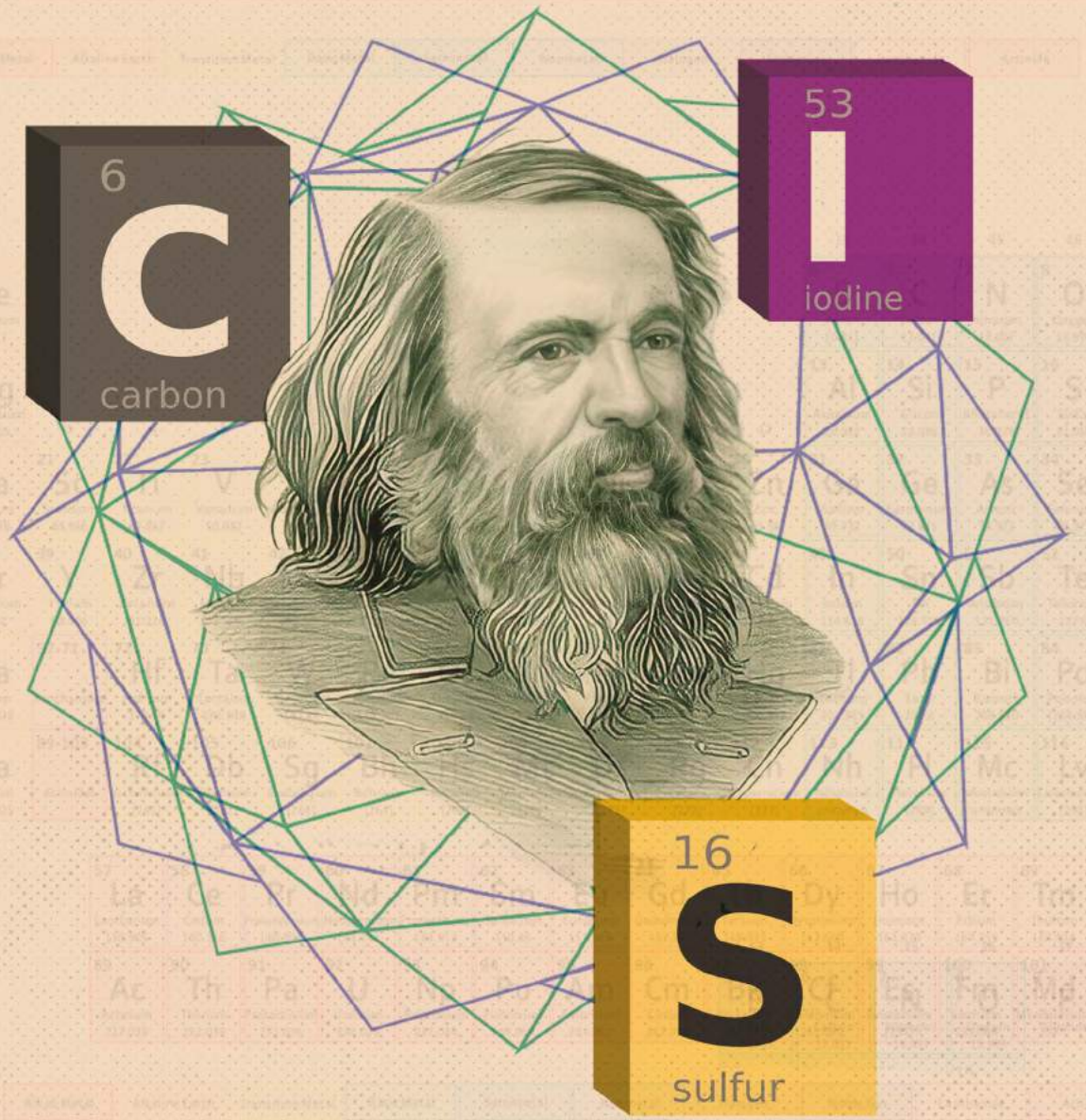
CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León



- Helechos invasivos en México
- Dmitri Mendeléyev y su orden elemental
- Química de la Luna
- Orégano chino *Lippia graveolens* en Nuevo León

Año 25,
Número 107
mayo - junio 2021
ISSN: 2007-1175

Una publicación de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Mtro. Rogelio Garza Rivera
Rector

Dr. Santos Guzmán López
Secretario general

Dr. Juan Manuel Alcocer González
Secretario de investigación científica y desarrollo tecnológico

Directora editorial: Dra. Patricia del Carmen Zambrano Robledo

Consejo editorial
Dr. Sergio Estrada Parra / Dr. Jorge Flores Valdés /
Dr. Miguel José Yacamán / Dr. Juan Manuel Alcocer González /
Dr. Ruy Pérez Tamayo / Dr. Bruno A. Escalante Acosta /
Dr. José Mario Molina-Pasquel Henríquez

Coordinadora editorial: Melissa Martínez Torres
Redes y publicidad: Jessica Martínez Flores
Diseño: Mónica Lozano
Correctora de inglés: Mónica L. Balboa

Corrección: Luis Enrique Gómez Vanegas
Asistente administrativo: Claudia Moreno Alcocer
Portada: Francisco Barragán Codina
Webmaster: Mayra Silva Almanza
Diseño de página web: Rodrigo Soto Moreno

Ciencia UANL Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Año 25, Nº 107, mayo-junio de 2021. Es una publicación bimestral, editada por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Domicilio de la publicación: Av. Manuel L. Barragán 4904, Campus Ciudad Universitaria, Monterrey, N.L., México, C.P. 64290. Teléfono: + 52 81 83294236. Directora editorial: Dra. Patricia del Carmen Zambrano Robledo. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2013-062514034400-102. ISSN: 2007-1175 ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Licitud de Título y Contenido No. 16547. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1437043. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 Sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 3 de mayo de 2021, tiraje: 2,500 ejemplares. Distribuido por: la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.
Prohibida su reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido editorial de este número.
Publicación indexada al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, LATINDEX, CUIDEN, PERIÓDICA, Actualidad Iberoamericana, Biblat.

Impreso en México
Todos los derechos reservados
© Copyright 2021

revista.ciencia@uanl.mx

CiENCiAUANL

COMITÉ ACADÉMICO

CIENCIAS DE LA SALUD
Dra. Lourdes Garza Ocañas

CIENCIAS EXACTAS
Dra. Ma. Aracelia Alcorta García

CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dra. María Julia Verde Star

CIENCIAS NATURALES
Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab

CIENCIAS SOCIALES
Dra. Veronika Sieglin Suetterlin

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
Dra. María Idalia del Consuelo Gómez de la Fuente

CIENCIAS DE LA TIERRA
Dr. Carlos Gilberto Aguilar Madera

COMITÉ DE DIVULGACIÓN

CIENCIAS DE LA SALUD
Dra. Gloria María González González

CIENCIAS EXACTAS
Dra. Nora Elizondo Villarreal

CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dr. Hugo Bernal Barragán

CIENCIAS NATURALES
Dr. Sergio Moreno Limón

CIENCIAS SOCIALES
Dra. Blanca Mirthala Taméz

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
Dra. Yolanda Peña Méndez

CIENCIAS DE LA TIERRA
Dr. Héctor de León Gómez

ÍNDICE

6
EDITORIAL

8
CIENCIA Y SOCIEDAD

Captación de lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable

Sergio Alejandro Cortés Alcaraz, María del Pilar Ramírez Rivera, Peter Chung Alonso, Santiago Arceo Díaz

16
OPINIÓN

Dmitri Mendeléyev y su orden elemental

Daniel Salgado, Fabiola Jaimes

22
EJES

Rendimiento de nixtamal, masa y tortilla de maíces criollos pigmentados de perote, Veracruz

Edgar Ramírez Muñoz, Román Jiménez Vera, Nicolás González Cortés

28
SECCIÓN ACADÉMICA

29
Orégano Chino *Lippia graveolens* en matorrales de Nuevo León, población y datos de producción.

Aldo Jesús Silva Gutiérrez, Marco Antonio Guzmán Lucio, Sergio Manuel Salcedo Martínez, Marco Antonio Alvarado Vázquez, Deyanira Quistián Martínez

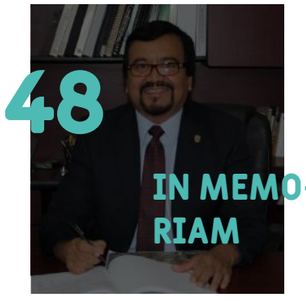
35
Química de la Luna: implicaciones sobre el origen y estructura del satélite natural de la Tierra.

Vanessa González Morales, Fernando Velasco Tapia

40
CURIOSIDAD

Helechos invasivos en México

Salvador González de León, Alan Gabriel Aguirre Rivera, Oscar Briones Villarreal


48
IN MEMORIAM

Manuel Torres Morales, una vida de constancia y pasión por la Biología

Manuel Torres Barajas, Lourdes Arcelia Barajas Martínez

52
CIENCIA DE FRONTERA

La agricultura protegida, ¿herramienta para aumentar la producción de alimentos? Entrevista al maestro Aurelio Bastida Tapia

María Josefa Santos Corral

61
SUSTENTABILIDAD ECOLÓGICA

El develamiento de la madre tierra

Pedro César Cantú Martínez

68
CIENCIA EN BREVE

76
COLABORADORES

EDITORIAL
107

Melissa del Carmen Martínez Torres*

En el momento que se escribe esta editorial (marzo de 2021), cientos de hectáreas de la Sierra Madre Oriental son consumidas por las llamas, la ciudad vive una contingencia por la mala calidad del aire y muchas de las plantas citadinas han perecido por las heladas de fechas anteriores. Todo esto en medio de la pandemia por COVID-19, lo cual demuestra el efecto terrible que tenemos sobre el planeta. La naturaleza nos pide que como sociedad nos replanteemos hábitos, consumos, usos, costumbres y miradas.

Desde la UANL, siempre apostaremos al conocimiento científico, es nuestro principal interés ofrecer estos saberes a la población, con la finalidad de abrir un debate que nos coadyuve como sociedad. Con esto en mente, el número 107, correspondiente a mayo-junio 2021, lo dedicamos a las Ciencias naturales y desde distintas ópticas abordaremos problemáticas de esta rama.

