estudio realizado en la región mixteca del estado de Oaxaca, identificaron los usos medicinales, como combustible, como material de construcción de viviendas, y como material para la elaboración de accesorios agrícolas o para el ganado.

Se considera a *D. viscosa* como una planta apta para acciones de restauración (Benítez-Rodríguez, 2005; Martínez-Pérez *et al.*, 2006; Juan-Pérez, 2013) y formadora de suelo por tratarse de una planta perenne, con alrededor de 800 gramos al año en zonas de acumulación (Ramos, 2002). En Durango es conocida solamente por sus usos medicinales (González-Elizondo *et al.* 2004).

FACTORES QUE MODIFICAN LA COBERTURA VEGETAL

Un ecosistema está formado por factores bióticos y abióticos que interactúan entre sí. Dentro de ellos se encuentran comunidades, compuestas por poblaciones, en las cuales se llevan a cabo procesos de cambio continuo (Begon *et al.*, 1999). A los cambios ocurridos a través del tiempo en la estructura de la comunidad se le denomina sucesión ecológica, la cual es resultado de la modificación del ambiente físico por causas internas o externas a la comunidad (Smith y Smith, 2001).

Además de los cambios provocados por los factores naturales, en los ecosistemas se producen otros cambios derivados de la influencia humana (Vitousek *et al.*, 1997). González-Elizondo *et al.* (2007) mencionan a las actividades humanas como la principal causa de modificación en los ecosistemas. En México el cambio de uso de suelo y deforestación son actividades que provocan la disminución de alrededor de un 20% de las áreas cubiertas con bosques, selvas y zonas áridas (SEMARNAT, 2012).

El clima es un factor determinante en la distribución y abundancia de las especies; su modificación, producto del aumento en las concentraciones de los gases de efecto invernadero, ha traído como consecuencia un incremento en la temperatura media global y cambios en la cobertura vegetal (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2007).

González-Elizondo *et al.* (2007) consideran a los árboles como las especies de plantas más susceptibles a desaparecer por efecto del cambio climático debido a que presentan un ciclo de vida largo, lo cual les impide adaptarse rápidamente a los cambios, favoreciendo el establecimiento de vegetación secundaria, como es el caso de los matorrales de *D. viscosa*, los cuales se pueden encontrar en climas semiáridos hasta subhúmedos con sequías invernales, con precipitaciones anuales de 200 a 800 mm (Camacho *et al.*, 1993).

La utilización del fuego, como una práctica agrícola, libera grandes cantidades de bióxido de carbono y trae consigo la eliminación de la cubierta vegetal, dejando al suelo totalmente desnudo, sujeto a sequedad, erosión y pérdida de nutrientes (Vargas, 1998). González-Elizondo *et al.* (2007), Casas *et al.* (1995) y Marquez-Linares (2004) consideran a *D. viscosa*, *Dasyllirion durangense* y *Arctostaphylos pungens* como elementos de la vegetación indicadores de incendios recurrentes.

Existen opiniones encontradas en cuanto a la aptitud del suelo en Durango. Por un lado se considera como un Estado con áreas favorables para la ganadería, y es calificado de regular a bueno en cuanto a la calidad como agostadero, contando con áreas con excelente potencial. Por otra parte, se argumenta la falta de evaluación actual de las condiciones que guardan los pastizales trayendo consigo un aprovechamiento ganadero no sustentable, como es el caso del sotobosque de los bosques templados de pino, encino y mixtos de pino-encino, utilizados dentro de la ganadería extensiva, en los cuales se presentan problemas de crecimiento de renuevos y una compactación del suelo afectando su productividad (Herrera-Arrieta y Pámanes-García, 2007).

El disturbio por sobrepastoreo provoca que a mediano y largo plazo ocurran cambios en las comunidades de plantas y animales, perturbaciones en el suelo y en los procesos hídricos, reduciendo la disponibilidad de recursos para la vegetación establecida (Premauer y Vargas, 2004).

***Dodonaea viscosa* Y SU RELACIÓN CON LOS CAMBIOS DE VEGETACIÓN**

Dodonaea viscosa en Durango se reporta como una agresiva especie leñosa que está tomando la dominancia sobre los demás arbustos y la cubierta de pastizal en los matorrales de clima templado en el sur de la región de los valles; y junto con el sotol (*Dasylirion duranguense*), está tomando el lugar de bosques de encino que han sido eliminados por fuego o por tala y también cubre extensas zonas donde el bosque tropical caducifolio ha sido eliminado (González-Elizondo *et al.* 2007).

Benítez-Rodríguez (2005), en la evaluación de sobrevivencia y crecimiento de algunas especies, encontró que para tener una germinación rápida de *D. viscosa* es necesario quebrantar la testa mediante abrasión o calentamiento, lo que coincide con las observaciones de Casas *et al.* (1995), González-Elizondo *et al.* (2005) y Márquez-Linares (2004) sobre la relación de *D. viscosa* con el fuego, sugiriendo que hay una gran variación geográfica en los mecanismos que determinan la latencia de su semilla debido a múltiples factores de germinación.

En cuanto al comportamiento de *D. viscosa* en zonas con disturbios, Mendoza-Hernández *et al.* (2013) observaron que bajo el dosel fueron establecidas en su mayoría pequeñas plántulas de esta especie, encontrando que dentro de los mecanismos de la sucesión, es una especie que no facilita el establecimiento de otras.

Hace poco más de dos décadas se sugirió que *Dodonaea viscosa* estaba desplazando algunos bosques bajos abiertos de encino en Durango (González-Elizondo *et al.*, 1991). Casas *et al.* (1995), en su estudio sobre tendencias sucesiones de comunidades vegetales de clima templado semi-seco del estado de Durango, identificaron a *D. viscosa* como una especie presente en los bosques de encino con alta regeneración y tolerancia al fuego y al sobrepastoreo con un gran índice de reproducción por su fácil dispersión. La explotación del bosque de encino facilitó la entrada de esta especie y parece adaptarse a las condiciones cambiantes, creciendo en densidad, dejando suelo desprotegido por la falta de cobertura.

Márquez-Linares (2004), observó los cambios en la vegetación en la Sierra Madre Occidental en el Estado de Durango, registrando que los bosques bajos de encino con asociaciones de pino, fueron sustituidos por chaparrales y matorrales provocados por incendios.

González-Elizondo *et al.* (2005) identificaron a los bosques más abiertos en los últimos tiempos y en diversas áreas desplazados por matorrales, siendo más evidente en los bosques de clima templado y en las comunidades de clima cálido subhúmedo; la retracción de los bosques de clima templado hacia mayores elevaciones, y su substitución por matorrales secundarios de *Arctostaphylos pungens* y de *D. viscosa*, el incremento de esta vegetación secundaria está ligada al deterioro por tala, sobrepastoreo e incendios.

CONSIDERACIONES FINALES

Los trabajos de Rzedowski y Calderón (2006), McDowell (2007), Juan-Pérez (2013), González-Elizondo *et al.* (2007), Camacho *et al.* (1993) y Mendoza-Hernández *et al.* (2013) son fundamentales para el conocimiento de las características particulares de *D. viscosa* y ayudan en cierta medida a conocer y entender su comportamiento. Dichas características están estrechamente relacionadas con su distribución, la cual se registra en aumento, pues en el trabajo de Villaseñor y Espinosa (1998) aún no se registraba en cinco estados de la república (Tabasco, Zacatecas, Colima, Tlaxcala y Campeche) a diferencia de lo visto por Rzedowski y Calderón (2006) y Calónico-Soto (2011), quienes la registran para todos los estados con excepción de Tabasco.

Benítez-Rodríguez (2005), Martínez-Pérez *et al.* (2006) y Juan-Pérez (2013) identificaron a la especie como apta para la restauración, al igual que Mendoza-Hernández *et al.* (2013), quienes determinaron mecanismo de sucesión que ésta desarrolla. Esta información coincide con lo observado en cuanto al comportamiento de la especie según Casas *et al.* (1995), González-Elizondo *et al.* (2005) y Márquez-Linares (2004), lo cual nos hace suponer que aunque es una especie formadora de suelo, tal como lo menciona Ramos (2002) y apta para actividades de restauración, a su vez es una especie que puede ir desplazando y ocupando nuevas áreas aumentando su abundancia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Begon, M., J. L. Harper, C. R. Townsend. 1999. Ecología: individuos, poblaciones y comunidades. Omega. Barcelona, España.
- Benítez-Rodríguez, J. L. 2005. Estudio ecofisiológico de germinación y crecimiento de *Dodonaea viscosa* (L.) Jaq. con fines de restauración en zonas perturbadas del Valle de México. Disertación doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- Calderon, G., J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Michoacán, México.
- Calónico-Soto, J. 2011. Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán: Sapindaceae. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. México.
- Camacho, F., V. González, Á. Mancera. 1993. Guía tecnológica para el cultivo del chapulxtle *Dodonaea viscosa* L. Jacq. Arbusto útil para producción de tutores hortícolas, control de erosión y setos urbanos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. México.
- Casas, S. R., S. González, J. Tena. 1995. Estructura y tendencias sucesionales en vegetación de clima templado semi-seco en Durango, México. *Madroño* 42: 501-515.
- González-Elizondo, S., M. González, J. Tena. 1991. Successional trends in temperate forests of Durango, México. Abstracts of The 1991 Annual Meeting of the Botanical Society of America. San Antonio, Texas. Supplement to American Journal of Botany 78: 240. 1991.
- González-Elizondo, M., I. L. López Enríquez, M. S. González Elizondo, J. Tena Flores. 2004. Plantas medicinales del estado de Durango y zonas aledañas. CIIDIR Durango, IPN. México.
- González-Elizondo, M. S., M. González Elizondo, I. L. López Enríquez, J. Tena Flores, M. A. Márquez Linares. 2005. Cambios y tendencias sucesiones en ecosistemas de Durango. *Vidsupra* 1: 5-11.
- González-Elizondo, M. S., M. González Elizondo, M. A. Márquez Linares. 2007. Dinámica de la vegetación. En: Vegetación y Ecorregiones de Durango (Eds. González-Elizondo, M. S., M. González, M. A. Márquez). Plaza y Valdez. México, pp. 130-139.
- Herrera-Arrieta, Y., D. S. Pámanes-García. 2007. La Region de los Pastizales: Sustento para una Ganadería Sostenida. En: Vegetación y Ecorregiones de Durango (Eds. González-Elizondo, M. S., M. González, M. A. Márquez). Plaza y Valdez. México, pp. 183-192.
- Juan-Pérez, J. I. 2013. Funciones e importancia económica del recurso chapulxtle (*Dodonaea viscosa*) en un ejido del subtrópico mexicano. *Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social* 7(14). ISSN: 1988-2483.
- Laguna-Lumbreras, E., J. M. Sánchez de Lorenzo-Cáceres. 2009. *Dodonaea viscosa* Jacq. (Sapindaceae), novedad florística para la península Ibérica. *Flora Montiberica* 42: 3-7.
- López-Moreno, J., E. Cedillo-Portugal. 2010. Etnobotánica del "Tohiti" (*Dodonaea viscosa* Jacq.) en Santo Domingo Yodohino y otros datos importantes de esta especie. *Temas de Ciencia y Tecnología* 14: 19-26.
- Márquez-Linares, M. A. 2004. Distribución, germinación y estructura de poblaciones de *Arctostaphylos pungens* HBK, y su relación con el fuego en Durango, México. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México.
- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México.
- Martínez-Pérez, G., A. Orozco-Segovia, C. Mantorell. 2006. Efectividad de algunos tratamientos pre-germinativos para ocho especies leñosas de la Mixteca Alta Oaxaqueña con características relevantes para la restauración. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 79: 9-20.
- McDowell, M. 2007. Australian National Botanic Gardens. Consultado el 18 de octubre de 2013 en <http://www.anbg.gov.au/gnp/interns-2007/dodonaea-viscosa.html>
- Mendoza-Hernández, P. E., A. Orozco-Segovia, J. A. Meave, T. Valverde, M. Martínez-Ramos. 2013. Vegetation recovery and plant facilitation in a human-disturbed lava field in a megacity: searching tools for ecosystem restoration. *Plant Ecology* 214: 153-167.
- Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2007. Cuarto Informe de Evaluación del IPCC: Cambio Climático 2007. Consultado el 01 de noviembre de 2013, en: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm
- Premauer, J., O. Vargas. 2004. Patrones de Diversidad en Vegetación Pastoreada y Quemada en un paramo húmedo (Parque Natural Chingaza, Colombia). *Ecotropicos* 17: 52-66.
- Ramos, M. C. 2002. Producción de hojarasca en *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae): un mecanismo que facilita la sucesión primaria. *Acta Biológica Colombiana* 7: 53-56.
- Rzedowski, J., G. Calderón. 2006. Sapindaceae. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo 142.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Ed 2012. Consultado el 2 de noviembre de 2013 en http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/index.html.
- Smith, R. L., T. M. Smith. 2001. Ecología. Pearson Educación. Madrid, España.
- Vargas, O. 1998. Problemas para la conservación, protección y manejo de los páramos: Caracterización y manejo de las zonas de páramo. Memorias. Ministerio del Medio Ambiente y el ICFES. Bogotá. Colombia.
- Villaseñor, J. L., F. J. Espinosa. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura Económica. México.
- Vitousek, P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco, J. M. Melillo. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277: 494-499.

GENERALIDAD SOBRE LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES

Ariadna Villa-Carmona, Armando Cortés Ortiz

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional,
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Durango, México, 34220
Correo electrónico: ariadna.vica@hotmail.com

RESUMEN

Un aspecto importante de los estudios ecológicos es estimar la distribución potencial de las especies y establecer cuáles son los factores ambientales que determinan dicha distribución. Existen herramientas conocidas como modelos de distribución de especies que facilitan el cumplimiento de esta tarea. Tales modelos se basan en procedimientos estadísticos y cartográficos que, partiendo de registros de presencia y variables ambientales, permiten determinar la distribución geográfica potencial de las especies en el espacio.

PALABRAS CLAVE: Distribución potencial, modelos de distribución potencial, variables ambientales.

ABSTRACT

A goal of the ecological studies is to estimate the potential distribution of each species and to establish the environmental factors determining their distribution. There are tools known as models of distribution that make this task easier. Such models are based on statistical and cartographic analysis that taking in account presence data bases and environmental variables allow to determine the probable geographic distribution of one species.

KEY WORDS: Potential distribution, species distribution models, environmental variables.

INTRODUCCIÓN

La distribución potencial (DP) de una especie describe los espacios geográficos donde se encuentran las condiciones ambientales necesarias para que ésta sobreviva (Peterson, 2001; Peterson *et al.*, 1999). Dependiendo de factores como la historia de vida, capacidad de dispersión, la disponibilidad de recursos, la competencia intra e interespecífica, las barreras geográficas y la tolerancia a factores medioambientales es que ésta podrá ocupar grandes extensiones de territorio o estar restringida a pequeñas regiones (MacArthur, 1972).

Conocer la distribución de las especies en el espacio geográfico es un parámetro difícil de determinar, debido a que es necesario realizar un gran esfuerzo de muestreo, para lo cual hay que invertir suficiente tiempo y dinero para lograrlo (Lóriga-Piñeiro, 2012). Es por ello que se han desarrollado algunos modelos que permiten estimar la distribución de las especies dentro de su hábitat, los cuales son representaciones cartográficas que determinan qué tan idóneo es un espacio para ser ocupado por una especie en función de variables continuas (altitud, precipitación anual o temperatura mínima/máxima) y/o nominales o categóricas (tipo de suelo o de vegetación) empleadas para generar dicha representación. La idoneidad es la relación matemática o estadística que se da entre la distribución real conocida y el conjunto de variables que se usan como indicadores (Mateo *et al.*, 2011). Estos modelos trabajan con muestras incompletas acerca de la distribución o abundancia de las especies, beneficiando principalmente a los estudios de áreas lejanas o de difícil acceso, donde no es práctico llegar a la totalidad del territorio, o bien en trabajos en los que los recursos no sean suficientes para ello (Osborne y Tigar, 1992; Skov y Borchsenius, 1997; Manel *et al.*, 1999).

UTILIDAD DE LOS MODELOS

Estos modelos son útiles para probar hipótesis sobre las características que determinan la DP de las especies, porque permiten estimar la relación que existe entre los registros de presencia o ausencia con las variables ambientales y las características espaciales del sitio (Franklin, 2010). Por lo tanto, los resultados permiten reconocer cuáles variables ambientales son las que mayor influencia tienen sobre la distribución de las especies (Pearson, 2007). Además los modelos han llegado a ser una herramienta esencial para la conservación de la biodiversidad al ser utilizados con diversos propósitos (Guisan y Thuiller, 2005), entre los cuales se encuentran los siguientes:

1. Desarrollar modelos predictivos de DP y rangos específicos de presencia de algunas especies (Stillman y Brown, 1994).
2. Construir mapas más cercanos a la realidad que ayuden a identificar áreas altamente probables de presencia de especies sin necesidad de realizar muestreos de gran esfuerzo (Lehmann *et al.*, 2002; Ko *et al.*, 2009; Pearson *et al.*, 2007; Seoane y Bustamante, 2001).
3. Planear y diseñar áreas para la conservación de la biodiversidad en la gestión de recursos (Franklin, 2010).
4. Predecir los efectos del cambio climático sobre las especies y los ecosistemas (Franklin, 2010; Box *et al.*, 1993).

PRINCIPALES MODELOS UTILIZADOS

En la actualidad existen al menos 16 modelos de este tipo (GARP, BIOCLIM, MAXENT, GAM, DOMAIN, entre otros) que utilizan distintos métodos y datos para desarrollar las predicciones de probable distribución de especies en función del conjunto de variables y de los registros de presencia/ausencia (Elith *et al.*, 2006; Ortega-Huerta y Peterson, 2008). De los antes mencionados los más utilizados dentro de trabajos de investigación son MAXENT y GARP, por lo cual es relevante mencionar cuáles son sus principales características:

MAXENT Máxima entropía (Phillips *et al.*, 2004).

Plantea el principio de que la mejor aproximación a una distribución desconocida es aquella más expandida pero sujeta a restricciones conocidas (Lóriga-Piñeiro, 2012). Las principales ventajas de este programa son las siguientes:

1. Estima a partir de un conjunto de variables predictivas la distribución de máxima entropía (la más expandida posible), la cual se ajusta a los valores de variables predictivas en las localidades de presencia de la especie (Phillips *et al.*, 2004).
2. Permite determinar o predecir cómo podría variar la distribución de una o un grupo de especies frente a cambios ambientales de temperatura, humedad, entre otros (Morales, 2012).
3. Los resultados expresan qué tan apropiado es el hábitat para la especie (Lóriga-Piñeiro, 2012).
4. Únicamente requiere registros de presencia.
5. Sus resultados han demostrado tener un mejor desempeño respecto a otros programas (Elith *et al.*, 2006; Elith y Leathwick, 2009).

GARP (Genetic Algorithm for Rule set Prediction) (Stockwell y Noble, 1992).

Es un algoritmo genético que encuentra regiones dentro del espacio modelado que son similares a las de los registros de las localidades (Stockwell y Noble, 1992; Stockwell y Peters, 1999).

1. Este programa determina las características ecológicas y busca correlaciones no azarosas entre las localidades y las variables ambientales.
2. Genera índices que muestran qué tan favorables son los ambientes según los requerimientos de la especie.
3. Como resultado crea un mapa de presencias/ausencias potenciales para la especie a través de todo el espacio del modelo.
4. Requiere un mayor esfuerzo de muestreo, debido a que se necesitan registros de presencia y presencia/ausencia.
5. El modelo generado es altamente predictivo.

La construcción de modelos de distribución de especies se realiza en una serie de etapas, cada una de las cuales presenta diferentes alternativas de realización, las cuales influirán en la calidad del resultado final (Mateo *et al.*, 2011).

CONSTRUCCIÓN DE LOS MODELOS DE DISTRIBUCIÓN

A continuación se mencionan cuáles son los pasos necesarios para la construcción de un modelo de distribución de especies y cuáles son los datos necesarios para generar el modelo (Figura 1):

1. Formulación del modelo conceptual.
2. Diseño del muestreo, armonización de las escalas espaciales y definición del contexto geográfico del modelo (escalas locales vs. escalas globales).
3. Formulación estadística del modelo según el software a utilizar.
4. Calibración del modelo.
5. Predicción del modelo.
6. Validación del modelo.
7. Credibilidad del modelo y aplicabilidad (biología de la conservación, biogeografía, etc.).

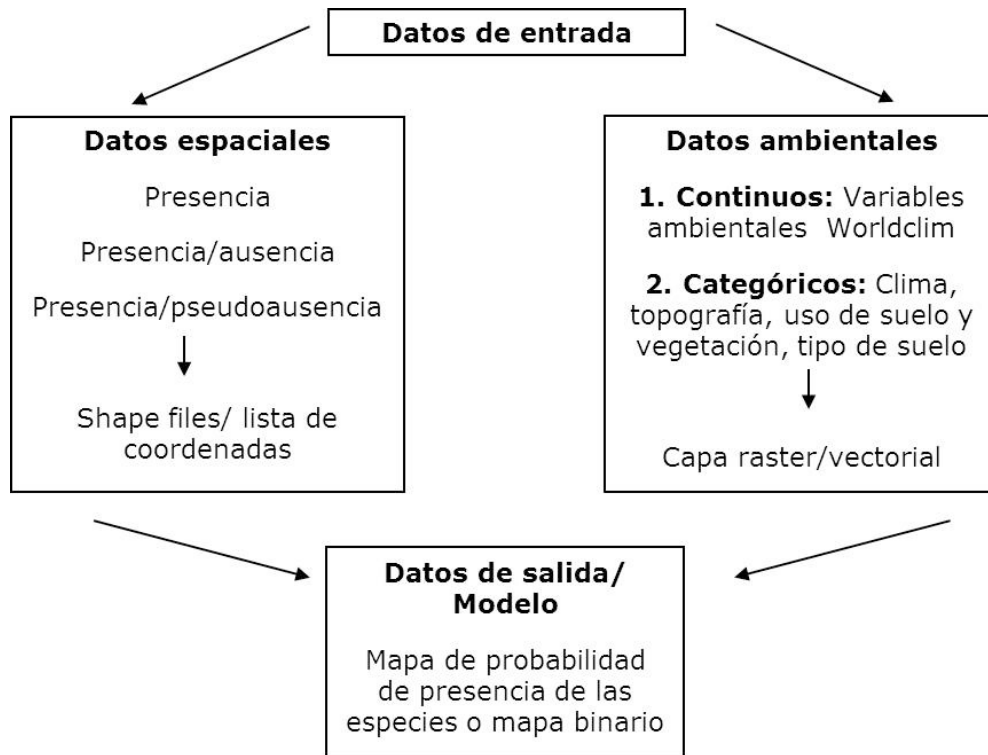


Figura 1 . Datos de entrada necesarios para generar un modelo de distribución de especies (Elith *et al.*, 2006; Soberón y Peterson, 2005; Ortega-Huerta y Peterson, 2008; Papes y Gaubert, 2007; Pearson *et al.*, 2007).

CONSIDERACIONES FINALES

Los modelos de distribución de especies son una herramienta útil e indispensable que facilita determinar cuál es la distribución de una especie en el espacio geográfico y cuál es la relación que existe entre los individuos y las variables ambientales, además de servir para tomar decisiones en la gestión de recursos. Esta manera de generar los mapas de distribución ahorra esfuerzo de campo, ya que de no hacerlo así, sería difícil y tardado ubicar a cada uno de los individuos que forman una población en un determinado espacio y sobre todo si tal conforma una especie ampliamente distribuida.

Antes de comenzar a modelar la distribución de una especie es indispensable elegir el programa con el que se trabajará, considerando y teniendo claro la cantidad y calidad de datos con los que se cuenta y con los que se quiere obtener el mejor ajuste de éstos y sea posible generar resultados confiables. Entre los más utilizados están GARP y Maxent principalmente por ser los que generan estimaciones de mayor calidad de entre los demás. Aun así durante la generación de los resultados se debe tener en cuenta las características ecológicas de la especie, reconociendo de manera general si los factores que condicionaron su distribución son los que efectivamente en el mundo real la determinan. Y finalmente, es importante considerar la oportunidad de elegir algunos puntos de verificación en campo de los resultados obtenidos sobre presencia/ausencia de la especie y determinar si estos se acercan a la realidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Box, E. O., D. W. Crumpacker, E. D. Hardin. 1993. A climatic model for location of plant species in Florida, USA. *Journal of Biogeography* 20: 629-644.
- Elith, J., C. H., Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, J. R. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. McC. M. Overton, A. Petersen, S. J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. S. Wisz, N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- Elith, J., J. R. Leathwick. 2009. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 40: 677-697.

- Franklin, J. 2010. Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Guisan, A., W. Thuiller. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8: 993-1009.
- Ko, C.Y., R. S. Lin, T. S. Ding, C. H. Hsieh, P. F. Lee. 2009. Identifying biodiversity hotspots by predictive models: a case study using Taiwan's endemic bird species. *Zoology Study* 48: 418-431.
- Lehmann, A., J. M. Overton, A. P. Austin. 2002. Regression models for spatial prediction: their role for biodiversity and conservation. *Biodiversity and Conservation* 11: 2085-2092.
- Lóriga-Piñeiro, J. 2012. Diversidad, distribución geográfica y áreas prioritarias para la conservación del género *Elaphoglossum* (Dryopteridaceae) en Cuba. Tesis de maestría no publicada. Universidad de la Habana, Cuba.
- MacArthur, R. H. 1972. Geographical ecology: patterns in the distribution of species. Harper y Row. New York, USA.
- Manel, S., J. M. Dias, S. T. Buckton, S. J. Ormerod. 1999. Alternative methods for predicting species distribution: an illustration with Himalayan river birds. *Journal of Applied Ecology* 36: 734-747.
- Mateo, R. G., A. M. Felicísimo, J. Muñoz. 2011. Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 217-240.
- Morales, S. N. 2012. Modelos de distribución de especies: software Maxent y sus aplicaciones en conservación. *Conservación Ambiental* 2: 1-5.
- Ortega-Huerta, M. A., A. T. Peterson. 2008. Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 205- 216.
- Osborne, P. E., B. J. Tigar. 1992. Interpreting bird atlas data using logistic models: an example from Lesotho, Southern Africa. *Journal of Applied Ecology* 29: 55-62.
- Papes, M., P. Gaubert. 2007. Modeling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Diversity and Distribution* 13: 890-902.
- Pearson, R. 2007. Network of Conservation Educators and Practitioners. Recuperado el Octubre de 2013, de <http://ncep.amnh.org>.
- Pearson, R., C. J. Raxworthy, M. N. Nakamura, A. T. Peterson. 2007. Predicting species distribution from small numbers of occurrence records: a test using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102-117.
- Peterson, A. T. 2001. Predicting species geographic distribution based on ecological niche modeling. *The Condor* 103: 599-605.
- Peterson, A. T., J. Soberón, V. Sánchez-Cordero. 1999. Conservationism of ecological niches in evolutionary time. *Science* 285: 1265-1267.
- Phillips S. J., M. Dudík, R. E. Schapire. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. *Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning*. ACM Press. New York, USA, pp. 665-662.
- Seoane, J., J. Bustamante. 2001. Modelos predictivos de la distribución de especies: una revisión de sus limitaciones. *Ecología* 15: 9-21.
- Skov, F., F. Borchsenius. 1997. Predicting plant species distribution patterns using simple climatic parameters: a case study of Ecuadorian palms. *Ecography* 20: 347-355.
- Soberón, J., A. T. Peterson. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2: 1-10.
- Stillman, R. A., A. F. Brown. 1994. Population sizes and habitat associations of upland breeding birds in the South Pennines. *Biological Conservation* 69: 307-314.
- Stockwell, D. R., D. Peters. 1999. The GARP modeling system: problems and solutions automated spatial prediction. *International Journal of Geographic Information Science* 13: 143-158.
- Stockwell, D. R., I. R. Noble. 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: a robust and informative method of data analysis. *Mathematics and Computer Simulation* 33: 385-390.

PLANES DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS PELIGROSOS: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Nidya Rodríguez Rodríguez, Laura Silvia González Valdez, Priscila Alvarado Mata, Miguel Ángel Soto Cárdenas.

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, del Instituto Politécnico Nacional,
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de noviembre II, Durango, Dgo., 34200 Tel/Fax: 618 814 2091
Correo electrónico: nidya_rod@hotmail.com

RESUMEN

Un residuo peligroso es aquel que presenta una o más características denominadas CRETIB, es decir, corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable o biológico infeccioso. Por lo cual este tipo de residuos constituye un riesgo para el medio ambiente y la salud humana. El presente trabajo es una revisión sobre las políticas y planes de manejo de residuos peligrosos que se llevan a cabo a nivel internacional y en instituciones educativas. Se tomó como base el Convenio de Basilea, el cual es el tratado más referenciado en la materia. Se describen en general las estrategias legislativas de la Comunidad Europea, Estados Unidos, Canadá, países de Asia, África, Latinoamérica y México para el cumplimiento de los compromisos internacionales. También se describe brevemente el papel de los planes de manejo de residuos peligrosos en los centros de investigación de las instituciones educativas en México y otras partes del mundo.

PALABRAS CLAVE: Residuo peligroso, convenio, legislación, gestión de residuos.

ABSTRACT

Hazardous waste is that having one or more characteristics known as CRETIB, that means corrosive, reactive, explosive, toxic, flammable and biologically infectious. Because of that this kind of wastes is a risk to the environment and human health. This paper is a review about policies and hazardous waste management plans, used internationally and in educational institutions. It was built on the Basel Convention, which is the most referenced treaty in the matter. The legislative strategies of the European Community, the United States, Canada, Asia, Africa, Latin America and Mexico to observe the international agreements are described in a general manner. Also, the role of management plans of hazardous waste in research centers of educational institutions in Mexico and elsewhere are briefly described.

KEY WORDS: Hazardous waste, convention, law, waste management.

INTRODUCCIÓN

La disposición inadecuada de residuos considerados peligrosos trae como consecuencias accidentes, contaminación y enfermedades. Entre las enfermedades asociadas con la exposición a los residuos peligrosos están el cáncer, las malformaciones genéticas y los daños renales y hepáticos (SEMARNAT, 2005). Es por esto que han surgido políticas en cuestión de manejo y disposición de residuos peligrosos a nivel internacional, y México, junto con otros países, se han sumado al compromiso de atender esta problemática.

Los generadores de residuos están clasificados según el volumen de generación que marca la ley aplicable a su país; en general, se dividen en grandes, pequeños y micro generadores.

Es en el grupo de micro generadores donde actualmente se sitúan las instituciones educativas que realizan trabajo de investigación; ya que dichas instituciones aunque generan pequeñas cantidades de residuos, la diversidad de estos es más amplia que la de una empresa con un proceso definido, debido al tipo de investigaciones que se realizan. Es por esto que varias universidades y centros de investigación han establecido planes de manejo para los residuos peligrosos que generan. Así mismo, es en este tipo de instituciones de donde han salido propuestas de soluciones para la problemática de contaminación ambiental y enfermedades que generan estos residuos.