Sergio Alejandro Cortés Alcaraz, María del Pilar Ramírez Rivera, Peter Chung Alonso y Santiago Arceo Díaz, en *Ciencia y sociedad*, nos muestran un proyecto de "Captación de lluvia como alternativa para el ahorro de agua potable", una buena opción ante la escasez del vital líquido. Para *Opinión*, Daniel Salgado y Fabiola Jaimes nos invitan a conocer la historia detrás de la tabla periódica en el artículo "Dmitri Mendeléyev y su orden elemental". Descubriremos más sobre el maíz en "Rendimiento de nixtamal, masa y tortilla de maíces criollos pigmentados de perote, Veracruz", de Edgar Ramírez Muñoz, Román Jiménez Vera y Nicolás González Cortés, en la sección *Ejes*.

En nuestra sección académica comprenderemos más sobre la luna en "Química de la Luna: implicaciones sobre el origen y estructura del satélite natural de la Tierra", escrito por Vanessa González Morales y Fernando Velasco Tapia. También aprenderemos sobre el "Orégano Chino *Lippia graveolens* en matorrales de Nuevo León, población y datos de producción", de Aldo Jesús Silva Gutiérrez, Marco Antonio Guzmán Lucio, Sergio Manuel Salcedo Martínez, Marco Antonio Alvarado Vázquez y Deyanira Quistián Martínez.

Salvador González de León, Alan Gabriel Aguirre Rivera y Oscar Briones Villarreal nos hablan, en la sección *Curiosidad*, sobre "Helechos invasivos en México". En *In memoriam*, en el artículo "Manuel Torres Morales, una vida de constancia y pasión por la Biología", escrito por Manuel Torres Barajas y Lourdes Arcelia Barajas Torres, rendimos homenaje a un importante miembro de la comunidad universitaria y aprendemos sobre su vida académica. En *Ciencia de frontera*, María Josefa Santos Corral nos habla de la trayectoria del maestro Aurelio Bastida Tapia, al entrevistarlo sobre "La agricultura protegida, ¿herramienta para aumentar la producción de alimentos?". Finalmente, reflexionaremos sobre *Sustentabilidad* con Pedro César Cantú Martínez, en su artículo "El develamiento de la madre tierra".

Les invitamos a compartir sus opiniones, reflexionar sobre los cambios que colectivamente tendremos que hacer, seguir el debate que abrimos y aportar, por qué no, nuevas formas de cuidar a nuestra madre tierra.

* Grupo editorial *Ciencia UANL*.

CAPTACIÓN DE LLUVIA COMO ALTERNATIVA PARA EL AHORRO DE AGUA POTABLE

SERGIO CORTÉS-ALCARAZ*, PILAR RAMÍREZ-RIVERA*,
PETER CHUNG-ALONSO*, SANTIAGO ARCEO-DÍAZ*

En los orígenes del ser humano, la principal fuente de abastecimiento era el agua superficial, esto provocó que los valles de los ríos fueran los lugares donde se establecieron las primeras civilizaciones, desarrollándose así la agricultura, la pesca y posteriormente la ganadería. Estas actividades no dependían directamente de la lluvia, debido a la abundancia de las aguas superficiales; sin embargo, transcurrido el tiempo, los factores como la expansión demográfica, el aumento en la demanda de alimentos y del agua comenzaron a incrementarse, ocasionando la búsqueda de nuevos lugares de abastecimiento, algunos de ellos tuvieron que migrar a zonas más áridas y con ello desarrollar técnicas de captación de lluvias para consumo y riego de cultivos (Ballén, Galarza y Ortiz, 2006). De acuerdo con sus investigaciones, Ballén, Galarza y Ortiz (2006), León, Córdoba y Carreño (2016), Hugues (2019), Gould y Nissen-Petersen (1999), Anaya (2009) y Jiménez (2018) argumentan que la captación de lluvia no es un invento moderno y era utilizado desde hace ya varios miles de años por nuestros antepasados en varias partes del mundo.

* Instituto Tecnológico de Colima.
Contacto: g1946002@colima.tecnm.mx

En México y Mesoamérica, diversas culturas prehispánicas implementaron la captación de lluvia para uso agrícola y consumo humano, mediante canales y zanjas aprovechando el agua rodada, ya sea de manera subterránea o a cielo abierto en patios, casas, en el campo, jagüeyes, bordos, entre otros. Dentro de los hallazgos arqueológicos más importantes registrados de almacenamientos subterráneos para la captación de lluvia en las culturas prehispánicas, destacan San José Mogote (1000 a.C.), Tierras Largas (1000-900 a.C.), Oaxaca, y miles de chultunes o cisternas mayas en la península de Yucatán; y de los depósitos a cielo abierto sobresalen los jagüeyes: bordos elaborados con tierra o recubrimiento de piedra (Conagua, 2009).

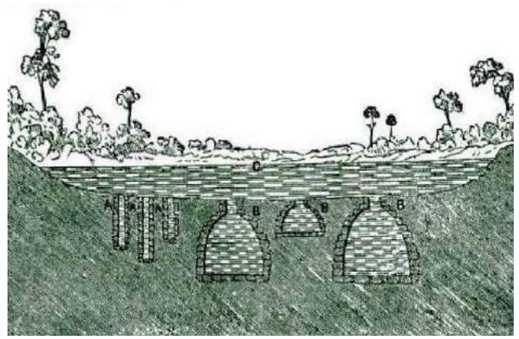


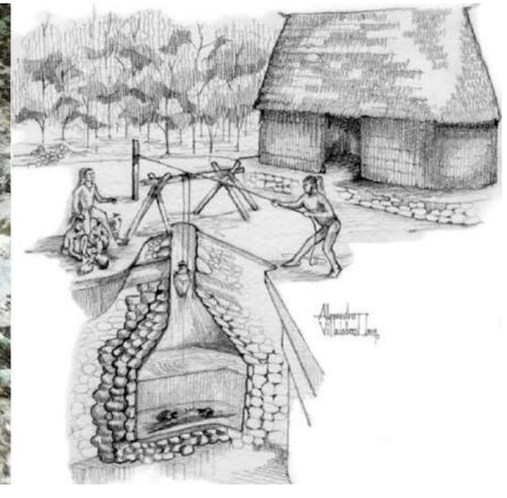
Figura 1. Esquema de un chultún del pueblo maya del siglo X a.C.

También dentro del México prehispánico, entre los años 650-900 d.C., en la zona arqueológica de Xochicalco, Morelos, existe la evidencia de la utilización de la plaza central y los patios para canalizar el agua de lluvia hacia las cisternas y almacenarla hasta por siete meses, aproximadamente (Garrido, 2008).

Miles de años después, el uso de los sistemas de aprovechamiento de la lluvia se fue dejando a un lado con la invención e imposición de métodos y obras para utilizar nuevas fuentes de abastecimiento como presas, acueductos, pozos de extracción y sistemas de irrigación. Sin embargo, existe el registro de que a mediados del siglo XX en ciudades como Guanajuato, Zacatecas o Mérida, frente a la limitada oferta, los habitantes adecuaron las azoteas de sus casas para captar y conducir el agua de lluvia a diferentes tipos de depósitos (barriles, pilas, aljibes, ollas; Ballén *et al.*, 2006; Conagua, 2009).

En la actualidad, muchas ciudades de México y del mundo continúan con problemas de abastecimiento de este vital líquido debido principalmente al continuo crecimiento de la población y a su desplazamiento de entornos rurales a urbanos, al aumento de la demanda de la seguridad alimentaria y de bienestar económico, al incremento de la competencia entre usuarios y usos y al grado de contaminación de origen industrial, municipal y agrícola (Naciones Unidas, 2006).

Fernández (2012) menciona que cada año aproximadamente se evaporan 505.000 km^3 de agua de los océanos y que la mayor parte no puede ser utilizada como recurso de agua dulce, debido a que se precipita nuevamente sobre los mismos océanos. La precipitación anual sobre tierra firme se estima en 120.000 km^3, sin embargo, la precipitación es variable en tiempo y espacio, es decir, no llueve constantemente la misma cantidad todo el año ni en toda la Tierra. Un dato interesante es que sólo 2.53% del total en el planeta es dulce, el resto es salada. Porcentualmente, el reparto del total de agua dulce es el siguiente: Europa 7%, Oceanía 6%, América del Sur 28%, Asia 32%, África 9% y América del Norte 18% (Molinares y Echeverría, 2011).



Diversos estudios afirman que una de las soluciones más eficientes para mitigar la problemática del abastecimiento es la captación del agua de lluvia, ya que es una técnica sustentable, sencilla y económica; además, lo captado es de muy alta calidad, es un recurso gratuito y ecológico y ayuda a equilibrar la cantidad que actualmente se extrae de fuentes superficiales y subterráneas, mientras que minimiza la degradación ambiental. Cabe señalar que la captación de lluvia no es la única fuente alternativa, también se encuentran: la desalinización de los mares, reúso de aguas residuales y grises, recolección de humedad atmosférica, transporte de agua a través de icebergs, entre otras (Gleason Espíndola, 2014) (WWAP, Programa mundial de evaluación de los recursos hídricos de la UNESCO, 2019).

Existe una gran variedad de técnicas de los sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia dependiendo del tamaño, uso y manera en recolectarla; Gleason (2014) define al sistema de captación de lluvia (Scall) como el conjunto de elementos que captan la que cae en una superficie para posteriormente conducirla y almacenarla y después darle un uso. En este caso se plantea la posibilidad de desarrollar un sistema de captación de pequeña escala para aprovechar las lluvias que caen sobre los techos en una institución educativa de la ciudad de Colima, como una alternativa de ahorro de agua potable.

Algunas instituciones y asociaciones de México, como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Universidad Autónoma de Chapingo, Isla Urbana, Asociación Mexicana de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (Amscall) y la Comisión Nacional del Agua (Conagua) trabajan en el desarrollo e implementación de tecnologías en temas de captación de lluvia. Además, en algunas ciudades de México existen espacios públicos y universidades donde ya se han implementado de manera satisfactoria Scall, dándoles diferentes usos dependiendo de las necesidades.

ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio es el Tecnológico Nacional de México, campus Colima (ITC), la segunda institución pública educativa de nivel superior más grande de Colima, únicamente después de la Universidad de Colima, la cual, en 2018, tuvo una matrícula de 3250 alumnos en licenciatura y posgrado con un núcleo de profesores de tiempo completo de 85 (ITC, 2019). El ITC se encuentra ubicado en la ciudad de Villa de Álvarez, dentro de la zona metropolitana del estado de Colima. Por esto se plantea hacer el análisis de contar con un Scall en una institución pública tan importante para el estado que alberga a cientos de estudiantes; después los estudiantes, maestros y sociedad en general pueden replicarlo en sus viviendas.

Figura 2. Ubicación y vista área de las instalaciones del ITC (Google Earth, 2019).

El Instituto cuenta con 28 edificios con losa de concreto, dos canchas techadas con lona y 11,642.19 m^2 de áreas verdes. Si se consideran todos los techos de los edificios y de las canchas como áreas aprovechables de captación, tendríamos un de total de 17,031.10 m^2; sin embargo, estas áreas se ven afectadas por un coeficiente de escorrentía dependiendo del material del cual están hechos. Para las superficies de concreto se toma el coeficiente de 0.70 y para las canchas con lona de 0.90. Teniendo como total de área aprovechable neta 12,360.96 m^2 (tabla I).

Actualmente se abastece de agua desde un pozo profundo y la red de distribución municipal, y la Comisión Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado de los municipios de Colima y Villa de Álvarez (Ciapacov) funge como organismo regulador.

Tabla I. Edificios de Tecnológico Nacional de México, campus Colima, con sus respectivas superficies de azoteas (elaboración propia).

Edificio	m^2	Tipo	CSE	m^2*CSE	l/año	m^3/año	Edificio	m^2	Tipo	CSE	m^2*CSE	l/año	m^3/año
Cafetería Sur	48.69	Concreto	0.7	34.08	23.86	0.02	**Edificio N**	198.28	Lámina	0.90	178.45	124.92	0.12
Domo canchas	1392.85	Lona	0.9	1253.57	877.50	0.88	**Edificio Ñ**	204.25	Concreto	0.70	142.98	100.08	0.10
Patio cívico	241.92	Lona	0.9	217.73	152.41	0.15	**Edificio O**	351.79	Concreto	0.70	246.25	172.38	0.17
Edificio A	1351.77	Concreto	0.7	946.24	662.37	0.66	**Edificio P**	351.79	Concreto	0.70	246.25	172.38	0.17
Edificio B	1068.87	Concreto	0.7	748.21	523.75	0.52	**Edificio Q**	362.88	Lámina	0.90	326.59	228.61	0.23
Edificio C	360.00	Concreto	0.7	252.00	176.40	0.18	**Edificio R**	756.76	Concreto	0.70	529.73	370.81	0.37
Edificio D	506.88	Concreto	0.7	354.82	248.37	0.25	**Edificio S**	437.96	Concreto	0.70	306.57	214.60	0.21
Edificio E	506.88	Concreto	0.7	354.82	248.37	0.25	**Edificio T**	1024.92	Concreto	0.70	717.44	502.21	0.50
Edificio F	506.88	Concreto	0.7	354.82	248.37	0.25	**Edificio U**	716.00	Concreto	0.70	501.20	350.84	0.35
Edificio G	601.92	Concreto	0.7	421.34	294.94	0.29	**Edificio V**	615.06	Concreto	0.70	430.54	301.38	0.30
Edificio H	316.80	Concreto	0.7	221.76	155.23	0.16	**Edificio W**	1013.97	Concreto	0.70	709.78	496.85	0.50
Edificio I	601.92	Concreto	0.7	421.34	294.94	0.29	**Edificio X**	1024.92	Concreto	0.70	717.44	502.21	0.50
Edificio J	516.60	Concreto	0.7	361.62	253.13	0.25	**Edificio Y**	640.98	Concreto	0.70	448.69	314.08	0.31
Edificio K	506.88	Concreto	0.7	354.82	248.37	0.25	**Edificio Z**	147.84	Concreto	0.70	103.49	72.44	0.07
Edificio L	411.84	Concreto	0.7	288.29	201.80	0.20	**TOTAL**	**16788.10**			**12190.86**	**8533.60**	**8.53**

RESULTADOS

Se realizó el análisis de la precipitación media mensual histórica (1950-2017) de la estación con mayor influencia y más cercana al Instituto, la estación 6040 de Conagua; por lo que a continuación se presenta, en la tabla II, un resumen de la distribución de las precipitaciones en l/m^2, junto con el potencial de captación de lluvia por mes en metros cúbicos (m^3), obtenido de multiplicar la precipitación media mensual por el área aprovechable neta de captación.

Con esta información se obtuvo que el Tecnológico Nacional de México tiene un potencial de captación de lluvia en los techos de los edificios de 11,010.03 m^3 anuales. De acuerdo con información del Departamento de Planeación, la demanda total de agua en 2018 en toda la institución fue de 47,390 m^3 (tabla II). Con la implementación de los Scall en los techos de los edificios se pudiera cubrir la demanda de más de 23% de este consumo anual. Según los resultados de la tabla III, en los meses de julio y agosto la demanda se cubre totalmente por el agua de lluvia. Los meses de julio y octubre rebasan más de 50% de la demanda requerida.

En la tabla IV se observa un análisis de utilizar el agua obtenida de los Scall únicamente para riego de las áreas verdes del Instituto, para el análisis se considera que la cantidad de consumo en áreas verdes es de 5 l/m^2/día, según el manual de Conagua (2007); si el Tecnológico de Colima cuenta con una superficie de áreas verdes de

Tabla II. Distribución de la precipitación media anual de 1950-2017 de la estación 6040 de Conagua.

Meses	Precipitación media mensual histórica (mm)	Área aprovechable neta de captación (m^2)	Potencial de captación de agua de lluvia (m^3)
Junio	128.22	12360.96	1584.92
Julio	202.67	12360.96	2505.19
Agosto	190.60	12360.96	2356.00
Septiembre	191.92	12360.96	2372.31
Octubre	95.60	12360.96	1181.71
Noviembre	19.87	12360.96	245.61
Diciembre	11.41	12360.96	141.04
Enero	23.02	12360.96	284.55
Febrero	7.49	12360.96	92.58
Marzo	5.97	12360.96	73.79
Abril	1.86	12360.96	22.99
Mayo	12.08	12360.96	149.32
Total	**890.71**		**11010.03**

Tabla III. Capacidad de abastecimiento del Scall por mes ante la demanda de agua de la institución en 2018.

Meses	Potencial de captación del Scall (m^3)	Demanda mensual de agua (m^3)	Déficit (m^3)	Cobertura (%)
Junio	1584.92	3442.00	1857.08	46.05%
Julio	2505.19	2670.00	164.81	93.83%
Agosto	2356.00	2259.00	-97.00	104.29%
Septiembre	2372.31	2259.00	-113.31	105.02%
Octubre	1181.71	1744.00	562.29	67.76%
Noviembre	245.61	2554.00	2308.39	9.62%
Diciembre	141.04	2475.00	2333.96	5.70%
Enero	284.55	5652.00	5367.45	5.03%
Febrero	92.58	5110.00	5017.42	1.81%
Marzo	73.79	6098.00	6024.21	1.21%
Abril	22.99	6515.00	6492.01	0.35%
Mayo	149.32	6612.00	6462.68	2.26%
Total	**11010.03**	**47390.00**	**36379.97**	**23.23%**

11,642.19 $m^{2,}$ las cuales se riegan cinco días a la semana en temporada de secas, se genera una demanda mensual de 1280.64 m^3, y en temporada de lluvias, aproximadamente cuatro meses (junio-septiembre), no se considera riego.

Los resultados arrojan que la captación de lluvia cumple con 100% de la demanda de riego en la institución. Para poder almacenarla toda es necesario contar con una o varias cisternas con capacidad total de casi 8,719.50 m^3.

Tabla IV. Capacidad de abastecimiento del Scall por mes ante la demanda de agua para riego de las áreas verdes de la institución.

Meses	Captación m^3	Demanda en riego m^3	Volumen almacenado acumulado
Junio	1584.92	0	1584.92
Julio	2505.19	0	4090.12
Agosto	2356.00	0	6446.11
Septiembre	2372.31	0	8818.43
Octubre	1181.71	1280.64	8719.50
Noviembre	245.61	1280.64	7684.47
Diciembre	141.04	1280.64	6544.87
Enero	284.55	1280.64	5548.77
Febrero	92.58	1280.64	4360.72
Marzo	73.79	1280.64	3153.87
Abril	22.99	1280.64	1896.22
Mayo	149.32	1280.64	764.90
Total	**11010.03**	**10245.1272**	**764.90**

CONCLUSIONES

El uso de Scall en el Tecnológico Nacional de México campus Colima son una potencial fuente alternativa de abastecimiento, sin embargo, por sí solos no garantizan en cantidad el agua para su aprovechamiento, ya que representan 23% de ahorro en el consumo anual dentro de la institución, lo que equivale en dinero a $4,400, aproximadamente, de acuerdo con las cuotas y tarifas para el pago de derechos por los servicios públicos de agua potable y alcantarillado de los municipios de Colima y Villa de Álvarez en el estado de Colima. Este ahorro puede dotar a 50 familias colimenses de cuatro integrantes cada una con 150 litros/habitante/día. Con este ahorro anual se puede invertir en presupuesto para material educativo, viajes estudiantiles, becas, mejora de las instalaciones; además, puede servir como albergue con autonomía de agua ante alguna contingencia social como sismos, huracanes, etc.

También se analizó que el agua captada abastece 100% la demanda de riego de las áreas verdes de la escuela, pero por otro lado se requieren grandes receptáculos para almacenarla en temporada de lluvias.

Dentro de las limitaciones se cuenta con una estación climatológica dentro del Tecnológico de Colima, pero con pocos años en uso, por lo tanto se recurrió a la más cercana, y la precipitación es variable en tiempo y espacio.

Para trabajos futuros falta desarrollar la propuesta económica de cuánto cuesta la inversión inicial de los Scalls y el análisis de la calidad del agua.

REFERENCIAS

Anaya-Garduño, M., 2009. *Antecedentes de la captación del agua de lluvia.* México:Centro Internacional de Demostración y Capacitación de Aprovechamiento del Agua de Lluvia (Cidecalli).

Ballén-Suárez, J.A., Galarza, G.M.Á., y Ortiz-Mosquera, R.O. (2006). *Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia.* VI Seminário Iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento Urbano de Água.

Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos básicos.* Mexico, D.F.:Comisión Nacional del Agua.

Comisión Nacional del Agua (Conagua). 2018. *Estadísticas del agua en México.* Ciudad de México, México:Comisión Nacional del Agua.

Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (2004). *Visión general del agua en México.* Disponible en: https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/#cuanta-hay

Gleason-Espíndola, J.A. (2005). *Manual de aprovechamiento de aguas pluviales en centros urbanos.* Guadalajara, Jalisco, México:Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño.

Gleason-Espíndola, J.A. (2014). *Sistemas de agua sustentables en las ciudades.* México:Trillas.

Hugues, R.T. (2019). La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente. *Ingeniería hidráulica y ambiental.* XL(2):125-139.

Instituto Tecnológico de Colima. (2019). *Informe de Rendición de Cuentas 2018.* Villa de Álvarez, Colima, México:ITC.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2015). *Encuesta Intercensal 2015.* Disponible en: http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mex/poblacion/densidad.aspx?tema=me&e=15

León-Agatón, A., Córdoba-Ruiz, J.C., y Carreño-Sayago, U.F. (2016). Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. *Revista Tecnura.* 20(50):141-153.

Naciones Unidas. (2017). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.* Disponible en: https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html

Tencológico Nacional de México. (2019). *Annuario estadístico 2018.* México:Secretaría de Educación Pública.

WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO). (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás.* París, Francia:UNESCO.

DMITRI MENDELÉYEV

Y SU ORDEN ELEMENTAL

Daniel Salgado Blanco*, Fabiola Jaimes-Miranda*

DMITRI MENDELÉYEV

Mientras se elevaba por el aire, Dmitri volteó su mirada hacia el grupo de personas que desde Tierra lo observaban con asombro. Entre ellos estaba el oficial del ejército que debía haber piloteado el globo aerostático, y quien puso una mirada atónita al escuchar la petición de Dmitri para que bajara de la canastilla del globo. Dmitri no sentía ningún remordimiento, había sido necesario: con el peso del equipo que llevaban para hacer las mediciones meteorológicas, el globo no hubiera podido despegar si aquel oficial del ejército permanecía a bordo. Dmitri no estaba dispuesto a perderse un eclipse solar desde lo alto ni a cederle a un militar la oportunidad de realizar mediciones de este inusual fenómeno. Además, con el cielo nublado de ese día, era indispensable alcanzar esa posición pues era la única que le permitiría ver y hacer mediciones del eclipse. Al final había valido la pena, y sabía además que este pequeño incidente con el oficial del ejército no pasaría a mayores: a estas alturas de su vida, la profesión de Dmitri lo mantenía en una posición privilegiada dentro de la sociedad e incluso ante los ojos del gobierno del Zar. Pero no siempre fue así…

*Conacyt-Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.
Contacto: daniel.salgado@ipicyt.edu.mx, fabiola.jaimes@ipicyt.edu.mx

Desde que Dmitri nació, durante muchos años su futuro parecería ominoso: nacido como el último de trece hermanos, tuvo un padre quien, apenas un año después de haberlo visto nacer, perdería la vista por completo. Su madre se convirtió en el único sostén económico del hogar y tuvo que dedicarse a la administración de una fábrica de vidrios que pertenecía a su familia, desgraciadamente, un incendio consumió la fábrica cuando Dmitri tenía catorce años y la familia volvió a caer en desgracia...

El inicio de esta historia puede resultar tristemente familiar para muchos y, sin embargo, es poco probable que la mayoría esté relacionada con su desenlace. Probablemente si alguien hubiera conocido a Dmitri en esa etapa de su vida, no creería lo que este niño llegaría a ser: uno de los grandes científicos de su tiempo, cuyo principal legado, la tabla periódica, es una parte fundamental de la estructura que utilizamos para ordenar nuestro entendimiento de la naturaleza.

Dmitri Mendeléyev nació en 1834 en la ciudad siberiana Tobolsk, Rusia. Después de que la fábrica de vidrios de su familia se perdiera, su madre llevaría a Dmitri a San Petersburgo para que continuara con sus estudios. Allí empezaría a consolidar su gran interés por la ciencia en general y por la Química de forma muy particular. Su vocación lo llevaría a escalar peldaños dentro de la academia, primero con una maestría en San Petersburgo y luego un doctorado en Heidelberg, Alemania. El joven Mendeléyev regresaría en 1861 a San Petersburgo como la mayoría de los científicos recién egresados, con mucho ímpetu, pero

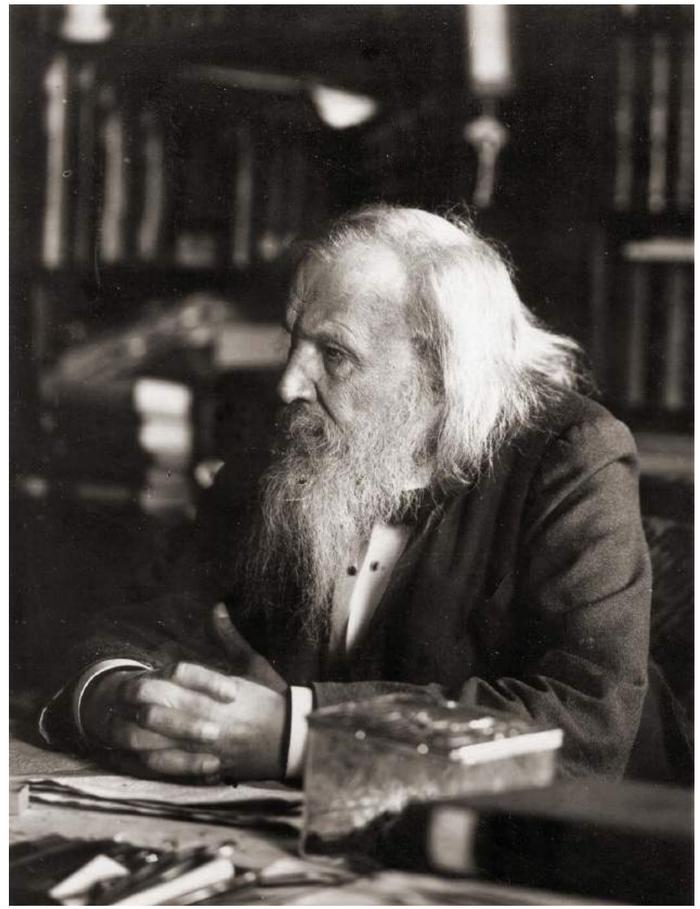


Figura 1. Dmitri Mendeléyev (1834-1907).

desempleado y sin dinero. Esta situación económica lo llevaría a buscar trabajo escribiendo un libro de texto, el cual llevó a cabo con tal dedicación y cuidado que se convertiría en un libro de referencia en la enseñanza de la Química en Rusia.

Para 1800, la Química pasaba por grandes cambios: conceptos como la valencia de un elemento o la importancia del peso atómico, apenas empezaban a discutirse con seriedad y a tomar la forma con que se conocen actualmente. Dada su formación, Mendeléyev conocía sobre estos avances y las discusiones que estaban teniendo lugar en el resto del mundo, y utilizó su primer libro como plataforma para llevar ideas novedosas a las aulas. Este trabajo no sólo significó un alivio económico para Mendeléyev, sino una

exitosa aproximación hacia el proceso creativo de escribir libros de texto. En 1869, ocho años después de haber publicado su primer libro, se reencontraría con la misma tarea. En esta ocasión lo motivaría principalmente el deseo de desarrollar un texto de apoyo para impartir un curso de Química universitario. Tituló su libro de dos tomos: *Principios de la Química*. Dentro del segundo tomo, Mendeléyev plasmaría por primera vez un boceto de lo que lo convertiría en uno de los íconos de la ciencia: la tabla periódica de los elementos.

EL ORDENAMIENTO DE LOS ELEMENTOS Y SU PERIODICIDAD

Un elemento químico es una sustancia pura, es decir, que todos los átomos que la conforman son iguales. A su vez, cada átomo está compuesto por tres partículas más pequeñas: neutrones, protones y electrones. La forma en que estas partículas conforman un átomo es similar a la disposición de nuestro sistema solar, en el que los planetas orbitan alrededor del sol. En esta analogía, el sol está representado por el núcleo del átomo, dentro del cual sólo hay neutrones y protones, y los planetas son los electrones que orbitan alrededor del núcleo atómico. En general, un átomo tiene el mismo número de electrones y protones, y como los electrones y protones tienen la misma carga eléctrica, pero con signo contrario, la carga total de un átomo suele ser cero. Hoy sabemos que la cantidad de protones (y por lo tanto

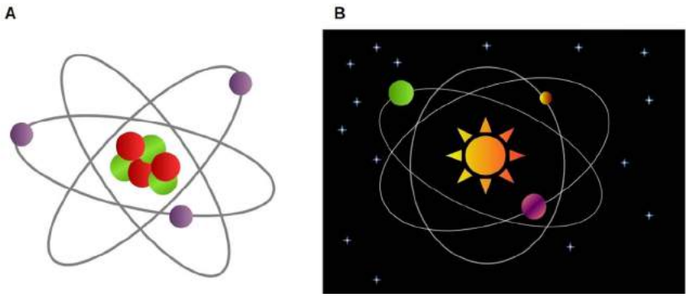


Figura 2. Un átomo (izquierda) compuesto por neutrones (rojo), protones (verde) y electrones (lila), en cierta forma es similar a un sistema solar donde los planetas orbitan alrededor del sol (derecha).