RESIDUOS

Cada país, comunidad y organización tiene su propia definición de residuos, aunque todas son muy similares entre sí. En el informe de Basilea, por residuos o “desechos” se entienden las sustancias u objetos a cuya eliminación se procede, se propone proceder o se está obligado a proceder en virtud de lo dispuesto en la legislación nacional (Martínez *et al.*, 2005).

La diferencia entre los residuos, está en función de sus características particulares, de la disposición que estos reciben y del riesgo que representan a los ecosistemas y salud humana. Los residuos se clasifican en sólidos urbanos o domésticos, de manejo especial y peligrosos. La legislación mexicana los define como “aquellos materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentran en estado sólido o semisólido, líquidos o gases y que se contienen en recipientes o depósitos; pueden ser susceptibles de ser valorizados o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la misma Ley” (DOF, 2003).

Un residuo clasificado como peligroso es aquel que debido a su naturaleza presenta una o varias características de la clasificación CRETIB, las cuales son corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o biológico infeccioso. Su disposición inadecuada representa un riesgo para el medio ambiente y la salud humana (DOF, 2003).

En la década de los sesentas, en Japón se registraron casos de intoxicaciones con mercurio y cadmio por el consumo de pescado contaminado, a partir de ese incidente se empezaron a desarrollar estrategias, para disponer de los residuos de manera adecuada por medio de convenios internacionales que garanticen que los miembros de estas organizaciones marquen lineamientos nacionales y transfronterizos. Cada país o comunidad de países ha trazado sus estrategias o planes para el manejo de los residuos peligrosos.

Según el convenio de Basilea, se entiende por manejo “la recolección, el transporte y la eliminación de los desechos peligrosos o de otros desechos, incluida la vigilancia de los lugares de eliminación”. “El Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación fue aprobado el 22 de marzo de 1989, en respuesta a una clamorosa protesta tras el descubrimiento, en la década de los ochentas, en África y otras partes del mundo en desarrollo, de depósitos de desechos tóxicos provenientes del extranjero” (Martínez *et al.*, 2005).

Los principales objetivos del Convenio son “la disminución de la generación de desechos peligrosos y la promoción de la gestión ambientalmente racional de los mismos, donde quiera que se realice su eliminación; la restricción de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos, salvo en los casos en que se estima que se ajusta a los principios de la gestión ambientalmente racional y un sistema reglamentario aplicable a casos en los que movimientos transfronterizos son permisibles” (PNUMA, 2011).

Otro de los acuerdos relevantes de los que México es miembro es la Agenda 21, la cual es un “plan de acción exhaustivo que habrá de ser adoptado universal, nacional y localmente por organizaciones del Sistema de Naciones Unidas, Gobiernos y Grupos Principales de cada zona en la cual el ser humano influya en el medio ambiente”. Agenda 21 fue firmado por más de 178 países en la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNCED) en Río de Janeiro, Brasil en junio de 1992. La ONU ha declarado que “Para velar por la protección de la salud y del medio ambiente, una ordenación adecuada de los recursos naturales y un desarrollo sostenible, es de extrema importancia controlar eficazmente la producción, el almacenamiento, el tratamiento, el reciclado y la reutilización, el transporte, la recuperación y la eliminación de los desechos peligrosos”, y afirma que “Los elementos esenciales para lograrlo son la prevención de la producción de desechos peligrosos y la rehabilitación de los lugares contaminados, y para ambas cosas se requieren conocimientos, personas con experiencia, instalaciones adecuadas, recursos financieros y capacidades técnicas y científicas” (ONU, 2014).

MANEJO DE LOS RESIDUOS A NIVEL MUNDIAL

A pesar de seguir lineamientos internacionales, cada país realiza la gestión de los residuos peligrosos según su situación económica, social y cultural, marcando una brecha entre la legislación aplicable de cada país.

Estados Unidos

En Estados Unidos, todos los residuos ya sean sólidos municipales, industriales no peligrosos y peligrosos, están regulados desde la perspectiva ambiental, correspondiendo a la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) establecer las disposiciones legales a nivel federal, mientras que a los gobiernos estatales corresponden las disposiciones locales.

El programa de residuos peligrosos, según la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (Resource Conservation and Recovery Act (RCRA), Subtítulo C, establece un sistema para el control de los residuos peligrosos desde el momento en que se genera hasta su disposición final (US EPA, 2012).

Los programas de manejo de residuos se han financiado históricamente en las siguientes formas:

- Mediante impuestos sobre la propiedad. En este caso los gobiernos financian los servicios de limpieza a través del cobro de impuestos prediales. A través de cargos finales al usuario. Bajo este esquema, se cobra un cargo proporcional al volumen de residuos generados y recolectados en la puerta de los generadores.
- Estableciendo cargos adelantados o iniciales a los productos. Una forma de establecer o fortalecer los mercados de reciclaje, ha sido el desarrollo de acuerdos institucionales tales como: programas de devolución voluntaria de productos, incluidos baterías recargables, acumuladores de automóviles, disolventes y lubricantes usados o pinturas.

- Estableciendo alianzas entre empresas para trabajar conjuntamente en la investigación de nuevas formas de reciclaje o conservación de recursos.

- Creando colaboraciones entre fabricantes y proveedores, con objeto de establecer normas en cuanto al contenido de materiales reciclables, reducción de sustancias tóxicas y otros aspectos, en los materiales o productos que el proveedor entrega al fabricante.

- Programas conjuntos de reciclaje y de manufactura, como los establecidos por los fabricantes de enseres domésticos (lavadoras, refrigeradores, etc.), que son refabricados a partir de los productos usados devueltos al fabricante.

- Programas de pago por monto de residuos. Muchas ciudades tienen días especiales de recogida de residuos peligrosos del hogar. Lo cual constituye una excelente estrategia para el control de estos residuos, los cuales en países latinoamericanos terminan en basureros comunes (National Geographic, 2014).

Canadá

En este país la responsabilidad de los residuos peligrosos ha sido delegada a los gobiernos provinciales y municipales (Enviroment Canada, 2012).

Canadá cuenta con el Protocolo Nacional de Empaque en Canadá y el Código Canadiense de Prácticas Preferenciales de Envasado. En mayo de 1989, el Consejo Canadiense de Ministros del Ambiente estableció un Grupo de Trabajo Nacional sobre Envases, con la misión de sugerir políticas nacionales para la gestión de los mismos; dicho grupo desarrolló un documento que fue aprobado en marzo de 1990, denominado Protocolo Nacional del Empaque en Canadá, el cual propone establecer políticas en cuanto a que todos los envases que se utilicen en Canadá tengan un impacto mínimo sobre el ambiente. Entre las acciones se considera que la escala de prioridades de la gestión integral de envases y embalajes será la reducción de origen, reutilización, y reciclaje. Se establecerá una campaña permanente de información, educación y capacitación, con el fin de lograr que todos los canadienses estén conscientes de las funciones y los impactos ambientales del envase y el embalaje. El conjunto de políticas que integran el Protocolo Nacional del Empaque, así como la normatividad que de él resulte, se aplicará a todos los envases usados en Canadá, incluyendo los de importación (SEMARNAP, 1999).

Europa

“La Directiva de la Comunidad Europea, establece que esta puede modificarse en función de los avances científicos y técnicos en la materia. Por disposición de ésta, los Estados miembros deben velar por que los residuos peligrosos sean identificados e inventariados y no se mezclen ni entre ellos ni con residuos no peligrosos, a menos que se hayan tomado las medidas necesarias para salvaguardar la salud pública y el medio ambiente” (UE, 2010).

En Europa se han identificado una serie de factores que han propiciado el desarrollo de sistemas de manejo integral de residuos sólidos (MIRS), como son la buena administración: en el manejo integral de residuos sólidos (MIRS), como en cualquier otro negocio; la visión, que considera una estrategia a largo plazo clara y bien definida de cómo llevar a cabo el sistema de MIRS; la estabilidad, que facilita el desarrollo de una estrategia a largo plazo, se requiere en los departamentos de residuos sólidos como en el marco de referencia político; la economía de escala, para el desarrollo de infraestructura y para asegurarse que cantidades suficientes de, por ejemplo, materiales reciclados, composta, biogás, estén disponibles para que se establezcan los sistemas; los recursos económicos, para infraestructura, así como para mejorar la actual; la legislación, esta debe favorecer las acciones necesarias en pro del medio ambiente; la opinión pública, para tener comunicación a través de campañas educativas, consultas públicas y diálogos para incrementar la concientización y la comprensión sobre el manejo de los residuos sólidos; la responsabilidad compartida, que significa que los residuos generados en cada etapa de los productos (extracción de materia prima, proceso, fabricación, distribución y consumo) son responsabilidad del dueño del producto en cada etapa. Así mismos hay un incentivo financiero para reducir la cantidad de residuos sólidos generados en cada etapa del ciclo de vida (SEMARNAP, 1999).

En países como Finlandia, la normativa ha alcanzado incluso la responsabilidad de cada persona para la disposición de los residuos peligrosos que genere. Contando con centros de acopio públicos para reciclaje y recolección de residuos por medio de depósitos en las calles y farmacias para residuos generados en los hogares (City of Helsinki, 2012)

Asia

Entre los países asiáticos existe una red de cooperación, la cual proporciona información sobre la legislación en materia de residuos peligrosos de cada país miembro (Brunei, Camboya, China, Indonesia, Japón, República de Corea, Malasia, Filipinas, Singapur, Tailandia y Vietnam). Esto con el fin de establecer lineamientos en el cumplimiento y responsabilidad del Convenio de Basilea, en cuanto al manejo, disposición y movimiento transfronterizo de los residuos peligrosos (Asian Network, 2014).

África

En este continente se presenta la problemática de que por muchos años fue el tiradero clandestino de los residuos peligrosos de varios países desarrollados, aunado a la carencia de políticas legislativas que impidieran estas prácticas. El establecimiento de la Convención de Basilea en el Centro de Coordinación para la Región de África, en Nigeria en 2004, es el testimonio más elocuente de la determinación del Convenio de Basilea para asegurar que el continente africano este a salvo de los peligros de la generación, el transbordo y eliminación de desechos peligrosos. Este programa se lleva a cabo junto con la Universidad de Ibadan, en Nigeria. Los participantes son instituciones gubernamentales, industrias y organizaciones no gubernamentales (ONG) de 12 países africanos (Camerún, República Democrática del Congo, Etiopía, Ghana, Kenya, Mauricio, Nigeria, Senegal, Sudáfrica, Sudán, Tanzania y Zambia) y doce organismos de las Naciones Unidas. Se puso de relieve que África está llena de vertederos sin ingeniería y otros medios ineficaces de la eliminación de residuos, por ejemplo, las estrategias incineradores con dispositivos de control de la contaminación del aire inadecuados. Esta evolución desfavorable ha dado lugar a algunas muertes prematuras humanas, que se estimó en hasta 20 000 en un año. Otras limitaciones identificadas en el logro de una gestión ambientalmente racional de los desechos peligrosos en los países de África son: la falta de información adecuada sobre el volumen, la ubicación y las fuentes de los desechos peligrosos generados; falta de conocimiento y la habilidad para identificar tecnologías asequibles por los países africanos para la gestión ambientalmente racional de los desechos peligrosos; la falta de conciencia pública sobre la naturaleza de los residuos peligrosos y el peligro que suponen para su salud y el medio ambiente; la falta de voluntad política por parte de varios países africanos para poner en marcha legislaciones adecuadas para hacer frente precisamente con el tema de la Gestión de Residuos Peligrosos (el efecto de este factor varía entre los países); incapacidad para medir y cuantificar el nivel de degradación que se han producido como resultado de la mala gestión de los residuos peligrosos; recursos financieros y humanos insuficientes (Basel International, 2004).

Latinoamérica

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas (CEPAL) realizó un análisis llamado Gestión Ambientalmente Adecuada de los Residuos Sólidos. Un Enfoque de Política Integral. “El análisis realizado y publicado en 1997, considera los aspectos políticos, legales, institucionales, técnicos, económicos, instrumentales, de ordenamiento territorial y espacial, así como los relativos a la sensibilización y educación de la población, en Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Chile y Ecuador, la situación real muestra un cuadro desalentador, puesto que en la mayoría de los países la gestión ambiental se desarrolla a expensas fundamentalmente de la cooperación internacional. Mientras que en los países desarrollados, las regulaciones se han vuelto más estrictas y los mercados de tecnologías y servicios ambientales han ido creciendo significativamente, es por ello, que el mercado de bienes ambientales, como tecnologías limpias, sistemas de tratamiento y reciclaje, energías alternativas, filtros, equipamientos de monitoreo, y de procesos no contaminantes, se encuentra limitado. Una de las áreas en las que se ha logrado mayor éxito es el reciclaje, ya que por las características propias del subdesarrollo latinoamericano, éste ha permitido la supervivencia de grupos desfavorecidos y se ha constituido en fuente de materias primas para la pequeña industria y el artesanado” (SEMARNAP, 1999).

México

México cuenta con la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y la Ley General para la Prevención y Gestión integral de los Residuos (LGPGIR) y sus respectivos reglamentos, así como normas oficiales mexicanas para determinar las características, incompatibilidad, manejo, transporte y confinamiento de los mismos, así como con el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos el cual se basa en principios de reducción, reciclaje y reutilización de los residuos peligrosos; aún no se cuenta con suficientes mecanismos de vigilancia y seguimiento del cumplimiento de la normatividad y del programa (DOF, 2003).

Actualmente residuos como aceites automotrices y solventes son recolectados y reutilizados, pero falta más difusión y concientización sobre el conocimiento e importancia de establecer planes de manejo de residuos peligrosos.

PLANES DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS EN UNIVERSIDADES Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN

En un principio se pensaba en generadores de residuos peligrosos en grandes industrias y hospitales, pero conforme el conocimiento aumenta se han incluido a los pequeños y micro generadores como son los talleres automotrices y los dedicados a diversos tipos de procesamiento de metales, clínicas, consultorios, laboratorios de análisis físicos, químicos y biológicos y centros de investigación tanto privados como los que se encuentran en dependencias de gobierno y universidades. Estas últimas han venido realizando una gestión de sus residuos tanto por el cumplimiento de las leyes, para la reducción de riesgos en sus instalaciones, así como por la responsabilidad social y ambiental de los alumnos y personal.

Entre las universidades a nivel internacional que cuentan con planes de manejo integral de los residuos peligrosos que generan se encuentran la Universidad de Sydney en Australia (The University of Sydney, 2013); la Universidad de Helsinki en Finlandia, donde cada residuo es responsabilidad directa de la persona que lo genera (University of Helsinki, 2009), Universidad de Valladolid en España, donde incluso manejan residuos radiactivos (Universidad de Valladolid, 2013), la prestigiada Universidad de Harvard en Estados Unidos (Harvard, 2013), la Universidad de Concepción en Chile (Universidad de Concepción, 2006), entre muchas otras. En México, también varias universidades han atendido al cumplimiento de la LGPGIR, algunos ejemplos son la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (Gavilán et al., 2012), la Universidad Autónoma de Yucatán que tiene un plan de manejo para 10 años 2010-2020 (UADY, 2010), así como el Instituto Politécnico Nacional, que por medio de la Coordinación Politécnica para la sustentabilidad creó la Estrategia para la Gestión Integral de Residuos Químicos (EGIREQ), por medio de la creación de comités ambientales en todos sus campus para dar seguimiento a esta estrategia, entre otras cuestiones (IPN, 2009). Desafortunadamente no siempre es fácil establecer un plan de manejo de residuos peligrosos en instituciones educativas, un ejemplo de esto es la Universidad de Guadalajara, en donde no se ha podido concretar de manera general, debido a los problemas internos entre diferentes academias, quedando únicamente cubiertos los laboratorios certificados que prestan servicio externo; esto es en palabras del M. en C. Cesar Eleazar Muñoz Aceves, profesor investigador del departamento de farmacobiología de la Universidad de Guadalajara.

CONSIDERACIONES FINALES

Las exigencias de las políticas internacionales han traído consecuencias en la legislación interna de los países a lo largo del mundo. Cada país tiene sus políticas establecidas y operan bajo diferentes programas, pero todas enfocadas bajo los principios de reducción, reutilización y reciclaje de los residuos, para evitar riesgos a la salud.

Sorprende la situación de países que establecen fuertes medidas y estrategias eficientes de gestión dentro de su territorio, como el ejemplo de Finlandia; en contraparte durante mucho tiempo se usó a algunos países de África como tiradero de residuos peligrosos, poniendo en riesgo a su población y sus recursos naturales.

El establecimiento de políticas en materia de residuos peligrosos, junto con la divulgación de la información para la concientización de la población y la vigilancia sobre la disposición de los mismos constituyen parte de la reducción de riesgos por el buen manejo de residuos peligrosos; sin embargo la inversión en infraestructura, los convenios intersectoriales y el apoyo a la investigación científica en la innovación para la mejora de los procesos involucrados en la gestión integral de los residuos peligrosos, son una parte fundamental para la reducción de riesgos al medio ambiente y por ende a la salud humana en todo el mundo.

Los planes de manejo en instituciones educativas constituyen un pilar importante en la educación de los futuros profesionistas, pues el aprendizaje de las buenas prácticas de manejo y disposición de residuos peligrosos, les permitirá adquirir un sentido de concientización y responsabilidad en el ejercicio de su profesión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asian Network. 2014. For Prevention or Illegal Transboundary Movement of Hazardous Wastes. http://www.env.go.jp/en/recycle/asian_net/Country_Information/Law_and_Regulation.html. Consulta: 4 de abril de 2014.
- Basel International. 2004. Report Of Regional Workshop On Successful Case Studies Of Recycling, Reuse And Resource Recovery Methods Towards The Environmentally Sound Management (Esm) Of Hazardous Wastes In Africa, Conference Centre, University Of Ibadan, Ibadan, Nigeria. 9th –12th August 2004. <http://www.basel.int/Portals/4/.../docs/.../stp.../11-02.doc>. Consulta: 31 de enero 2014.

- City of Helsinki. 2012. Recycling services. <http://www.hel.fi/hki/helsinki/en/Services/Housing+and+the+environment/Environment/Recycling>. Consulta: 29 de abril de 2014.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2003. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México. Environment Canada. 2012. Hazardous Waste and Recyclable Material. <http://www.ec.gc.ca/gdd-mw/default.asp?lang=En&n=4379B169-1>. Consulta: 3 febrero de 2014.
- Environment Canada. 2012. Hazardous Waste and Recyclable Material. <http://www.ec.gc.ca/gdd-mw/default.asp?lang=En&n=4379B169-1>. Consulta: 3 febrero de 2014.
- Gavilán G. I., Gavilán G. A., Cano D. G.S., Alcántara C. V. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 2012. Guías Técnicas De Acción Para Residuos Peligrosos (Químicos, Biológicos Y Radiactivos). <http://www.fcencias.unam.mx/nosotros/comision/Gu%C3%ADa%20t%C3%A9cnica%20de%20acci%C3%B3n%20para%20residuos%20qu%C3%ADmicos.pdf>. Consulta: 15 de marzo de 2014
- Harvard. 2013. Chemical waste. Environmental Health & Safety. <http://www.ehs.harvard.edu/programs/chemical-waste>. Consulta: 10 de febrero de 2014.
- IPN (Instituto Politécnico Nacional). 2009. Coordinación Politécnica para la sustentabilidad. <http://www.sustentabilidad.ipn.mx:70/ambiental/estrategias.jsp>. Consulta: 22 de noviembre de 2013.
- Martínez J., M. Mallo, R. Lucas, J. Álvarez, A. Salvarrey, P. Gristo. 2005. Guía para la Gestión Integral de los Residuos Peligrosos. Fundamentos. Tomo I. Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay.
- National Geographic. 2014. Toxic Waste. <http://environment.nationalgeographic.com/environment/global-warming/toxic-waste-overview/>. Consulta: 10 de febrero de 2014.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2014. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. División de Desarrollo Sostenible. Programa 21. <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/>. Consulta: 12 de febrero de 2014.
- PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2011. Protocolo Sobre Responsabilidad E Indemnización Por Daños Resultantes De Los Movimientos Transfronterizos De Desechos Peligrosos Y Su Eliminación. Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación. Publishing Service, United Nations. Geneva, Switzerland.
- SEMARNAP. 1999. Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos. Instituto Nacional de Ecología. México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2005. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/08_residuos/cap8_2.html. Consulta: 23 de septiembre de 2013.
- The University of Sydney. 2013. Hazardous Waste Disposal. Safety Health & Wellbeing. <http://sydney.edu.au/whs/guidelines/hazardouswaste/index.shtml>. Consulta: 28 de enero de 2014.
- UADY (Universidad Autónoma de Yucatán). 2010. Plan de Manejo de Residuos Peligrosos. <http://www.ciplade.uady.mx/data/gma/Plan%20de%20Manejo%20de%20Residuos%20Peligrosos%20UADY.pdf>. Consulta: 19 de septiembre de 2013.
- UE (Unión Europea). 2010. Europa. Síntesis de la legislación de UE. http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/index_es.htm
http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/l21199_es.htm. Consulta: 13 en febrero de 2014.
- Universidad de Concepción. 2006. Plan de Manejo de Sustancias y Residuos Peligrosos. Chile. <http://www2.udec.cl/matpel/>. Consulta: 9 de abril de 2014.
- Universidad de Valladolid. 2013. Plan General de Residuos de la Universidad de Valladolid. Vicerrectorado de Infraestructuras Oficina de Calidad Ambiental y Sostenibilidad. http://www.uva.es/export/sites/uva/7.comunidaduniversitaria/7.09.oficinacalidadambiental/_documentos/1241607314333_plan_general_residuos.pdf. Consulta: 3 de octubre de 2013.
- University of Helsinki. 2009. Collecting and disposal of hazardous waste. Department of Chemistry. <http://www.helsinki.fi/kemia/intra/wasteguide0110.pdf>. Consulta: 25 de abril de 2014.
- US EPA (Environmental Protection Agency). 2012. Hazardous Waste Regulations. <http://www.epa.gov/osw/laws-regs/regs-haz.htm>. Consulta: 15 de febrero de 2014.

MARCO DE CAPITALES COMUNITARIOS Y ENFOQUE DE MEDIOS DE VIDA SUSTENTABLES APLICADOS A CINCO CASOS EN LATINOAMÉRICA

Nancy Lissete Morales Díaz, Omar Alejandro Reyes Ortega

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional,
Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Durango, México, 34220
Correo electrónico: ambiental_nancymd@hotmail.com

RESUMEN

En este trabajo se realizó una revisión de casos en Latinoamérica, en los que se implementaron los capitales comunitarios y medios de vida, relacionados a atender distintas problemáticas desde el diagnóstico para realizar propuestas de conservación hasta el fortalecimiento de comunidades para hacer frente al cambio climático, partiendo del supuesto que la formación del capital comunitario es base para medios de vida sustentables, además que este enfoque se ha combinado en procesos participativos, donde se involucran los distintos actores, con el fin de conocer su percepción y propuestas desde su entorno local.

PALABRAS CLAVE: Capitales comunitarios, medios de vida sustentables, procesos participativos.

ABSTRACT

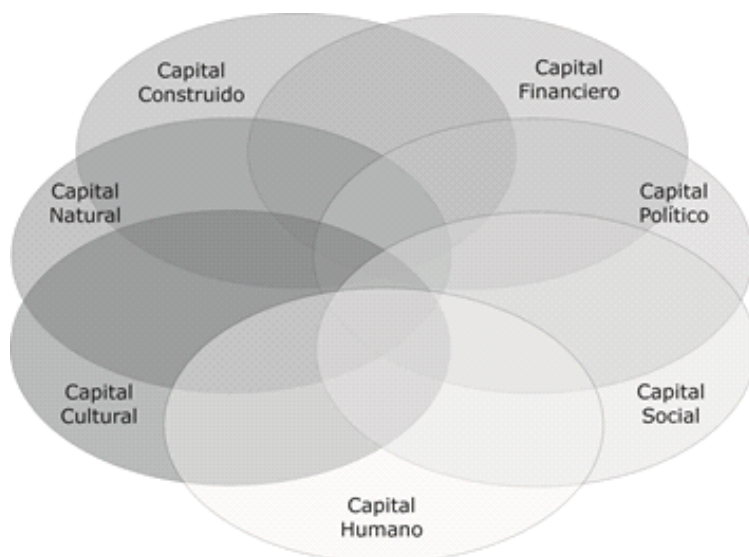
In this paper a review of cases in Latin America was made, in which community capitals and sustainable livelihoods were implemented to serve different issues from diagnosis to make conservation proposals to the strengthening of communities to cope with climate change, assuming that community capital training is the base for sustainable livelihoods, this approach has been combined with participative processes, where different actors are involved, with the aim of understand their perception and proposals from their local environment.

KEY WORDS: Community capitals, sustainable livelihoods, participative processes.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta una revisión de estudios sobre los capitales comunitarios y medios de vida, con un enfoque al desarrollo sustentable.

El Marco de los Capitales Comunitarios (MCC) más que una herramienta de análisis, puede ser un enfoque que ayuda a identificar sus partes (Flora *et al*, 2004). Se entenderá como capital, a los recursos tanto humanos como materiales que pueden ser invertidos para crear otros nuevos a través del tiempo. Se ha publicado una serie de artículos donde se plantean el uso de los capitales comunitarios para clasificar las actividades y recursos que poseen las comunidades, en los que se asume que las actividades humanas en la comunidad, podrían tener una gran influencia negativa sobre el capital natural, disminuyendo el desarrollo a largo plazo; "El capital natural determina los límites y las oportunidades de las actividades humanas" (Flora, 2007).



Por medio de la construcción del conocimiento local y científico se espera el desarrollo saludable de los ecosistemas, con múltiples beneficios comunitarios, donde las comunidades humanas actúen en conjunto con los sistemas naturales, es decir, dominar estos sistemas para obtener ganancias a corto plazo (Flora, 2007). En este marco se distinguen seis capitales principales: capital social, humano, político, cultural, natural, financiero, y construido, (Figura 1). En el presente trabajo se revisan los conceptos de capitales comunitarios y medios de vida, dentro del marco del desarrollo sustentable.

Figura 1. Capitales Comunitarios (Emery y Flora, 2006).

CAPITAL SOCIAL

Al conjunto de conocimientos colectivos que pueden ser medidos por la densidad, frecuencia o intensidad de las relaciones humanas se le conoce como capital social (Meadows, 1998). Uno de sus principales componentes es la confianza, el cual es un eslabón que ayuda a facilitar la cooperación entre la sociedad, basándose en el principio de reciprocidad. Se puede medir a través de las redes o asociaciones voluntarias, que ayudan a construir confianza y cooperación (Romero y Jiménez, 2004). Cuando se invierte en el capital social, las comunidades demuestran una mejora en iniciativa, responsabilidad y adaptabilidad, y una visión compartida de un indicador de aumento del capital social (Flora, 2007).

CAPITAL HUMANO

Según Emery y Flora (2006), en el capital humano “se incluyen las habilidades y las capacidades de las personas, con el objeto de generar mejoras y desarrollo en los medios que requieren para tener al alcance los recursos y el conocimiento externo a fin de aumentar el entendimiento e identificar prácticas prometedoras para acceder a los datos de creación de comunidad”. Este contiene todos los aspectos de la población, educación, salud, y diversidad de grupos (Flora *et al.*, 2004).

Al invertir en el capital humano para el desarrollo rural, habrá que considerar la identificación de las motivaciones y habilidades de cada individuo, que ayuden a mejorar los otros capitales comunitarios, con el fin de incrementar sus habilidades y motivaciones de la comunidad hacia visión sustentable (Flora, 2007).

CAPITAL POLÍTICO

Según Flora *et al.* (2004), capital político es el nivel de organización de la comunidad por medio del uso del gobierno, es decir, la habilidad para ganar recursos por parte de los representantes hacia la comunidad. Cuando este capital es alto, se posee la habilidad para buscar su propia voz y comprometerse en acciones que contribuyen al bienestar comunitario.

En una comunidad el capital político es la habilidad de un grupo para influir en las leyes y regulaciones que fortalecen las normas que determinan la distribución de los recursos y la manera en que son utilizados. Para incrementar este capital, se debe invertir en la participación por medio de la organización de grupos de trabajo integrales, donde la población interactúe con otros actores de la sociedad como funcionarios de gobierno e investigadores, siendo las inquietudes locales los temas prioritarios en la agenda (Flora, 2007).

CAPITAL CULTURAL

El capital cultural es aquel que pone de manifiesto el modo en que las personas conocen y se desenvuelven en el mundo; sus tradiciones, y lenguaje. Incluye su visión espiritual y como las distintas partes están conectadas, las maneras de conocimiento, gastronomía y lenguaje, entre otras. Este capital es de suma importancia porque frecuentemente las personas nativas, poseen conocimientos sobre el estado de sus recursos naturales y de prácticas de sus ancestros, entonces al invertir en el capital cultural, en diferentes enfoques se podrían mejorar los otros capitales (Flora, 2007).

CAPITAL NATURAL

El capital natural es la reserva y el flujo de recursos en la naturaleza para que la economía humana tome las materias primas y la energía para su desarrollo. “El capital natural determina los límites y las oportunidades de las actividades humanas” (Flora *et al.*, 2004)

Se invierte a través de la construcción de conocimiento local y científico, para el aprovechamiento de los recursos naturales, considerando el ciclo natural de los ecosistemas, lo que estimula múltiples beneficios comunitarios, donde las comunidades actúan en conjunto con los sistemas naturales (Flora *et al.*, 2004). Es de suma importancia dado que “El capital natural da forma al capital cultural conectado a un lugar” (Emery y Flora, 2006). Este capital se mide a través de la calidad del aire, agua, suelo, paisaje, oportunidades recreativas, vida silvestre, vegetación preservada, conservada o restaurada, así como la adopción de políticas de desarrollo del medio natural (Flora *et al.*, 2004).

CAPITAL FINANCIERO

El capital financiero es el que encierra a los recursos financieros disponibles para invertir en la comunidad, ya sea en la capacidad para crear nuevas oportunidades de generación de recursos económicos, apoyo para el emprendimiento civil y social, así como el aseguramiento de riqueza para el futuro impulso de la comunidad (Emery y Flora, 2006).

Es el capital más fácil de medir, porque se trata de contabilizar dinero, pero se calcula por el establecimiento de nuevos instrumentos de financiamiento, recursos obtenidos para mejorar la infraestructura, desarrollo de negocios, reducción de pobreza (Flora *et al.*, 2004), además, incluye todos los recursos económicos como los ahorros, remesas, generación de ingresos y ganancias, pago por servicios ambientales, préstamos, créditos, inversiones, impuestos, subsidios y donaciones; este capital es muy importante, porque ayuda a crear nuevos recursos que se transforman en otros capitales; si se incrementa el capital humano y social se considera una mayor integración en las cadenas productivas y por ende un aumento en el capital financiero (Flora, 2007).

CAPITAL CONSTRUIDO

“Incluye la infraestructura que soporta todas las actividades” y se mide por la mejora o fortalecimiento de los edificios, viviendas, escuelas, hospitales, obras hidráulicas, carreteras y caminos, parques industriales, parques públicos e instalaciones recreativas (Flora *et al.*, 2004).