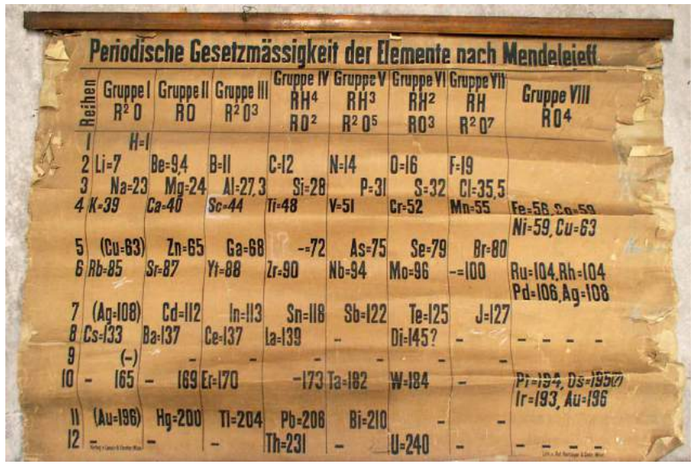


Figura 3. Tabla periódica antigua que retrata cómo se veía en sus inicios. Se estima que esta tabla fue impresa entre 1880 y 1890 (Mendeléyev propuso su tabla en 1869).

de electrones) de cada átomo es determinante para las propiedades de los elementos químicos. En la época en la que Mendeléyev escribió su libro se sabía que cada elemento químico poseía características que lo distinguían, por ejemplo, su afinidad para combinarse con otros elementos o el color de la luz que emitían cuando se calentaban. Sin embargo, hasta antes de la tabla periódica de Mendeléyev, en realidad no se había encontrado una forma lógica de ordenar a todos y cada uno de estos elementos (si bien más de uno lo intentaba).

Aunque la propuesta original de Mendeléyev ha pasado por cambios a lo largo del tiempo (cambios que incluso él mismo propuso), lo esencial de su idea original se ha mantenido. La versión actual de la tabla periódica ordena los elementos químicos de acuerdo a su número atómico, es decir, a la cantidad total de protones que hay en cualquiera de sus átomos. Por ejemplo, el primer elemento de la tabla periódica es el hidrógeno, cuyos átomos sólo tienen un protón; el segundo es el helio, cuyos átomos tienen dos protones; le sigue el litio, con tres protones dentro de sus átomos, y así sucesivamente. Ordenando los elementos químicos sólo por su número atómico, acabaríamos con una lista muy larga de un elemento tras otro que sería difícil de manejar. Entonces, una manera más condensada de ordenarlos y que resulta sencilla, es considerar otra de sus características: el número de electrones. Al considerar el número de electrones se obtiene el característico arreglo bidimensional que conocemos, donde las casillas están acomodadas en renglones y columnas.

Cada átomo tiene una capacidad máxima de electrones que orbitan en capas o niveles de energía alrededor del núcleo. Cada capa puede albergar hasta cierto número de electrones. Dependiendo del número de electrones que cada átomo tenga será el número de capas alrededor del núcleo. Esta característica se ve reflejada en el número de renglones de la tabla periódica, por ejemplo, el hidrógeno tiene un electrón que cabe en la primera capa, por lo que en la tabla periódica está en el renglón 1, el helio tiene dos electrones que también caben en la primera capa, así que también está ubicado en el renglón 1. En la capa 1 ya no caben más electrones, entonces, el litio, que es el siguiente elemento y tiene tres electrones, tendrá dos capas ocupadas: dos electrones en la primera capa y un electrón en una segunda capa, y se ubicará en el renglón 2. Y así sucesivamente con todos los elementos de acuerdo al número de capas ocupadas por sus electrones. Cada vez que los orbitales de un átomo estén completos, terminará un renglón de la tabla y se comenzará otro hasta acomodar a todos los elementos.

Al terminar de ordenar con su sistema los 60 elementos químicos que se conocían en ese entonces, Mendeléyev se percató de que los elementos que se encontraban cercanos entre ellos tenían propiedades similares. Esto le hizo notar que debía haber otros elementos aún no descubiertos y dejó huecos en la tabla para ellos. Incluso se aventuró a predecir cuáles deberían ser las características de los elementos faltantes. Todo el proceso que Mendeléyev siguió para llegar a la construcción de la tabla periódica facilitó en gran medida la comprensión de la complejidad de la estructura de los átomos.

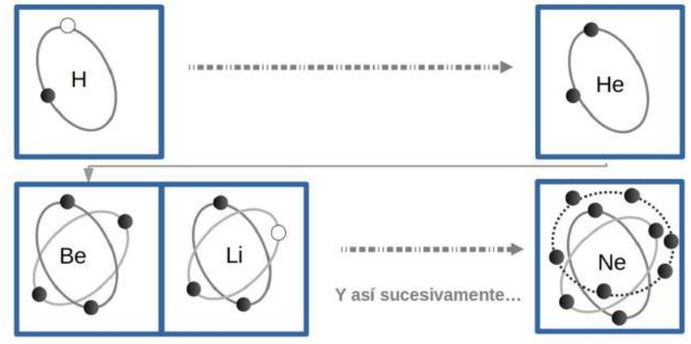


Figura 4. Representación esquemática del llenado de los orbitales atómicos de los átomos de hidrógeno (H), helio (He), litio (Li), berilio (Be) y neón (Ne).

CÓMO SE HA MODIFICADO LA TABLA PERIÓDICA EN EL TIEMPO. LA TABLA, HOY

Podemos ver la tabla periódica como un mapa en el que se ordenan los elementos de acuerdo a una serie de relaciones que involucran sus propiedades físicas y químicas. Este arreglo resulta muy útil ya que la posición que ocupan los elementos en la tabla nos dice algo sobre sus propiedades. Es algo fascinante la relación de las propiedades que los elementos guardan entre sí y que la ley de periodicidad pone de manifiesto. Ahora que conocemos que hay características compartidas entre elementos, podemos hacer clasificaciones diversas según unas u otras propiedades. Sin embargo, no debemos olvidar que cada elemento es diferente a los demás, y aunque compartan algunas características, cada uno es fundamentalmente distinto.

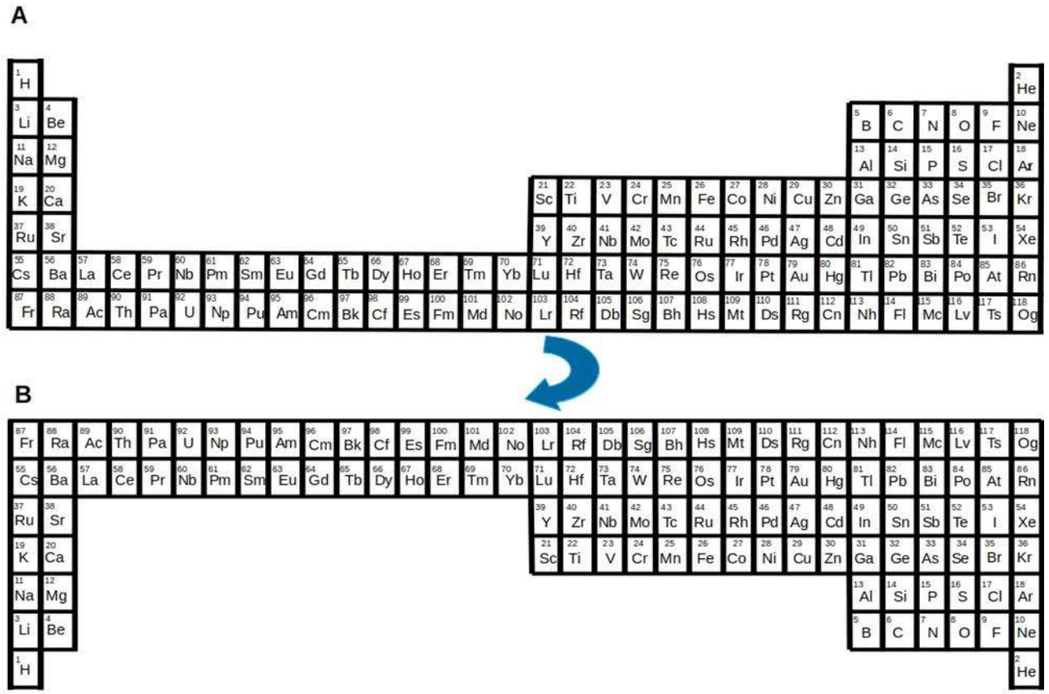
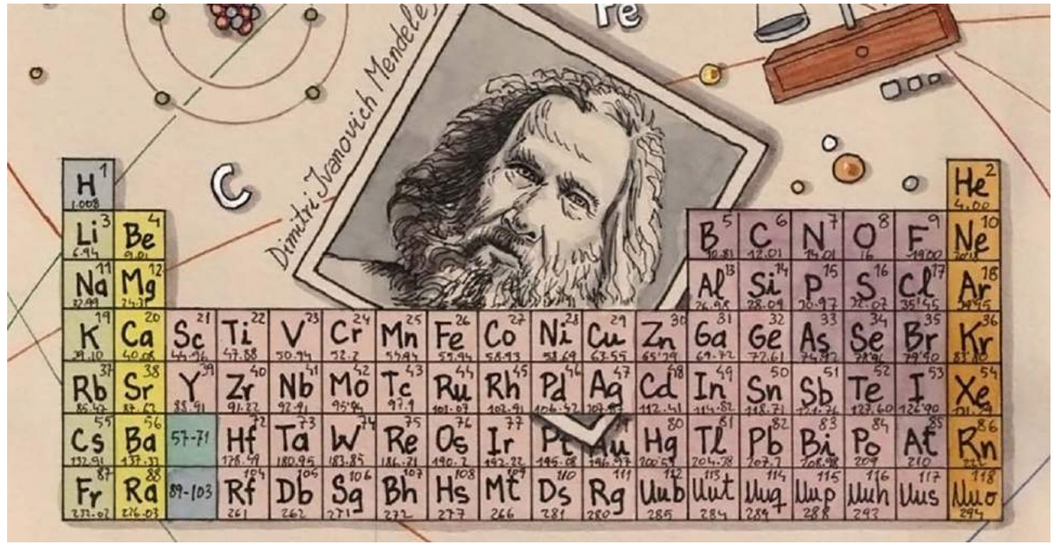


Figura 5. Una sección de la tabla periódica actual (arriba) comparada con la configuración obtenida al girarla 180° (abajo).

La manera de ordenar los elementos de Dmitri Mendeléyev ha sido la manera más práctica que se ha propuesto de acuerdo a su estructura atómica y sus propiedades físicas y químicas. Sin embargo, la tabla periódica de Mendeléyev no es un arreglo absoluto, no es la organización obligatoria que los elementos deben tener y el creer que existe una sola representación es como ver el cubo por una sola cara. Una tabla al final es un sistema que puede cambiar dependiendo del enfoque que se quiera obtener. Hoy en día, con las herramientas computacionales disponibles, podemos acceder a varias representaciones de la clasificación de los elementos al mismo tiempo. Esto permite entender mejor las propiedades y el comportamiento de cada elemento y nos proporciona la libertad de ver cada elemento desde varios ángulos. Esto nos da la posibilidad de ver el cubo completo.

Los esfuerzos por encontrar una representación gráfica continúan hasta hoy en día. Se tienen documentados más de 400 diferentes arreglos y se siguen proponiendo nuevas representaciones. Una propuesta de una nueva tabla periódica fue hecha en 2019, a propósito del Año Internacional de la Tabla Periódica, por un grupo de científicos ingleses liderados por un reconocido investigador de Química fundamental de la Universidad de Nottingham, en Reino Unido. Ellos han propuesto, con fines pedagógicos, poner la tabla periódica de cabeza, es decir, girarla 180° y así tener a los elementos con menor número atómico en la base. Los autores explican que esto tiene muchas ventajas, por ejemplo, su número atómico incrementaría de abajo hacia arriba, y creen que esta nueva orientación sería más fácil de entender por los estudiantes, pero el impacto pedagógico aún está por probarse y la controversia ha sido mucha...

¿Cuál sería tu propuesta de arreglo de los elementos? ¿Cómo sería tu tabla periódica? ¿Qué pensaría Mendeléyev de esta idea?



REFERENCIAS

Navarro-Yáñez, A. (2019). *El secreto de Promete*. España: Guadalmazan.

Gordin, Michael D., (2019). *A Well-Ordered Thing: Dmitrii Mendeleev and the Shadow of the Periodic Table*. EE UU:Princeton University Press.

Bortz, F. (2014). *The Periodic Table of Elements and Dmitry Mendeleyev*. EE UU:Rosen Classroom.

Roberts, S. (2019). ¿Es momento de cambiar drásticamente la tabla periódica? *The New York Times*, Sección de Ciencia.

Martín-León, N. (2007). *Mendeléiev: rebeldía y pasión por la ciencia. El País.*

Mishra, P., y Nguyen-Jahiel, K. (1998). *Multiple visual representations of the periodic system of elements: Epistemological and pedagogic implications*. Disponible en: https://www.semanticscholar.org/paper/Multiple-Visual-Representations-Of-The-Periodic-Of-Mishra-Nguyen-Jahiel/85406d3cbe77be1b911664fcb2520128f3326dda#citing-papers.

BBC. (2019). Descubren la tabla periódica más antigua del mundo. BBC, Sección News Mundo. https://www.bbc.com/mundo/noticias-46922730

Poliakoff, M., Makin, A.D., Tang, S.L., *et al.* (2019). Turning the periodic table upside down. *Nature chemistry*. 11(5):391.

RENDIMIENTO DE NIXTAMAL, MASA Y TORTILLA DE MAÍCES CRIOLLOS PIGMENTADOS DE PEROTE, VERACRUZ

Edgar Ramírez-Muñoz*, Román Jiménez-Vera*, Nicolás González-Cortés*

México es el quinto país megabiodiverso con 10% de especies de plantas endémicas, siendo el maíz (*Zea mays* L.) una de las más importantes (Semarnat, 2016). Los maíces criollos son diferentes en forma, tamaño, sabor, valor nutricional y color (blanco, amarillo, rojo, azul, negro, rosa) (González-Cortés *et al.*, 2016). En 2012 se sembraron a nivel nacional más de 8.5 millones de hectáreas de maíz, y 82.2% de esta superficie fue cultivada con maíces criollos, principalmente blancos, amarillos y azules, los cuales están adaptados a condiciones agroclimáticas específicas y poseen características alimenticias aceptables para cada población y cultura.

Se ha reportado que los maíces pigmentados son ricos en compuestos fotoquímicos de gran importancia nutricional y funcional (Herrera-Sotero *et al.*, 2017). El consumo de tortilla en la población mexicana es de 94%, principalmente en las zonas rurales, con un consumo de 335 g por día per cápita, equivalente al consumo de 122 kg/año (FAO, 2016). La tortilla contiene 6.3% de proteína, 1.2% de fibra, 0.85% de grasas, 46% hidratos de carbono y 1% de minerales (Martínez-Vázquez *et al.*, 2017). Para cubrir la demanda de tortilla existe, ampliamente distribuida en todo el país, la industria de la tortilla, que produce un promedio de 40,200 toneladas de tortillas al día, y aproximadamente 14.67 millones de toneladas de tortilla al año (SNIIM, 2020).

* Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Contacto: nicolas.gonzalez@ujat.mx

El maíz producido para la industria de la masa y la tortilla a nivel industrial o artesanal debe satisfacer la demanda y calidad del producto. Sin embargo, se desconoce el rendimiento de los productos del proceso en la elaboración de la tortilla de maíces pigmentados en comparación con el maíz blanco. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar el rendimiento de nixtamal, masa y tortilla de maíz azul, rojo, amarillo y blanco nativos de Perote, Veracruz, México

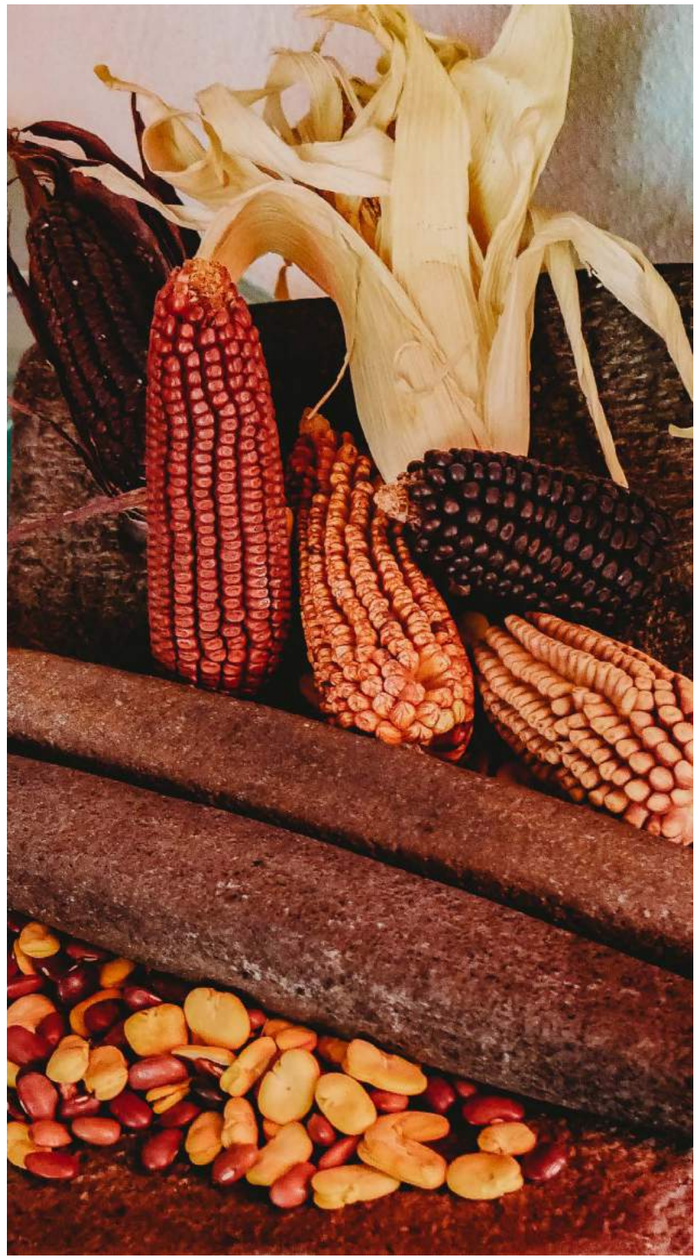
MÉTODO

Características de la región de recolección de semillas

El maíz fue de la cosecha de cultivo de temporal del ciclo 2019 en el valle semiárido de Perote, Veracruz, México. Este municipio se localiza entre los paralelos 19° 22' y 19° 39' de latitud norte; los meridianos 97° 06' y 97° 26' de longitud oeste; altitud 2,465 msnm, y uno de los principales cultivos es el maíz con más de 13,926 ha de temporal, donde más de 95% son de semillas criollas. Las condiciones agroclimáticas de este municipio son clima seco con lluvias en verano, con temperatura media anual de 12°C, rango de precipitación de 300 a 1,300 mm, los suelos que prevalecen son arenosos (Inegi, 2016).

Área de trabajo

Los estudios se realizaron en el taller de frutas y cereales de la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos, localizada en el municipio de Tenosique, Tabasco, México.



Cocción del maíz (nixcómil)

Se seleccionaron las semillas, eliminando impurezas y semillas dañadas, luego se enjuagó dos veces con agua potable, posteriormente se puso a cocción 1 kg de maíz (por triplicado) en tres litros de agua adicionado con 10 g de hidróxido de calcio, el tiempo de cocción fue de aproximadamente 55 minutos. Posteriormente se dejó reposar el nixtamal a temperatura ambiente durante 12 horas, como comúnmente se hace en las comunidades rurales.

Rendimiento de masa (RM)

El nixtamal se pasó por molino eléctrico para nixtamal de motor de 1/2 Hp, 110 v con rendimiento máximo 25 kg h-1. Después de obtener molidos los nixtamales, se adicionaron aproximadamente 120 ml de agua potable hasta que las masas adquirieran una consistencia torteable. El rendimiento de masa se determinó por la relación entre kilogramos de masa obtenidos por kilogramo de maíz procesado. Se pesaron las masas de los maíces pigmentados en una báscula Rhino® con división mínima de 1 g. En la figura 1 se observa la obtención de las masas de los maíces pigmentados.

Elaboración de tortilla

Las masas se amasaron manualmente por 5 min, luego se elaboraron las tortillas de forma manual, tomando 50 gr de masa para formar una tortilla de 18 ±1.6 cm de diámetro por 2 mm de espesor, después se colocó en una prensa metálica para hacer tortillas y se cocieron en una placa metálica a 240 ±6ºC hasta obtener un buen inflado. En la figura 2 se muestran las tortillas de maíces pigmentados.

Figura 1. Masas de maíz criollo pigmentado azul, rojo y amarillo.

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones (1 kg de maíz por réplica), y se utilizó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para la comparación de medias. Los resultados fueron analizados con el programa estadístico de Olivares (2015).