ESPIRAL DESCENDENTE

Flora (2007) habla sobre el declive del capital natural en un trabajo donde se aplicó la metodología de los capitales comunitarios para el estudio de especies invasoras vegetales, relacionadas con la baja productividad e ingresos, migración, enfermedades, pérdida de biodiversidad, declive de rituales locales y una mayor desigualdad (en orden de aparición capital financiero, capital humano, capital cultural y capital social). Ese autor concluyó que existe una espiral descendente, en el que el papel del investigador en parte, es romper este círculo vicioso, basándose en la construcción de los capitales, al menos para detener la espiral autodestructiva. Un medio de dirigir tratamientos inmediatos a los problemas; en este caso especies invasoras; son acciones sustentables con el objetivo de incrementar la habilidad de la comunidad para la futura bioseguridad (Figura 2)

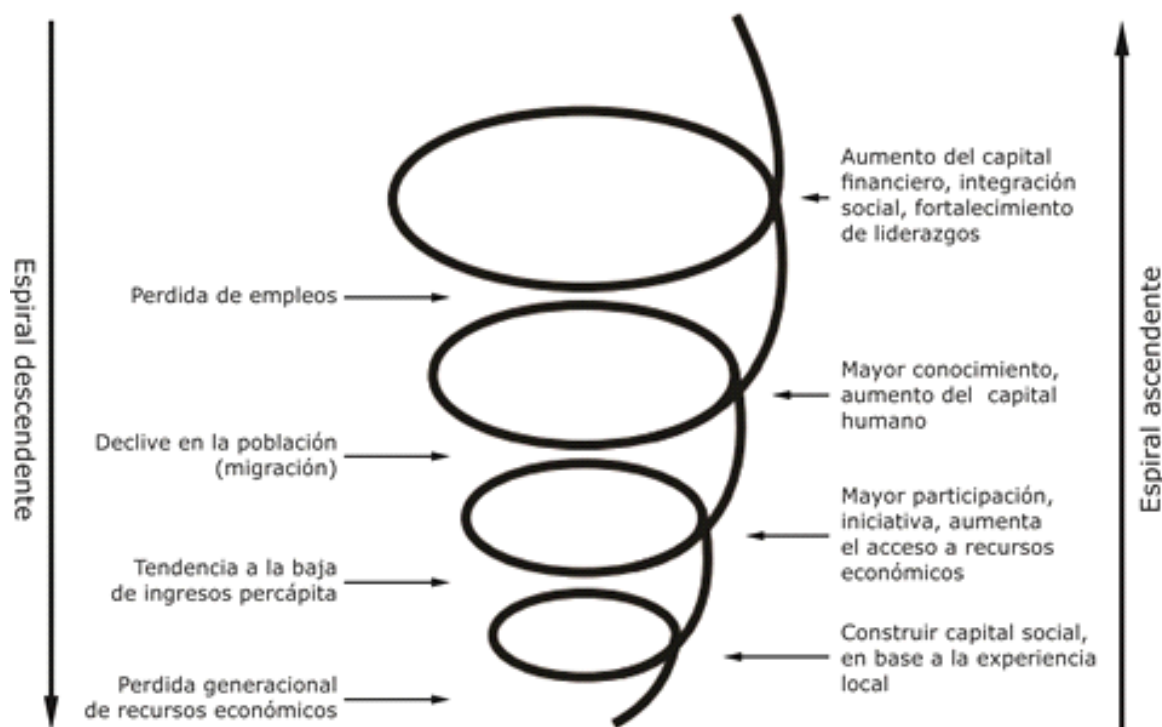


Figura 2. Espiral de capitales comunitarios (Emery y Flora, 2006).

ESPIRAL ASCENDENTE

Emery y Flora (2006) sugieren que una construcción de capitales no es la primera acción para revertir la espiral invertida, (Figura 2), que invertir en la unión y evitar la reducción de capital social incluye aceptar que lleva tiempo construir confianza y reciprocidad dentro de la comunidad; frecuentemente esto es la pieza clave. Entonces una propuesta para la construcción del capital social es trabajar con varios grupos en la comunidad con el fin de fortalecer el capital humano, para lo cual, se requiere paciencia para ayudar a esta construcción a través de acciones propuestas por la comunidad y éstas sean tanto significativas como aceptables, con el fin de alcanzar una espiral ascendente.

ENFOQUE DE MEDIOS DE VIDA SUSTENTABLES (EMVS)

Los medios de vida sustentables (SL) por sus siglas en inglés Sustainable livelihoods, es un término introducido por primera vez por la comisión de Brundtland en 1987, fue redefinido en la conferencia de las Naciones Unidas en 1992, en la que el objetivo principal fue erradicar la pobreza, como (Krantz, 2001):

“Un medio de vida que comprende las capacidades, activos (incluidos los recursos tanto materiales como sociales) y actividades necesarias para vivir. Un medio de vida es sostenible cuando puede afrontar y recuperarse de disturbios y crisis, mantener o mejorar sus capacidades y activos, sin consumir la base de recursos naturales”.

En el mismo año Robert Chambers y Gordon Conway propusieron la siguiente definición (Krantz, 2001):

“Un medio de vida comprende las capacidades, recursos (reservas, recursos y accesos) y actividades que se requieren para vivir: un medio de vida es sostenible si puede enfrentar y recuperarse del estrés y las crisis, mantener o mejorar sus capacidades y activos, y proporcionar oportunidades de subsistencia sostenibles para la próxima generación; y además aporta beneficios netos a otros medios de vida a nivel local y mundial, y en el corto y largo plazo”.

Este Enfoque de Medios de Vida Sustentables (EMVS), que se basa en la reducción de la pobreza propuesto por las Naciones Unidas, es un “marco diseñado para ser una herramienta versátil de planificación y gestión”. Es importante comprender otros conceptos para llevar a la práctica el EMVS, como es el contexto de vulnerabilidad, cuando el entorno externo puede ser afectado por tendencias críticas, choques o por el tiempo en determinadas variables (DFID, 1999a).

Los fenómenos que afectan los EMVS, podrían destruir los activos directamente, como por ejemplo forzar el abandono de hogares o tierras cultivables, estos a su vez pueden ser efectos de cambios en la economía internacional e intercambios comerciales. En cambio, las tendencias pueden ser predecibles, y pueden afectar las tasas de rentabilidad de las estrategias para los medios de vida (DFID, 1999a).

Por último los cambios temporales de los precios, las oportunidades laborales o la disponibilidad alimenticia, forman parte de la privación de algunas poblaciones menos favorecidas (DFID, 1999a).

El uso del término en el contexto de vulnerabilidad, se comporta como un círculo vicioso; la fragilidad de los medios de vida de las poblaciones menos favorecidas, les provoca mayor dificultad para enfrentarse a este tipo de disturbios, ya sean predecibles o no; entonces se vuelven cada vez más vulnerables, inclusive cuando las tendencias son buenas, no pueden beneficiarse, porque carecen de activos que trabajen a su favor (DFID, 1999a).

En el caso del EMVS también se identifican distintos capitales, en este caso son cinco a diferencia del MCC (Figura 3). En la Figura 3 pueden observarse los cambios en el acceso a los activos. El punto en el centro del pentágono, simboliza la falta de acceso a los capitales, mientras que el perímetro externo representa un acceso máximo. Tomando esto como base, se pueden diseñar pentágonos específicos para las diferentes comunidades (DFID, 1999a)

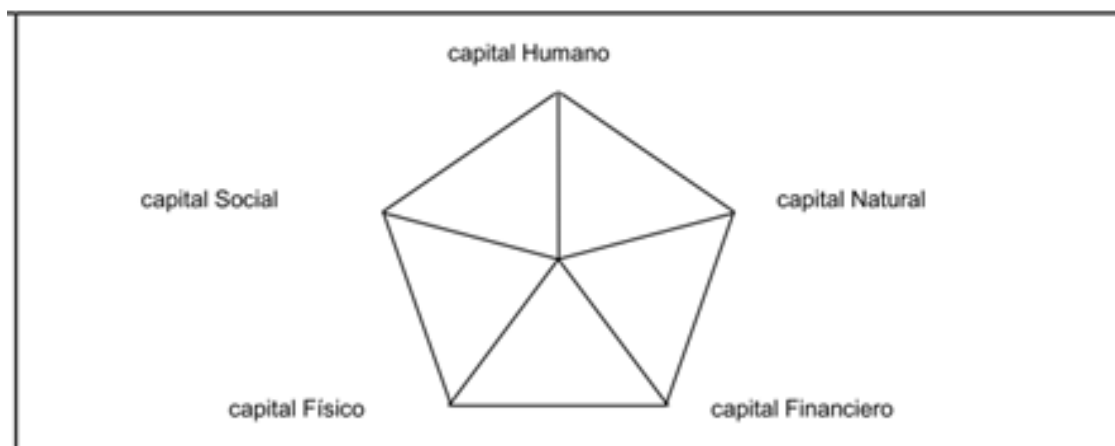


Figura 3. Pentágono de Capitales de medios vida Sustentables (DFID, 1999b)

En algunos casos se tienen distintos accesos a los capitales, que al explicarlos desde el enfoque de los EMVS, se pueden formar diferentes polígonos (Figura 4), pentágonos con formas diferentes: cambios en el acceso a los activos o capitales.

En la Figura 4, el pentágono superior muestra un acceso mayor en el capital social y físico, pero se limita el acceso al capital natural y financiero que se observan a la baja. Por lo tanto se podría deducir que los pueblos representados viven en una zona urbana, pero carecen de aptitudes o los medios financieros necesarios para invertir en el sostenimiento de sus infraestructuras. En cambio en el pentágono se observa un escenario después de haber recibido un apoyo que ha desarrollado el acceso al capital financiero y ha proporcionado el fortalecimiento del capital humano. Y la combinación de ambos, pueden permitir en que la población mantenga y aumente su capital físico, y entonces el acceso al capital natural permanece inalterado.

A continuación se mencionan algunos casos en Latinoamérica, donde se han realizado estudios utilizando el MMC y EMVS.

Caso 1. Cotacachi, Ecuador

Cotacachi, Ecuador, es un lugar que ha mantenido un proceso de participación, donde existe una asamblea, en la que se expresan los actores y procesan sus conflictos (Crespo, 2004). En 1999 se realizó un estudio llamado "Cotacachi: capitales comunitarios y propuestas de desarrollo local", se "pone de manifiesto la importancia de los recursos comunitarios como formas de capital para producir nuevas riquezas", y analiza el rol que juegan los capitales comunitarios en el desarrollo local, suponiendo que "las fortalezas organizativas pueden convertirse en puntales del desarrollo local desde la óptica de la sustentabilidad" (Báez *et al*, 1999).

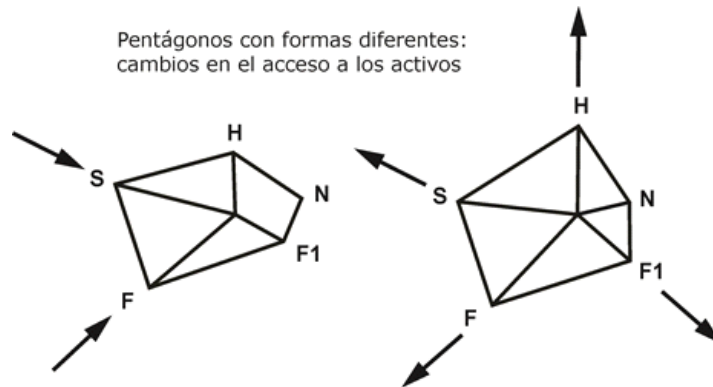


Figura 4. Polígonos de acceso a los capitales comunitarios. (DFID, 1999a)

En este estudio se enumeran los capitales tomando en cuenta diagnósticos anteriores, en los que se caracterizan los datos para enumerar los capitales social, humano, financiero, medio ambiental y físico; para realizar un plan de desarrollo para este cantón (unidad de gobierno equivalente a municipio en México), para después seguir con un diagnóstico participativo con varios talleres de tres niveles, uno con representantes de gobierno, otro con organizaciones sociales y el último con representantes de comunidades rurales; así se diseñó un plan de desarrollo para la zona, en un proceso de construcción de democracia participativa y ciudadana (Báez *et al.*, 1999).

Para concluir este caso se desarrollaron líneas generales de políticas, basadas en los recursos comunitarios ya existentes, dentro de este marco, se necesita tomar como base las necesidades de la población, como las cuestiones económicas que forman una columna construida por los procesos de fortalecimiento de los capitales comunitarios, para acercarse a una visión de desarrollo local sustentable. "El mejoramiento de las condiciones locales debe ser entendido no simplemente como una consecuencia del incremento de ingresos familiares, sino como el mejoramiento en la calidad de vida, que incluye los derechos sociales y políticos de las poblaciones" (Báez *et al.*, 1999).

Caso 2. Reserva El Triunfo, Chiapas, México

En México existen otros estudios como es el caso de la reserva de la biosfera El Triunfo, en Chiapas, donde el objetivo fue "elaborar un diagnóstico de los capitales comunitarios e identificar las comunidades prioritarias para implementar actividades de conservación" (FONCET y CONANP, 2009); se desarrolló a través de talleres y entrevistas, en tres etapas, el primero de sensibilización, el segundo para identificar los capitales comunitarios y el último para analizar las estrategias comunitarias viables. Con los resultados se buscaron estrategias que permitan alcanzar un medio de vida sustentable y conocer cuales capitales comunitarios son en los que las personas están dispuestas a invertir (FONCET y CONANP, 2009).

Este caso se involucró en el contexto de vulnerabilidad, donde se identificaron estrategias con acciones que pueden ser apoyadas con ayuda externa, como por ejemplo falta de organización o falta de gestión eficiente. En el contexto de vulnerabilidad los factores externos son los desastres naturales que podrían entorpecer los medios de vida sustentables (FONCET y CONANP, 2009) y así se obtuvo un diagnóstico de las principales comunidades de la zona, para después establecer estrategias de conservación basados en los capitales identificados.

Caso 3. Río Coapa, Chiapas, México

En 2006, se realizó un diagnóstico de las comunidades de la cuenca del río Coapa en Chiapas, para establecer un plan de manejo, cual se consideró el capital humano, social, político, natural, financiero y construido; en este caso se procedió a dividir las comunidades de la cuencas alta, media y baja, donde se realizaron talleres y entrevistas, para diagnosticar la zona; se encontraron las principales motivaciones de sus habitantes, como la búsqueda de apoyos para reconversión productiva, la promoción de cooperativas, y la reubicación de casas en zonas vulnerables a desastres naturales, entre otras. En el plan de gestión de la cuenca se establecieron distintas líneas de acción, algunas enfocadas al desarrollo de alternativas sustentables, restauración y conservación de ecosistemas y al manejo de unidades de paisaje, así como, al fortalecimiento de los capitales comunitarios; en este caso se mencionan solo el capital social y construido, pero en las otras líneas de acción impactan en los otros capitales, aunque no se mencionen como tales (Imbach, 2006).

Caso 4. Corredor Biológico Tenorio-Miravalles, Turrialba, Costa Rica

Este es uno de los estudios donde se mezclan ambas metodologías de MCC y EMVS, llamado “Capitales de la comunidad y la conservación de los recursos naturales, el caso del corredor biológico Tenorio-Miravalles” y “el uso de este enfoque como herramienta de análisis de la realidad y del contexto ambiental y social que puede contribuir a identificar oportunidades que faciliten la integración de los esfuerzos de conservación con las estrategias de vida locales” (Bautista-Solís y Gutiérrez-Montes, 2012). Se utilizó el enfoque de MMC y EMVS, en los distintos procesos de planificación, monitoreo y evaluación de las iniciativas de conservación donde intervinieron los distintos actores, lo cual “permite tomar decisiones de inversión para motivar espirales ascendentes de conservación y desarrollo para disminuir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia ecológica y social” (Soares *et al.*, 2011 citado por Bautista-Solís y Gutiérrez-Montes, 2012). Concluyeron que la comunidad, en base a sus medios de vida está relacionada a la agricultura, y la conservación del agua, siendo este líquido vital el más valorado, entonces los habitantes están dispuestos a llevar acciones de conservación, la generación de beneficios por medio de promover el turismo, además de incorporar temas de educación ambiental en centros educativos. En este caso el capital base es el capital natural.