RESULTADOS

Los resultados del análisis estadístico del RN, RM, RT, humedad (H), materia seca (MS) y cenizas (C) de tortillas de maíces pigmentados fueron significativos ($p \leq 0.05$). Los datos indican que el rendimiento promedio de RN fue de 1.790 kg por kg de maíz. El maíz amarillo presentó mayor capacidad de absorción de agua con un peso total de 1.886 kg, seguido del azul, rojo y blanco, con 1.792, 1.817 y 1.669 kg, respectivamente. Mientras que el rendimiento promedio de masas fue de 1.907 kg a partir de 1 kg de maíz, obteniendo mayor rendimiento el maíz amarillo, con 1.996 kg de masa por kg de maíz, seguido por el maíz blanco, azul y rojo con 1.937, 1.892 y 1.788 kg, respectivamente, este resultado es importante para algunos estados como Yucatán, donde la preferencia es el consumo de tortilla amarilla.

El rendimiento promedio de tortilla de los cuatro maíces pigmentados fue de 1.690 kg por kg de maíz, sobresaliendo el rendimiento de tortilla de maíz amarillo con 1.790 kg; 10.2, 18.2 y 19.4% más que el maíz blanco, azul y rojo, respectivamente. En gramos esto significa que existe una diferencia de 102 g entre amarillo y blanco, 182 g entre amarillo y azul y 194 g entre amarillo y rojo; es decir, que en 10 kg de maíz

Figura 2. Tortillas de maíces criollos pigmentados azul, rojo y amarillo.

amarillo se obtendría 1.02, 1.82 y 1.94 kg de tortilla más que el maíz blanco, azul y rojo, respectivamente, considerando el precio de $15.61 por kg de tortilla a nivel nacional (SNIIM, 2020).

Sin embargo, desde el punto de vista del análisis proximal, las tortillas de maíz azul fueron las que presentaron mayor contenido de materia seca (60.0%), seguidas por las tortillas blancas (57.3%), rojas (54.3%) y las amarillas (52.2 %); lo cual indica que las tortillas amarillas contienen mayor humedad, hasta cerca de 48%. En cuanto a contenido de cenizas, se pudo observar que las tortillas de maíz rojo son más ricas en cenizas con 1.46%, seguidas de las tortillas azules, blancas y amarillas, con 1.33, 1.32 y 1.16%, respectivamente (tabla I).

Tabla I. Rendimiento de tortilla de maíces criollos pigmentados de color azul, rojo, amarillo y blanco cultivados en la región semiárida de Perote, Veracruz, México.

Color de maíz	Peso de maíz (kg)	Peso de nixtamal drenado (kg)	Rendimiento de masa (kg)	Peso de la tortilla (kg)	Rendimiento tortilla (%)	Humedad (%)	Materia seca (%)	Cenizas (%)
Azul	1.0	1.792^{b}	1.892^{c}	1.608^{c}	160.8	40.0^{d}	60.0^{a}	1.33^{b}
Rojo	1.0	1.668^{d}	1.788^{d}	1.596^{d}	159.6	45.7^{b}	54.3^{c}	1.46^{a}
Amarillo	1.0	1.886^{a}	1.996^{a}	1.790^{a}	179.0	47.84^{a}	52.2^{d}	1.16^{d}
Blanco	1.0	1.817^{c}	1.937^{b}	1.688^{b}	168.8	42.8^{c}	57.2^{b}	1.32^{c}
Media	-	**1.790.3**	**1.907**	**1.690**	**169.0**	**45.43**	**64.56**	**1.31**
DMS	-	**0.008**	**0.012**	**0.012**	-	-	-	-

DMS Diferencia mínima significativa (Tukey, 0.05).
Los valores medios con letra diferente en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey≤0.05).

DISCUSIÓN

Como bien se sabe, en México y algunos países de Centroamérica, la tortilla es un elemento fundamental en la alimentación. Para la producción de tortilla se recurre a la cocción del maíz, proceso de cocción conocido como nixcómil (del náhuatl *nexatl,* agua con ceniza, y *comitl,* olla), y el producto final es el nixtamal. Sin embargo, la cantidad y calidad de la tortilla se ve afectada por varios factores, como la capacidad de absorción de agua, pérdida de peso, rendimiento de masa y tortilla, y resistencia al corte de tortillas, factores que ocurren desde la cocción del maíz y la tortilla.

De igual forma, durante la molienda del nixtamal se va adicionando agua para una mejor molienda, de tal forma que incrementa a un promedio de 1.907 kg de masa. Sin embargo, durante la elaboración de las tortillas se pierde humedad, obteniendo en este estudio un promedio de 1.690 kg de tortillas calientes por cada kg de maíz, con un contenido promedio de humedad de 45.43%, 64.56% materia seca y 1.3% de cenizas; sobresaliendo el peso de la tortilla de maíz amarillo. Este resultado coincide con los encontrados por Sierra-Macías *et al.* (2010), quienes encuentran que la variedad V-556AC de grano amarillo sobresalió en mayor rendimiento de nixtamal, la masa y las tortillas, así como los aminoácidos lisina y triptófano, en endospermo, grano entero y tortillas.

Asimismo, existe coincidencia con valores encontrados por Martínez-Vázquez *et al.,* (2017), quienes reportan que las tortillas de maíz blanco contienen 57.6% de materia seca, más 1% de cenizas y 42.4% de humedad. Estos valores son bien considerados por los industriales de la masa y la tortilla, pues éstos prefieren maíces que retienen mayor humedad y pericarpio después de la nixtamalización, porque obtienen masas más cohesivas debido a la presencia de gomas naturales del pericarpio, además de obtener mayor rendimiento de tortilla.

González *et al.* (2016) encontraron que los maíces blancos criollos presentan características agronómicas y propiedades nutricionales importantes. Salinas *et al.* (2010) obtienen un rendimiento de tortilla blanca de 1.5 kg, esto debido al tiempo de cocción de 45 min y sólo seis horas en reposo, con un contenido de humedad en la tortilla casi de 40%. Herrera-Sotero *et al.* (2017) demuestran que en condiciones *in vitro* las tortillas de maíz azul tienen propiedades anticancerígenas, lo que a hace una fuente potencial de nutraceúticos con actividad anticancerígena. Castañeda-Sánchez (2011) encontraron que las tortillas de maíz azul, además de contener gran cantidad de antioxidantes, tienen significativamente más fibra que las tortillas de maíces blancos y amarillos.

CONCLUSIONES

El rendimiento de nixtamal, masa y tortilla en los cuatro tipos de maíces fueron diferentes. Se obtuvo un rendimiento promedio en nixtamal de 1.79 kg, masa 1.90 kg y tortilla 1.69 kg con 45.43% de humedad y 1.3% de cenizas. El maíz amarillo presentó mejor rendimiento; por cada kilogramo de maíz se obtuvo 1.88 kg de nixtamal, en masa 1.99 kg y tortilla 1.79 kg, en comparación con el maíz blanco, azul y rojo, en los que se obtuvo por cada kg de maíz 1.68, 1.60 y 1.59 kg de tortilla, respetivamente. Esta información es importante para fomentar la industrialización y consumo de los maíces criollos pigmentados. Se concluye que el rendimiento de nixtamal, masa y tortilla en los maíces pigmentados es diferente a los obtenidos con maíz blanco.

REFERENCIAS

Association of Official Analytical Chemists. (2006). *Official methods of analysis of AOAC International.* 18 ed. Bradely:AOAC International.

Castañeda-Sánchez, A. (2011). Propiedades nutricionales y antioxidantes del maíz azul (*Zea mays* L.). *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos.* 5(2):75-83.

FAO. (2016). *Food and Agriculture Organization.* Disponible en: http://faostat.fao.org

González-Cortés, N., Silos-Espino, H., Cabral J.C.E., *et al.* (2016). Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 7(3):669-680.

Herrera-Sotero, M.Y., Cruz-Hernández, C.D., Trujillo-Carretero, C., *et al.* (2017). Antioxidant and antiproliferative activity of blue corn and tortilla from native maize. *Chemistry Central Journal.* 11:110.

Inegi. (2016). *Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos.* Sistema de información municipal. Cuadernillos municipales.

Martínez-Vázquez, J.I., Pérez-Carrera, S.N., Quiroz-Ramírez, M.A, *et al.* (2017). Mejoramiento de la calidad proteica de tortillas hechas a base de maíz adicionadas con soya y amaranto. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos.* 2:312-316.

Olivares, S.E. (2015). *Programa de análisis estadístico Versión 1.6.* Facultad de Agronomía de Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L. México.

Salinas, M.Y., Gómez, M.N.O., Cervantes, M.J.E., *et al.* (2010). Calidad nixtamalera y tortillera en maíces del trópico húmedo y subhúmedo de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 1(4):509-523.

Semarnat. (2016). *México, país megadiverso.* Disponible en: https://www.gob.mx/semarnat/articulos/mexico-pais-megadiverso-31976

Sierra-Macías, M., Palafox-Caballero, A., Vázquez-Carrillo, G., *et al.* (2010). Caracterización agronómica, calidad industrial y nutricional de maíz para el trópico mexicano. *Agronomía Mesoamericana.* 21:21-29.

SNIIM. (2020). *Información mensual de precios diarios de tortilla en tortillerías y autoservicios de México.* Disponible en: http://www.economia-sniim.gob.mx/TortillaMesPorDia.asp

SECCIÓN ACADÉMICA

Orégano chino *Lippia graveolens* en matorrales de Nuevo León, población y datos de producción

Química de la Luna: implicaciones sobre el origen y estructura del satélite natural de la Tierra

Orégano chino *Lippia graveolens* en matorrales de Nuevo León, población y datos de producción

Aldo Jesús Silva-Gutiérrez*, Marco Antonio Guzmán-Lucio*, Sergio Manuel Salcedo-Martínez*, Marco Antonio Alvarado-Vázquez*, Deyanira Quistián-Martínez*

DOI: /https://doi.org/10.29105/cienciauanl25.107-1

RESUMEN

El orégano chino *Lippia graveolens* Kunth (*Verbenaceae*), también conocido como orégano mexicano, es una planta que habita en el estrato subarbustivo de matorrales de Nuevo León. Se emplea como condimento en alimentos y tiene importancia medicinal e industrial. En este estudio se encontró que no figura como una planta aprovechable según estadísticas productivas referenciadas para el estado, y aunque cuenta con densidades de población aceptables de 3867 a 9866 plantas/ha, se desconoce su aprovechamiento y uso por parte de los potenciales productores que cuentan con el recurso en su predio. La demanda de esta materia prima vegetal en nuestro estado es cubierta por productores de otras entidades de la república mexicana, por lo que se recomienda se difunda su importancia y se implementen e incentiven programas locales para su aprovechamiento.