Caso 5. Vulnerabilidad ante Huracanes, Yucatán, México

Otro proyecto realizado fue el de “Capitales de la comunidad, medios de vida y vulnerabilidad social ante huracanes en la costa Yucateca” en el año 2011, donde se propone un marco metodológico para hacer un análisis en base a los capitales de la comunidad ante la vulnerabilidad climática. En esta zona se percibe la necesidad de propuestas que fortalezcan las capacidades locales, el emprender acciones adaptativas y el impulso de asociaciones entre los distintos actores clave. Todo esto con la finalidad de conservar los recursos naturales y hacer fuerte a la comunidad ante la vulnerabilidad climática, ya que el cambio climático se ha transformado en una de las mayores amenazas para el desarrollo sustentable (Soares *et al.*, 2011).

Para esto se emplearon tres elementos: los activos, las estrategias de uso de los activos y las oportunidades que brindan tanto el mercado como el estado o la sociedad civil, y son un punto de inicio para establecer estrategias de vida (Flora *et al.*, 2004). En este caso la vulnerabilidad se asocia a la falta de acceso y disponibilidad de cada uno de los capitales comunitarios y sus interacciones son negativas; de manera que las personas con menor acceso a los recursos y al poder son las más afectadas. Por ejemplo, dentro del capital humano, la diferencia entre hombres y mujeres, hace más vulnerables a las mujeres (Soares *et al.*, 2011).

Se pueden observar distintas aristas de la vulnerabilidad, como la falta de capacitación en cambio climático (capital humano), la carencia de organizaciones sociales dedicadas al cambio climático (capital social), las características naturales de la región que restringen la producción agropecuaria y los daños en las zonas de manglar como el capital natural, entre otros (Soares *et al.*, 2011).

CONSIDERACIONES FINALES

El MMC y EMVS son enfoques que permiten clasificar las distintas variables en temas donde se involucran los actores clave, y a partir de sus necesidades se plantean las propuestas a los distintos problemas o planes de mejora tanto medioambientales como sociales. En los cinco casos analizados se observó que el primero pasó por un proceso de construcción de democracia participativa y ciudadana, en el que se plantearon políticas de manejo local que se adaptaran tanto a las necesidades locales como a las líneas de desarrollo de Ecuador. En el segundo estudio, el de la Reserva “El Triunfo”, se realizó un diagnóstico de las principales comunidades involucradas en la reserva, y en primer lugar se caracterizaron los capitales para después establecer propuestas en base a sugerencias locales, tomando en cuenta como punto de partida el estado de vulnerabilidad del ecosistema. En el tercer caso del Río Coapa en Chiapas, donde se estableció un plan de manejo de cuenca, se destaca el fortalecimiento del capital social y construido. Otro caso es el “corredor biológico en Tenorio Miravalles” en el cual se identificaron las estrategias de vida locales y se llegó a la conclusión de emprender acciones para aumentar la resiliencia ecológica y social, además que se concientizó sobre la importancia del agua para el sostenimiento de sus medios de vida; así que su capital primordial es el capital natural. Por último el caso en Yucatán, se proyecta desde un contexto de vulnerabilidad ante el cambio climático, en el que se buscó fortalecer el capital social, como la equidad de género y el capital humano para fortalecer las comunidades ante desastres naturales y aumentar su capacidad de resiliencia.

Los cinco casos anteriores se llevaron a cabo por medio de procesos participativos, donde se involucraron distintos actores, quienes se apropiaron de sus capitales comunitarios y se creó la necesidad de fortalecerlos; cabe destacar que las propuestas de acción surgen como sugerencia de las mismas comunidades, que dan pie a otras acciones tales como el diseño de políticas públicas, programas sociales, programas de desarrollo social y planes de manejo de cuenca.

Cuando no se cuente con la cantidad de información necesaria y además se desee conocer las necesidades y percepción de la problemática local, los enfoques presentados son flexibles para combinarse con otras metodologías y por la gran variedad de estudios que se han realizado parece alcanzar resultados razonables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Báez, S, M. García, F. Guerrero, A. M. Larrea. 1999. Cotacachi capitales comunitarios y propuestas de desarrollo local. AbyaYala. Quito, Ecuador.
- Bautista-Solís, P., I. Gutiérrez-Montes. 2012. Capitales de la comunidad y la conservación de los recursos naturales : Caso Corredor Biológico Tenorio-Miravalles. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
- Crespo, O. S. 2004. Cotacachi: una propuesta por la democracia participativa. FLACSO Sede Ecuador. Quito, Ecuador.
- DFID (Department for International Development). 1999a. Sustainable livelihoods guidance sheets.: DFID. London, UK.
- DFID (Department for International Development). 1999b. Hojas orientativas sobre los medios de vida sostenibles. Recuperado el 14 de 04 de 2014, de <http://www.eldis.org/>
- Emery, M., C. Flora. 2006. Spiraling-Up: Mapping Community Transformation with Community Capitals Framework. Community Development 37: 19-35.
- Flora, B. C., E. Mary, S. Fey, C. Bregendahl. 2004. Community Capitals : A Tool for Evaluating Strategic Interventions and Projects. North Central Regional Center for Rural Development.
- Flora, C. B. 2007. Social Capital and Community Problem Solving: Combining Local and Scientific Knowledge to Fight Invasive Species. Iowa State University. USA.
- FONCET, CONANP. 2009. Cuarto Informe BIOCORES A.C. "Diversificación y restauración de paisajes transformados en comunidades de la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Componente 1: Estrategia de Restauración. Chiapas, México.
- Imbach, A. 2006. Plan de Gestión de la Cuenca del Río Coapa, Chiapas, México. Grupo Interinstitucional Cuencas Costeras de Chiapas. México.
- Krantz, L. 2001. The Sustainable Livelihood Approach to Poverty Reduction An introduction. SIDA, Swedish International Development Cooperation Agency.
- Meadows, D. 1998. Indicators and Information Systems for Sustainable by . The Sustainability Institute.
- Romero, P. Y., B. J. Jiménez. 2004. ¿Por qué hablar de capitales intangibles en antropología del desarrollo? Maguaré: 87-102.
- Soares, D., M. A. Gutiérrez, R. R. Pérez, V. L. Mera. 2011. Capitales de la comunidad, medios de vida y vulnerabilidad social ante huracanes en la costa yucateca. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.

ESTABILIZACIÓN DE METALES PESADOS PRESENTES EN JALES PROVENIENTES DE LA ACTIVIDAD MINERA: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Priscila Alvarado Mata, Ignacio Villanueva Fierro, Nidya Rodríguez Rodríguez, José Rafael Irigoyen Campuzano, Alejandro Fabián Orona Meza

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, del Instituto Politécnico Nacional, Sigma 119, Fraccionamiento 20 de noviembre II, Durango, Durango, México 34220
Correo electrónico: priscilalvarado@live.com.mx

RESUMEN

Esta revisión describe de manera general en qué consiste la estabilización de los metales pesados presentes en los jales mineros y por qué es importante estabilizarlos. Se presenta una descripción breve de estudios realizados en los que se prueban diferentes materiales y concentraciones de los mismos para determinar cuáles son mejores para estabilizar los metales. En algunos casos, los jales pueden ser reciclados, incorporándolos como sustitutos de material granulado en la elaboración de concreto.

PALABRAS CLAVE: Estabilización de suelos, jales, metales pesados

ABSTRACT

This review describes in general terms what the stabilization of heavy metals in mine tailings is and why it is important. A brief description of studies, showing the use of different materials at different concentrations in order to select the best conditions to stabilize the metals, is present. In some cases, the tailings may be recycled as a substitute of granular material in the concrete manufacture.

KEY WORDS: Soil stabilization, tailings, heavy metals

INTRODUCCIÓN

La industria minera es una de las más antiguas y rentables que existen. En el caso de México, de acuerdo al informe de la Cámara Minera de México (Cámara Minera de México, 2013), la minería generó en el año 2012 divisas por un total de 22 mil 511 millones de dólares y ocupó el cuarto lugar en el sector industrial en cuanto a divisas se refiere, por lo cual se confirma la tendencia de crecimiento que se observa desde 2011. Actualmente, la industria minero-metalúrgica aporta el 10% del Producto Interno Bruto Industrial y el 3% del nacional y genera 18 mil 833 nuevos empleos dando un total de 328 mil 555 empleos directos; junto con los indirectos la industria minera da trabajo a dos millones de personas (Cámara Minera de México, 2013). En la capacidad de generar empleos radica, en parte, la importancia de la minería en el país.

Para extraer el mineral se lleva a cabo un proceso llamado "cianuración", su nombre se debe a la utilización de cianuro de sodio (NaCN). Una vez que el material rocoso que contiene el mineral ha sido triturado hasta quedar en finas partículas, pasa a unos estanques en donde se le adiciona cianuro de sodio diluido en agua a una concentración de 100 a 500 mg/L (Logsdon, *et al.*, 1999). El oxígeno presente en el aire funciona como oxidante y el ion CN^- se une al ion del metal para formar un complejo (agente complejante). Así, la plata se disuelve fácilmente en una solución acuosa diluida de NaCN (Habashi, 1967). Una vez que las partículas del metal son separadas de los demás materiales con los que se encuentra, éstas son tomadas mediante un proceso llamado flotación, y los residuos del proceso son desechados. A estos desechos se les llama jales, los cuales son los residuos de granulometría fina del proceso de separación de los metales de los demás materiales con los que se encuentran (Romero *et al.*, 2008).

Estos jales contienen sulfuros metálicos residuales como piritita (FeS_2), pirrotita ($Fe_{1-x}S$), galena (PbS), esfalerita (ZnS), calcopirita ($CuFeS_2$) y arsenopirita ($FeAsS$), que son la fuente de elementos potencialmente tóxicos (EPT) como el As, Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, etc., que son metales pesados (Romero *et al.*, 2008).

Los metales pesados se encuentran de manera natural en el suelo, forman parte de su composición en fase sólida, y permiten que se lleven a cabo la formación de complejos solubles, reacciones de óxido-reducción, adsorción y precipitación-disolución. En condiciones normales estos metales no representan un problema para el ambiente y la salud humana, ya que geológicamente los metales potencialmente tóxicos se encuentran fijados al suelo en formas químicas muy insolubles, por lo que no están fácilmente disponibles (Zúñiga, 1999). Pero una vez fuera del proceso es posible que se oxiden y al entrar en contacto con agua, generen drenaje ácido con un alto contenido de metales pesados, además de que pueden ser arrastrados por el viento debido a la erosión eólica (Romero y Ruíz, 2010).

En México, existe normatividad respecto al manejo de los jales mineros y a la operación y construcción de las presas de jales. Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's), como la NOM-157-SEMARNAT-2009, establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros y la NOM-141-SEMARNAT-2003, establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales.

Esta normatividad está enfocada principalmente a la disposición de los jales en un sitio establecido, ya que son altamente contaminantes si se vierten directamente sobre el suelo o el agua (Méndez y Armienta, 2012).

El objetivo de este trabajo fue describir el proceso de estabilización de los jales mineros y presentar algunas de las propuestas para su manejo.

MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN

El tratamiento de los jales puede realizarse a través de métodos físicos, químicos y/o biológicos. Los metales pesados se pueden dejar en el sitio y tratar de manera que se reduzca o elimine su capacidad de afectar la salud humana y el ambiente. Al estabilizar los jales los metales pesados forman compuestos menos tóxicos y altamente insolubles por lo cual dejan de estar disponibles para los seres vivos. Aunque permanecen en el sitio, la manera en la que se encuentran es mucho menos tóxica (Valles y Alarcón, 2008).

Los metales y el cianuro presentes en los jales pueden estabilizarse mediante la utilización de polímeros inorgánicos, macromoléculas que no poseen átomos de carbono en su cadena principal. Son los principales componentes del suelo, y se utilizan ampliamente como abrasivos y materiales de corte (Rodríguez *et al.*, 2009). Así, las arenas, gravas y los derivados de estas son polímeros inorgánicos, los cuales son utilizados como una manera de estabilizar metales presentes en suelos.

La estabilización de suelos es un método altamente eficiente en el tratamiento de sitios contaminados con metales tóxicos, en el cual se transforman los suelos, y en este caso los jales mineros, en materiales estables de muy baja lixiviación (Zhou *et al.*, 2006).

Mediante la estabilización se puede obstaculizar la propagación de contaminantes en el suelo disminuyendo la lixiviación de los mismos y su biodisponibilidad, mediante la inducción de diversos procesos, que pueden ser: la adsorción a las superficies minerales, la formación de complejos estables con subproductos orgánicos y una superficie de intercambio iónico (Choi *et al.*, 2009).

Los materiales usados para la estabilización de suelos contaminados encapsulan los contaminantes y los vuelven insolubles en un entorno de pH estable. Además de la encapsulación física, estos materiales propician la estabilización química, principalmente al romper los enlaces en los metales lo cual reduce aún más su potencial contaminante y tóxico (Voglar y Leštan, 2011).

Una de las técnicas más utilizadas para la estabilización de metales pesados es la utilización de cemento. En un experimento realizado por Janusa *et al.* (2000) se agregó bagazo (subproducto de la caña de azúcar) como aditivo a la mezcla de residuos y cemento para estabilizar Plomo (Pb). Los resultados arrojaron que este aditivo mejoró considerablemente la eficiencia en la estabilización de este metal; que al añadir agentes estabilizadores nuevos, económicamente viables se obtienen mejores resultados; que los metales pesados se enlazan correctamente en sustratos insolubles; y que los subproductos orgánicos favorecen la disociación y estabilidad de los metales pesados, aunque se expongan a medios ácidos (Janusa *et al.*, 2000).

En ese mismo contexto de adición de componentes orgánicos al cemento para estabilizar metales, Yin *et al.* (2006) realizaron un experimento agregando ceniza de cáscara de arroz a la mezcla, obteniendo resultados similares a los de Janusa *et al.* (2000), ya que al agregar la cáscara de arroz, la estabilización del plomo mejoró así como también las características del material resultante.

Choi *et al.* (2009) realizaron un experimento para determinar la cantidad óptima de cemento necesaria para la estabilización de Arsénico (As) y Plomo (Pb) presentes en jales de una mina abandonada. Realizaron pruebas de compresión, lixiviación y toxicidad, teniendo como resultado que un 5% de cemento bastó para estabilizar estos compuestos.

Dermatas y Meng (2003) utilizaron cenizas volantes junto con Cal (CaO) para estabilizar Plomo (Pb) y Cromo (Cr), y observaron que al añadir la ceniza y la cal a los suelos contaminados se redujo la lixiviación de los metales pesados, además de que se mejoró la calidad de los suelos contaminados, pudiendo ser reutilizados.

Bertocchi *et al.* (2006) también realizaron un experimento utilizando cenizas para estabilizar metales pesados de los jales mineros, y contrastaron con barro rojo para probar cuál de los dos agregados era más eficiente. Los resultados obtenidos fueron que los dos materiales son buenos para estabilizar los metales pesados, solamente que reaccionan diferente al pH, las cenizas trabajan mejor a pH alto mientras que el barro rojo es más eficiente a medida que el pH disminuye. Concluyen que el barro rojo es mejor.

Otros trabajos han demostrado como el uso de cemento es una opción sumamente viable para la estabilización de los metales pesados presentes en los jales, pudiendo adicionar además otros productos industriales orgánicos y/o inorgánicos (Voglar y Leštan, 2010; Voglar y Leštan, 2011; Misra *et al.* 1996; Jang y Kim, 2000; Ciccu *et al.* 2003).

Cabe resaltar el trabajo de Choi *et al.* (2009), en el cual reutilizaron los jales provenientes de una mina de tungsteno (W), incorporándolos a la producción de concreto. Esos autores informaron que utilizando los volúmenes adecuados de jales se puede producir concreto con propiedades aceptables.

Los estudios realizados por los diferentes autores aquí citados se basan en la búsqueda de materiales que estabilicen los metales pesados presentes en los jales mineros, como una alternativa de reciclaje en lugar de sólo dejarlos en las presas de jales. La mayoría de los autores buscan principalmente materiales que estabilicen los metales pesados; sin embargo, otros pretenden utilizar los jales como sustitutos agregados en la fabricación de algunos tipos de concreto, esto es, con el fin de darles un uso.

CONSIDERACIONES FINALES

La estabilización de los metales pesados presentes en los jales de mina utilizando materiales provenientes de la industria, principalmente el cemento, ha demostrado ser una excelente alternativa para el reciclaje de los jales. En lugar de sólo depositarlos en las presas de jales, se busca darles un uso mediante la fabricación de materiales como el concreto y se ha probado que estos materiales cumplen con los requerimientos normativos en cuanto a resistencia y toxicidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bertocchi A. F., M. Ghiani, R. Peretti, A. Zucca. 2006. Red mud and fly ash for remediation of mine sites contaminated with As, Cd, Cu, Pb and Zn. *Journal of Hazardous Materials B* 134: 112-119.
- Cámara Minera de México. 2013. Informe Anual 2013. Letra Impresa GH. México.
- Choi, W. H., S. R. Lee, J. Y. Park. 2009. Cement based solidification/stabilization of arsenic-contaminated mine tailings. *Waste Management* 29: 1766-1771.
- Ciccu, R., M. Ghiani, A. Serici, S. Fadda, R. Peretti, A. Zucca. 2003. Heavy metal immobilization in the mining-contaminated soils using various industrial wastes. *Minerals Engineering* 16: 187-192.
- Dermatas, D., X. Meng. 2003. Utilization of fly ash for stabilization/solidification of heavy metal contaminated soils. *Engineering Geology* 70: 377-394.
- Habashi, F. 1967. Kinetics and mechanism of gold and silver dissolution. *Montana College of Mineral Science and Technology. Bulletin* 59. USA.
- Jang, A., S. Kim. 2000. Solidification and stabilization of Pb, Zn, Cd and Cu in tailing wastes using cement and fly ash. *Minerals Engineering* 13: 1659-1662.
- Janusa, M. A., C. A. Champagne, J. C. Fanguy, G. E. Heard, P. L. Laine, A. A. Landry. 2000. Solidification/stabilization of lead with the aid of bagasse as an additive to Portland cement. *Microchemical Journal* 65: 255-259.
- Logsdon, M. J., K. Hagelstein, T. I. Mudder. 1999. The Management of Cyanide in Gold Extraction. *The International Council on Metals and the Environment. Ontario.*
- Méndez, M., M. A. Armienta. 2012. Distribución de Fe, Zn, Pb, Cu, Cd y As originada por residuos mineros y aguas residuales en un transecto del Río Taxco en Guerrero, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 29: 450-462.
- Misra, M., K. Yang, R. K. Metha. 1996. Application of fly ash in the agglomeration of reactive mine tailings. *Journal of Hazardous Materials* 51: 181-192.
- NOM-157-SEMARNAT-2009, Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros.
- NOM-141-SEMARNAT-2003, 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 postoperación de presas de jales.
- Rodríguez, E., R. Mejía, S. Bernal, M. Gordillo. 2009. Síntesis y caracterización de polímeros inorgánicos obtenidos a partir de la activación alcalina de un metacaolín de elevada pureza. *Suplemento de la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales* S1: 595-600.
- Romero, F. M., M. A. Armienta, M. E. Gutiérrez, G. Villaseñor. 2008. Factores geológicos y climáticos que determinan la peligrosidad y el impacto ambiental de jales mineros. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 24: 43-54.
- Romero, F. M., M. G. Ruíz. 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.
- Valles, C., T. Alarcón. 2008. Estabilización química de suelos contaminados con metales pesados. *I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Chihuahua, Chihuahua, México.*
- Voglar, G. E., D. Leštan. 2010. Solidification/stabilisation of metals contaminated industrial soil from former Zn smelter in Celje, Slovenia, using cement as a hydraulic binder. *Journal of Hazardous Materials* 178: 926-933.
- Voglar, G. E., D. Leštan. 2011. Efficiency modeling of solidification/stabilization of multi-metal contaminated industrial soil using cement and additives. *Journal of Hazardous Materials* 192: 753-762.
- Yin, C. Y., H. B. Mahmud, M. G. Shaaban. 2006. Stabilization/solidification of lead-contaminated soil using cement and rice husk ash. *Journal of Hazardous Materials* 137: 1758-1764.
- Zhou, Q., N. B. Milestone, M. Hayes. 2006. An alternative to Portland cement for waste. *Journal of Hazardous Materials* 136: 120-129.
- Zúñiga, F. B. 1999. Introducción al Estudio de la Contaminación del Suelo por Metales Pesados. *Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida.*

OPINIÓN**INVESTIGACIÓN Y CULTURA****José Enrique Hernández Assemat**

Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos 12 "José María Morelos", Instituto Politécnico Nacional, Paseo de las Jacarandas 196,
Colonia Santa María Insurgentes, México, D.F., 06430
Correo electrónico: ahzotz@prodigy.net.mx

Para iniciar, hablaremos un poco de la aventura del conocimiento, pues éste tiene un largo camino andado. Así, cuando hoy en día se hace referencia al conocimiento, nos encontramos en primer lugar, que tiene como significado un saber específico, pero también puede transmitirnos la idea de una aprehensión de la realidad, que es llevada al plano de las ideas, mediante una serie de conceptos estructurados entre sí. Como también, el conocimiento permite que se entienda como la comprensión del sujeto hacia una problemática determinada. Otra acepción del término, es cuando hacemos uso de él, para identificarlo con el manejo de la realidad, así, conocer es poder manejar el entorno para beneficio de la sociedad. Pero sin lugar a dudas, el concepto nace a partir de la idea de la supervivencia del ser humano, frente a una diversidad de ambientes hostiles a él.

El conocimiento en su expresión más simple indica la acción de conocer, y ésta es una interpretación de la realidad, que se adecua al marco de las creencias sociales que cada comunidad posee. El conocimiento representa un enfoque objetivo frente al mundo en que se vive y se contrapone al dogma que manifiesta la parte subjetiva del individuo.

El conocimiento sólo puede surgir en el seno de una sociedad en particular y termina con la desaparición de la sociedad que lo engendró. Sin embargo, éste puede ser transmitido de generación en generación, rebasando, a partir de la invención de la escritura, las fronteras de la sociedad que lo generó. La realidad social, es transformada cada día en virtud de los nuevos conocimientos, los que en la actualidad se acumulan en los diversos campos del saber. Así, el ser humano, transforma su propia realidad y ésta, lo transforma a él constantemente.

Una de las principales características del conocimiento, es que éste, no se genera de la misma forma, para todos los seres humanos. Pues, a lo largo de los siglos, los individuos se han enfrentado de manera diferente a la naturaleza, entendiéndola cada uno a su propio saber. Es a partir de este hecho que han surgido las teorías epistemológicas, que son las que dan cuenta, dentro del marco del conocimiento científico y por lo tanto moderno, de la forma en que los individuos observan la realidad que les rodea. Unos argumentan que es la realidad, la que determina la forma de los conocimientos. Otros dicen que son los fenómenos que se revelan ante los ojos de los investigadores. Mientras que algunos más, dejan descansar en el lenguaje todas las posibilidades del conocer.

Sin embargo, sea cual fuere la forma en que los individuos interpretan el mundo en el que viven y se desenvuelven, una vez que lo han hecho, deberán reproducir ese conocimiento para convertirlo en un producto socialmente aceptado. Es en esta forma, que la educación constituye el mejor vehículo para la propagación de los nuevos conocimientos. Esto se presenta de tal manera, que en esta época, se considera de vital importancia la vinculación entre la investigación y la educación. Pero, hay que recordar que, la educación no es la única, ni la más importante de las formas en que se transmiten las ideas en el mundo moderno. Es más, frecuentemente los procesos educativos se encuentran desfasados de las necesidades sociales, por lo que dejan su lugar a otras formas de intercambio cultural, que no necesariamente se encuentran implicadas en la difusión de los conocimientos socialmente aceptados y necesarios para la supervivencia de la comunidad en su conjunto.

México es un país en el que es posible observar el paso de la antigüedad a la posmodernidad, en tan sólo un abrir y cerrar de ojos. De ahí, que a la luz de la óptica contemporánea, sea posible el que hoy cuestionemos la forma de pensar de los que nos han precedido y tratemos de encontrar nuestras verdaderas raíces. Es frecuente que a las comunidades indígenas que aún sobreviven en el país, se les adjudiquen calificativos denigrantes, como es el caso del término 'primitivas'. Con ello, se pretende hacer creer que viven sumidas en la ignorancia. Más de quinientos años atrás, llegó un grupo de conquistadores y por las características de su cultura y su formación, creían que todo lo que los americanos hacían eran cosas del demonio, siendo que los que traían al demonio eran ellos, puesto que en América no se le conocía a este singular personaje. Lo verdaderamente insólito, es que todavía en nuestros días, continuemos con esta idea de atraso e ignorancia, cuando lo que hay atrás de las comunidades indígenas, es una vida milenaria de tradiciones y costumbres, que a pesar de todos los esfuerzos por acabar con ellos, siguen vivos y reproduciendo fragmentos cada vez más deteriorados de un grandioso pasado. No son comunidades de ignorantes, son comunidades que tienen una forma diferente de ver el mundo, sí el mismo mundo, en el que habitamos nosotros.

Cuando volteamos la vista hacia otras culturas, percibimos a lo lejos sutiles diferencias. Así es frecuente identificar a los orientales con procesos místicos, con la meditación y con una paz interna. El camino de occidente está marcado por el empleo de la lógica, genial herencia de los griegos, que se ha convertido en el gran paradigma de la humanidad.

La ciencia ha sido frecuentemente comparada con el mito. En este sentido podemos decir que, las teorías científicas, al igual que muchos mitos, son intentos válidos para explicar lo que sucede en diversos ámbitos de la naturaleza. Las teorías científicas y los mitos, son obras de la imaginación que tienen el sello de una condición humana que es duradera y se encuentran sometidas a circunstancias específicas de carácter variable. No debe sorprendernos que las teorías científicas y los mitos tengan muchos rasgos en común. Sin embargo, la ciencia difiere del mito, en la medida en que ésta puede verificarse.

Es común, que se hable del conocimiento mítico, para mencionar todo aquello que no encaja en las concepciones de la modernidad, contraponiéndolo al conocimiento científico, que es aquel que se puede comprobar y por lo tanto es lo moderno. Aquí cabría una aclaración, pues el conocimiento mítico, no solo corresponde a la antigüedad, que entonces tenía el propósito de explicar y solucionar lo que quedaba fuera de la comprensión humana. Si no que también se presenta en la actualidad, pero ahora, tiene como finalidad, el distorsionar la comprensión de la realidad.

Pero, dejando atrás los aspectos ideológicos del conocimiento, nos encontramos que así como las sociedades han cambiado con el tiempo, también lo han hecho las formas de investigar. Durante mucho tiempo, en la tradición del conocimiento europeo predominaron las concepciones religiosas que estaban sujetas a un orden divino inmutable. Respecto a la separación de las creencias religiosas y el conocimiento, fue Copérnico quien arrojó el guante a la autoridad eclesiástica en lo tocante a las cosas de la naturaleza. De esta época, data la emancipación de las ciencias naturales, con respecto a la teología. A partir de entonces, el conocimiento al desprenderse de la teología dio paso a la investigación científica, pues mientras la primera, planteaba la idea de la inmutabilidad absoluta a partir del impulso inicial hasta el fin mismo de todas las cosas, la investigación acerca de la naturaleza demostraba que todo en ella era cambio y desarrollo. En esta forma se descubren en la práctica social dos clases de acciones reciprocas entre sí: La que se ejerce entre el ser humano y la naturaleza, así como la que se establece entre los mismos seres humanos. Estos, para poder transformar su realidad necesitan descubrir el funcionamiento, o el mecanismo que determina las relaciones que se dan entre los fenómenos.

Una investigación debe estar motivada por el deseo de conocer algo nuevo, que pueda explicar una parte de la realidad, que no es comprendida cabalmente con el acervo de conocimientos con que se cuenta. En la medida en que el conocimiento previo sea más amplio, mayor profundidad puede alcanzar una investigación.

En toda ciencia existe un binomio fundamental que está constituido por su objeto de estudio y el método empleado para el estudio de este, forman una unidad indisoluble en el desarrollo científico. Pero no es enteramente correcto establecer nupcias entre un método y un objeto específico, puesto que, diferentes dominios de la realidad, pueden ser analizados mediante una sola óptica metodológica. La forma recíproca también es cierta. Un mismo campo de la realidad puede ser investigado por medio de múltiples métodos. La realidad no viene provista de un manual con instrucciones para su estudio y ningún método debe evocarnos, por sí mismo, a un objeto concreto.

Un método no es, ni deja de ser, científico, simplemente puede ser, o no, una etapa crucial en el proceso total de la construcción de conocimientos.

La ciencia es un método de acercamiento, un camino que nos permite llegar a la esencia de los fenómenos. Es el medio que nos permite descubrir las relaciones mediante las cuales el ser humano se apropia del mundo, esto lo hace, en la medida en que lo comprende y para ello, hace uso de la abstracción.

Pero a la vez que se apropia de él, lo transforma, transformándose a la vez a sí mismo. Así, podemos decir que la ciencia parte de los hechos, para realizar una función generalizadora, en este quehacer crea modelos para entender y poder modificar la realidad. La ciencia es un sistema abierto, que permite ser un reflejo objetivo de la realidad. Posee un carácter dialéctico, parte de categorías y leyes, e investiga para confirmar o realizar nuevos descubrimientos. Afirma, niega y supera constantemente el pensamiento científico anterior.

El descubrimiento científico es el resultado en que culmina una investigación y a la vez, constituye el punto de partida para emprender nuevas investigaciones. Descubrir es reconocer la existencia de procesos que no se conocían, o de nuevas propiedades en los procesos ya conocidos, o también de nuevas relaciones entre procesos vinculados de otra manera o considerados como independientes.

El progreso de la ciencia no se basa sólo en los descubrimientos, sino que también toma en cuenta el trabajo paciente que es acumulado por todos los investigadores en su conjunto, para que finalmente se pueda llegar a la adquisición de nuevos conocimientos. Ningún descubrimiento científico ha ocurrido de un modo enteramente inesperado, como tampoco ha carecido de antecedentes.

Por consiguiente, tanto la creación, como la invención y el descubrimiento suponen la posesión de los conocimientos científicos pertinentes y su cabal comprensión.

Aún cuando se asegure que el conocimiento científico es objetivo y apolítico, en la realidad este se encuentra al servicio de ciertos grupos sociales y responde a determinados objetivos, los que, por lo general, se encuentran vinculados a los aspectos económicos.

Uno de los principales problemas a que nos enfrentamos, quienes estamos vinculados a la formación de recursos humanos para la investigación, es el establecer una reformulación acerca de la concepción que se tiene sobre la práctica de la ciencia, pues en primer término, es necesario dejar en claro que no se necesitan aprender más cosas, sino aprender a pensar de otra manera. Luego es menester, entender que una cosa son los estudios multidisciplinarios, en donde un grupo de investigadores se pone de acuerdo para investigar sobre un tema específico, cada uno desde su propia parcela del conocimiento, para al final publicar una obra con los resultados de cada uno, precedidos por una introducción. Y otra cosa son los estudios interdisciplinarios, en los cuales, es indispensable llegar a un acuerdo epistémico inicial entre aquellos investigadores que han de participar en el proceso de investigación. Este acuerdo inicial, se basa en el hecho de que es la realidad compleja la que establece los campos y las disciplinas involucradas.

Sin embargo, cuando dejamos los campos teóricos, para ingresar a la más cruel de las realidades, nos encontramos con que, en primer lugar, la investigación depende de los administradores de los recursos, los que generalmente no tienen ni la más remota idea de lo que representa un proceso de investigación. En segundo lugar, hablar de 'parcelas del conocimiento' tiene una doble significación, pues por un lado hace referencia al área del conocimiento del investigador, pero, por el otro, también es cierto, que el investigador hace de su pequeña área, un coto reservado sólo a muy pocos de sus iniciados. En tercer término, está el hecho de que los programas de investigación, responden más a situaciones de carácter político, que a decisiones de índole académica. Otro problema frecuente, es la discriminación entre los investigadores. Así, se privilegian las investigaciones de los centros de posgrado y se relegan a segundo plano las que se realizan en otros niveles,

En la actualidad, muchos académicos se encuentran jugando serpientes y escaleras, lo que va en detrimento de los procesos de investigación. Sí, debe acumular una cierta cantidad de puntos para poder subir al siguiente nivel de estímulos, y si no completa la puntuación, pues entonces caerá hasta los niveles más bajos, de donde cuesta más trabajo volver a subir. Entonces, lo que se hace es buscar la forma de acumular los puntos necesarios en el renglón correspondiente y una vez completados, estas actividades quedan descartadas para el resto del año, empleando el tiempo en aquellas otras en las que aún sea posible acumular puntos. Esto ha dado lugar a la simulación, es decir, a fingir que se hace investigación, cuando lo que en realidad se está haciendo, es puntaje.

En nuestro medio, hay toda clase de investigadores, desde los que están comprometidos con su disciplina, hasta los simuladores de la más baja ralea. Hay quienes buscan a toda costa difundir los conocimientos y descubrimientos, mientras que otros han de guardar en su caja ósea las maravillas de su invención, esperando que sea la tumba la mejor depositaria de su saber.

Dos tipos más de simulación se presentan en el campo de la investigación: la simulación contable, que se presenta cuando los administradores no logran comprender que cuando se hace trabajo de campo, no siempre es posible comprobar formalmente los gastos, por lo que hay que entregar entonces documentos que comprueben de manera simulada los gastos, como por ejemplo, las tortillas que se adquieren en una comunidad difícilmente serán facturadas como el contable de nuestra institución lo demanda. El otro tipo de simulación, es mucho más propositivo y sin lugar a dudas, apoyará en gran medida la investigación y el conocimiento científico, es la simulación virtual, es decir, la representación mediante sistemas computarizados, respecto a una interpretación mucho más apegada a la realidad, en virtud de la gran cantidad de variables que la computadora puede manejar para representar de manera efectiva el fenómeno que se estudia. Sin embargo, hay que insistir, la computadora lo único que hace, es potenciar las capacidades del ser humano para comprender la realidad, pues no capta por sí misma esa realidad.

Cuando la investigación cumple con su cometido y los resultados de ésta se difunden por los más diversos medios, es entonces cuando pasan a formar parte de la cultura de la sociedad. Pero, ¿qué es la cultura?, Porque, este es otro concepto que tiene muchas connotaciones y que se emplea con mucha frecuencia sin precisar que se quiere decir.

La cultura, es una expresión totalizadora de la realidad social, en la que se desenvuelve el ser humano particular, sólo es posible comprenderla, a partir del conocimiento de las características de la sociedad que la formó. Así, la cultura es una representación figurada del conjunto de los elementos que conforman la cosmovisión de una sociedad. Es precisamente la cultura, la que permite la diferenciación de los grupos sociales, dado que, cada comunidad engendra su propia cultura y ésta a la vez es un factor de integración, puesto que absorbe todos aquellos elementos que sean útiles para la supervivencia de la colectividad. Con el paso del tiempo, la integración de los pueblos ha dado lugar a fusiones de tipo cultural, logrando algunas tradiciones persistir dentro de la vida comunitaria, mientras que otras comunidades se han entregado a las formas modernas de vida, en las que no hay cabida para las viejas concepciones de la naturaleza.

Hablar de la Cultura es un tanto difícil, por la gran amplitud de significados que le son atributos, así como, por los distintos puntos de vista que sobre la misma se puede encontrar. Partir de la concepción etimológica, nos llevaría a caminos que con anterioridad ya han sido recorridos por otros autores, sin que con ello se pueda aportar algo nuevo al conocimiento del quehacer humano.

Si bien, la cultura es inherente al ser humano, pues es este quién la crea, la recrea, la reproduce y finalmente, es quién se encarga de soterrarla. Pero para poder entender lo que la cultura representa, es menester tratar de encuadrar las partes constitutivas de la misma, lo que se pretende es presentar esas partes en forma apareada, es decir en pareja, en donde lo opuesto es necesario para la existencia. Tratar de mapear los significados que se le han atribuido a la cultura, llevaría a perderse en un mar de implicaciones de distinta índole, o seguir los pasos de otros investigadores.

En primer lugar, es necesario acotar, que cuando hacemos referencia a la Cultura, con mayúscula, es porque ésta se nos revela como una generalización abstracta de hechos que por sí son singulares y diferentes. Mientras que cuando nos referimos a la cultura, con minúscula, entonces estamos ante una forma particular de construcción.

Existe una clara relación entre cultura y sociedad, ya que, es ésta última la que da lugar a la primera. Es frecuente, que por cultura se considere el inventario de los recursos materiales de una sociedad determinada en el tiempo y espacio. Sin embargo, la cultura incluye además de los recursos materiales, las formas de comprender y relacionarse con la naturaleza y el mundo que rodea a ésta sociedad. Podemos decir ahora, que la cultura implica considerar el conjunto de artefactos e instrumentos creados por una sociedad, la forma en que se emplean y los efectos psicosociales a que dan lugar.

La íntima relación que se da entre la sociedad y la cultura, hace que ésta sea diferente en cada una de las sociedades. No existe grupo social que tenga un inventario idéntico al de otro grupo, algunas diferencias se han de presentar, a pesar de la proximidad o de la intensidad de las relaciones que se den entre ambos grupos.

Si entendemos a la cultura, como la suma de los actos y tradiciones que se acumulan en una comunidad, entonces tendremos que la cultura tiene un pie en el pasado y otro en el presente, mientras que la vista esta fija en el futuro. Esto quiere decir, que es el ser humano quién va construyendo su propia cultura, sumando todo lo que ha aportado en tiempos pasados a lo que está haciendo en ese mismo día, la integración de lo acontecido con lo que acontece hoy, prepara el camino del mañana, que será el resultado de todo lo que se haya acumulado. Sin embargo, no se trata de una acumulación indiscriminada, pues el hombre, tiene dentro de sus capacidades, la de poder razonar y con ello eliminar o arraigar formas de diverso carácter, se queda con lo que es útil y termina desechando aquello que no le favorece.

Hasta aquí, podríamos pensar que la cultura es solo un producto, es decir, la resultante de toda la actividad humana, pero cabría decir, que es algo más que un simple producto, ya que, es la cultura la que afirma las transformaciones de los seres humanos y por ende de las sociedades que estos han construido a través del tiempo.

A partir de que se crearon las diferencias sociales, por lo general una parte minoritaria de la sociedad, ha tratado de mantener sojuzgada a la otra, empleando para ello los más diversos métodos; desde el convencimiento de la herencia divina, hasta la imposición por la fuerza de la violencia. En este proceso de dominación, la cultura ha jugado un papel muy importante, ya que es la encargada de reproducir las formas mediante las cuales se mantiene dominada a la parte mayoritaria de esa población. Un claro ejemplo, es el surgimiento de la Religión y el Derecho; que no es otra cosa, que la imposición en ambos casos, de ciertas normas, las cuales deberán ser cumplidas o en su defecto, recibir la sanción correspondiente.

En su función dominante, la cultura se nutre del lenguaje, manifestando un fuerte carácter discriminatorio a partir de la invención de la escritura. Momento en el que adquiere un poder de dominación, que será incrementado por su permanencia en el tiempo.

Así, en cada proceso de conquista, los pueblos vencidos han visto como su lengua y sus saberes dejan de ser importantes, para implantarse paulatinamente los del conquistador. Como la dominación puede ser la resultante de muy diversas acciones, podemos considerar que la política, la religión, la economía o las actividades bélicas, son generalmente las formas más comunes de dominación, por lo que en cada uno de los casos, las formas culturales que se adoptan tienden a diferenciarse.

Pero la cultura tiene también otra faceta, que es la de servir de medio de subversión, al permitir que segmentos minoritarios de la población generen formas de comunicación de uso restringido, que les permite tener y desarrollar las actividades que son repudiadas por las fuerzas dominantes, como es el caso de los lenguajes cifrados o los símbolos empleados en la actualidad por los grafiteros urbanos.

En la actualidad, en un mundo globalizado, es común encontrar referencias hacia culturas superiores y culturas inferiores. Quizá la única forma de argumentar ésta división, sea que la supuesta superioridad se basa en el nivel del desarrollo tecnológico, que privilegia a una parte del globo en relación con la otra, comúnmente dominada y explotada, cuyos recursos tecnológicos son muy inferiores a los del primer mundo.

Sin embargo, una cosa curiosa es que aquellas culturas denominadas inferiores presentan una mayor presencia a través del tiempo, que las llamadas superiores.

Aquí valdría la pena mencionar que la cultura en toda sociedad se encuentra polarizada, por lo que se habla de cultura de la élite o elitista y cultura popular. En ocasiones dejan el término cultura para designar la producción de los grupos de élite, y califican de popular o folklórico, al conjunto de las actividades del pueblo.

Si consideramos que toda sociedad tiende a reproducir su propia cultura, entonces se debe tomar en cuenta que existen dos formas fundamentales en las que se reproduce la cultura: la formal y la informal. La primera está conformada en la actualidad, por las estructuras público-privadas que se encargan de producir los esquemas de pensamiento y comportamiento, de tal manera que favorezcan el desarrollo de la clase político-empresarial. Mientras que la segunda, denominada informal, está representada por todas las manifestaciones que se presentan en una sociedad, aunque no cuenten con la aprobación oficial, o incluso se aparten del punto de vista considerado como normal. Así tenemos, que mientras en el ámbito de lo formal se encuentran, por ejemplo las instituciones educativas, las que apoyadas en planes y programas de estudio, conducen de manera inequívoca a los jóvenes hacia una estandarización del comportamiento, que va de acuerdo al estamento social al que pertenecen; así, los hijos de las clases dominantes, recibirán una instrucción que les permitirá en el futuro controlar y dirigir a las clases trabajadoras. Mientras que la educación destinada a los hijos de las clases desprotegidas, está orientada hacia su capacitación para el desempeño de ciertas actividades, las que en el mejor de los casos serán complementarias en el proceso de la producción. Es necesario reconocer, que si bien, en la actualidad no hay mas limitación que la disponibilidad de los recursos económicos, que son indispensables para costear el tipo de educación que se desea, es el acondicionamiento recibido a través de la vida, el que hace difícil el poder acceder a los niveles en los que se desarrollan las élites.

Como la sociedad no se puede limitar a lo que hace solo una parte de ella, sino que, hay que considerar a todo el conjunto de la población y es entonces, cuando nos damos cuenta que la transformación formal de la cultura, pronto se verá rebasada por la necesidad de contar con una identidad que le permite al individuo sentirse incluido en un grupo social determinado. Así en las complejas relaciones de la vida moderna, se presentan, tanto agrupaciones coherentes y reconocidas, con una finalidad específica, como pueden ser los grupos deportivos, de música, o promotores de acciones solidarias. Pero a la par, también se constituyen grupos de apariencia incoherente y sin una finalidad aparente a la vista, como es el caso de las bandas juveniles. Sin embargo, en ambas situaciones, lo que el sujeto está buscando inconscientemente es el sentido de pertenencia social y con él la seguridad de la trascendencia, al saber que será actor en la construcción del conocimiento social.

La cultura de cada sociedad, presenta a su vez dos facetas, que son la resultante del origen de los hechos culturales. La parte interna de la cultura, es aquello que ha surgido en el seno de la comunidad, se ha concebido y practicado como parte de lo propio, lo que es entrañablemente afectivo. Mientras que lo externo, es todo lo que surge en otras comunidades, puede llegar a considerarse como propio, en la medida que responda a las necesidades de la comunidad. Pero todo aquello que no corresponde al pensar y sentir de un pueblo, seguirá siendo parte de lo externo, aunque se tenga que asimilar en virtud de la imposición. En este caso, se le considera como lo ajeno, lo que no es propio, lo que han impuesto; sin que sea algo útil.

Así en la globalización, muchas actitudes de índole cultural, son impuestas a las comunidades con el único y perverso fin, de que sigan contribuyendo al bienestar de los estados opresores, aún a costa de la supervivencia de los oprimidos.

Finalmente, sólo me resta mencionar, que el camino que veo como alternativa y en el que creo, es el rescate cultural, es preservar vivas nuestras tradiciones, conocimientos, fiestas, pero sobre todo el sentimiento de unidad que priva dentro de la diversidad cultural de nuestro país.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional**

CENTRAL DE INSTRUMENTACIÓN

**Tercero Autorizado
como laboratorio de prueba
Autorización No TA-13-12
COFEPRIS**

La Central de Instrumentación ofrece servicios de calidad de acuerdo a la NMX-EC-17025-IMNC-2006, que establece los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración

Ofrece sus servicios de:

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICOQUÍMICOS DE AGUAS Y ALIMENTOS:

Determinación de Organismos Coliformes
NOM-112-SSA1-1994

Determinación de Organismos Coliformes Totales
NOM-113-SSA1-1994

Determinación *Staphylococcus aureus*
en alimentos
NOM-115-SSA1-1994

Determinación *Salmonella* spp en alimentos
NOM-114-SSA1-1994

Determinación de Bacterias Aerobias
NOM-092-SSA1-1994

Determinación de Arsénico, Cadmio y Cromo y Plomo
NMX-AA-051-SCFI-2001

Determinación de Fluoruros en agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel.
NOM-201-SSA1-2002

Determinación de Cloruros totales en aguas naturales residuales y residuales tratadas.
NMX-AA-073-SCFI-2001

Determinación de Dureza Total en aguas naturales residuales y residuales tratadas.
NMX-AA-072-SCFI-2001

INFORMES CON:

M. EN C. MANUEL QUINTOS ESCALANTE
Coordinador del Sistema de Gestión de la
Calidad
Ext. 82632

DRA. LAURA S. GONZÁLEZ VALDEZ
Coordinador de la Central de Instrumentación
Ext. 82620

DIRECCIÓN: Sigma #119 Fracc. 20 de Noviembre II
Durango, Dgo., México. C.P. 34220

TEL Y FAX: (55) 57296000 Ext.: 82615, 82616 y 82628
(618) 8 14 20 91, (618) 8 14 45 40

CIDIR
DURANGO
CENTRAL DE INSTRUMENTACIÓN