Palabras clave: orégano chino, orégano mexicano, Lippia graveolens.

ABSTRACT

Chinese oregano *Lippia graveolens* Kunth (*Verbenaceae*). Also known as Mexican oregano, it is a plant that lives in the sub-shrubby stratum of Nuevo León scrub. It is used as a condiment in food and has medicinal and industrial importance. In this study it was found that it does not appear as a usable plant in this state according to productive statistics, and although it has acceptable population densities of 3,867 to 9,866 plants/ha, its use and use by potentials is unknown. Producers who have the resource on their property. The demand for this vegetable raw material in our state is covered by producers from other states of the mexican republic, so it is recommended that its importance be disseminated and local programs are implemented and encouraged for its use.

Keywords: chinese oregano, mexican oregano, Lippia graveolens.

El orégano chino *Lippia graveolens* tiene distribución desde el suroeste de Estados Unidos hasta Costa Rica en Centroamérica, y es descrito como un arbusto esbelto que puede alcanzar los tres metros de altura, con hojas simples y opuestas, oblongo-ovadas a elípticas, con dientes romos sobre los márgenes, aromáticas al estrujar, con flores agrupadas en las axilas de las hojas, de color blanco con el centro amarillo con las brácteas de las espigas ordenadas en cuatro hileras (Rzedowskii, 2002; Everitt *et al*., 2002; Richardson y King, 2011).

En Nuevo León, de acuerdo con Díaz de León (2013), se reconocen cuatro especies de orégano de los géneros *Lippia*: *Lippia graveolens* Kunth, *Poliomintha*: *P. bustamanta* B.L. Turner, *P. longiflora* Gray y *P. dendrítica* B.L. Turner, esta última muy localizada y sin valor comercial. De manera tradicional y desde antaño las especies de *P. bustamanta* y *P. longiflora* fueron las especies mayormente utilizadas en la sazón de diferentes platillos de la región del noreste de México. En los últimos años, *Lippia graveolens* es el orégano más utilizado en la elaboración de platillos, debido a que se comercializa a una cuarta parte ($90 a $120 pesos/kg) del precio del orégano liso u orégano Nuevo León ($420 pesos), que también crece en el estado y pertenece al género *Poliomintha*.

*Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: marco.guzmanlc@uanl.edu.mx

Existen estudios autoecológicos de *Lippia graveolens* en el país en zonas cultivadas y naturales como los presentados por Flores *et al.* (2011) y Yáñez *et al*. (2013), en donde la información obtenida se basa en el estudio de variables de producción con base en la altura-cobertura de las especies en relación con la producción de su aceite esencial, también para el estado de Coahuila y Tamaulipas, pero falta por completo información ecológica y de su aprovechamiento en el estado de Nuevo León.

TAXONOMÍA Y DISTRIBUCIÓN

Especie nueva colectada en su viaje a la América por los famosos expedicionarios Barón F.W.H.A. von Humboldt y A.J.A. Bonpland en costas del estado de Campeche en México, fue descrita por Kunth en 1818 en el tomo segundo de la monumental obra *Nova Genera et Species Plantarum de Bonpland & Humboldt*. El número de especies del género asciende a 200, con distribución en los trópicos y subtrópicos de América con unas pocas especies en el viejo mundo, cuenta con sinonimias para la especie como *Goniostachyum graveolens*, *Lippia berlandieri*, *Lippia graveolens* forma *loeseneriana*, *Lippia graveolens* forma *microphylla* (Rueda, 2012).

En México presenta una distribución discontinua, a lo largo del litoral del Golfo de México, la vertiente del Pacífico, península de Yucatán, depresión del Balsas, Tehuacán, Chiapas, Istmo de Tehuantepec, zona árida Tamaulipeca-Hidalguense y en el Desierto Chihuahuense. Los tipos de vegetación en donde se distribuye en el sur y sureste de México son matorrales de cactáceas columnares, bosque de encino enebro-*Brahea*, selva espinosa y selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia. En las zonas áridas de Tamaulipas e Hidalgo en matorrales espinosos y chaparrales. Particularmente en el Desierto Chihuahuense se encuentra en lomeríos calcáreos pedregosos con matorral rosetófilo con *Condalia, Fouquieria splendens, Agave lechuguilla, Agave asperrima, Acacia berlandieri, Solanum eleagnifolium*, *Leucophyllum frutescens, Zexmenia hispida, Prosopis glandulosa* y *Viguiera stenoloba, Mimosa* sp.; además, en matorrales desérticos micrófilos con *Larrea tridentata* y *Flourensia cernua*, en altitudes desde el nivel del mar hasta los 2,300 msnm (Sánchez *et al*., 2007)

Para el estado de Nuevo León se cuenta con registros de la especie en 26 de los 51 municipios del centro y norte del estado, en tipos de vegetación como mezquital perturbado y no perturbado, bosque de pino encino, matorral submontano, bosque de *Prosopis*, matorral espinoso tamaulipeco tipo subinerme, matorral mediano subinerme, matorral espinoso tamaulipeco-matorral inerme parvifolio, matorral espinoso tamaulipeco-matorral desértico rosetófilo, matorral espinoso tamaulipeco-mezquital (Díaz *et al.,* 2020).

IMPORTANCIA ECONÓMICA

Son muchos los usos que se derivan del aprovechamiento de *Lippia graveolens* y pueden ser clasificados en tres categorías de uso: comestible, conservador natural y potenciador del sabor de muchos alimentos como guisados, sopas, estofados de carnes, platillos típicos como pozole y menudo, callos y barbacoa, adobo y pipián, caldo gallego, pizzas y otras comidas; antioxidante en la elaboración de embutidos y conservas como salmón, atún y sardinas, abulón, salsas, aderezos, encurtidos de aceituna, chiles en escabeche, frijoles envasados, moles para rehidratar; además como fijador de sabor de refrescos y licores. Medicinalmente tiene propiedades antiasmáticas, antiespasmódicas, expectorantes, antiinflamatorias, antisépticas, analgésicas y cicatrizantes, destacando su aceite por la actividad microbiológica como antibacterial, antiviral, larvicida, molluscida y fungicida. Industrialmente se usa como fijador de esencias y perfumes de marcas comerciales reconocidas, en la manufactura de jabones y productos de aromaterapia, el aceite también es usado en aeronáutica, limpieza de piezas automotrices y elaboración de veladoras (Huerta 1997, EMSMSC, 2009).

DENSIDAD POBLACIONAL

Registros sobre la densidad de plantas de orégano *Lippia graveolens* para el estado de Tamaulipas son presentadas por Sánchez *et al*. (2011) al oeste del estado, en tipos de vegetación de matorral alto subinerme, matorral alto espinoso, matorral mediano espinoso y matorral rosetófilo, en altitudes de 60 a 800 msnm, estimándose una densidad promedio de 905 plantas por hectárea. El mismo autor adjunta citas de trabajos poblacionales del orégano en diferentes estados de la república mexicana como los efectuados por Cavazos (1991) para el estado de Jalisco, con densidades de entre 6,236 a 25,200 plantas por hectárea; por Hernández (1991), con densidades de hasta 4,000 individuos por hectárea en el Altiplano de San Luis Potosí; por Sánchez *et al.* (2007) en Puebla y Oaxaca, con densidades del orden de 1,000 a 5,000 individuos por hectárea.

Queda de manifiesto la escasez de trabajos sobre la densidad poblacional del orégano *Lippia graveolens* no sólo en el noreste de México, también en el resto del país.

PRODUCCIÓN EN EL NORESTE DE MÉXICO

Estudios realizados en la Umafor Altiplanicie Tamaulipeca que abarca los municipios de Jaumave, Miquihuana, Palmillas, Bustamante y Tula en la región suroeste del estado de Tamaulipas, en 2008, de acuerdo a la Semarnat (2008), Delegación Tamaulipas, entre las especies forestales no maderables para *Lippia graveolens* se estimó una producción de 740.19 toneladas de hoja por año en el sitio (ARSAT, A.C., 2008).

En el estado de Coahuila se autorizó el aprovechamiento de especies forestales no maderables en 2014 y 2015, bajo el concepto de plantas c/ en donde se incluyen orégano *Lippia graveolens, Larrea tridentata, Nolina caespitifera, Opuntia* sp.*, Pinus cembroides* y *Agave lechuguilla*, con un volumen de aprovechamiento de 1,354 y 1,098 toneladas para ambos periodos (Inegi, 2017).

En cuanto a la autorización de productos forestales no maderables en el estado de Nuevo León, se presentan cifras para el aprovechamiento de especies como *Euphorbia antisyphilitica, Tillandsia usneoides, Agave lechuguilla, Nolina caespitifera, Opuntia rastrera, Yucca filifera, Dasylirion* spp., bajo el concepto de plantas d/, con un estimado de 710 toneladas para el año vigente, pero *Lippia graveolens* no figura entre las especies autorizadas (Inegi, 2017).

En el estado de Tamaulipas, el volumen autorizado de aprovechamiento forestal no maderable, con base en las plantas, en donde se incluyen todas las especies aprovechadas, excepto de las que se extraen fibras, para 2016, asciende a las 22,703 toneladas al año (Inegi, 2017).

Cifras nacionales sobre la producción forestal no maderable corresponden a *Lippia graveolens,* en conjunto con especies como *Agave* sp.*, Yucca schidigera, Tecoma stans, Polytrichum* sp.*, Sabal mexicana, Guadua angustifolia, Yucca carnerosana, Chamaedorea* sp.*, Dasylirion* spp. y plantas de la familia *Cactaceae* se clasifican bajo el concepto otros, y son emitidas por la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos (2016), la cual establece para los estados de Coahuila y Tamaulipas 330 y 5,130 toneladas, respectivamente, en 2016, no así para el estado de Nuevo León, para el cual se registra cero (0) producción.

METODOLOGÍA

Área de estudio

La región seleccionada comprende la porción central del estado de Nuevo León, ubicada entre las coordenadas 26°10’51” y 24°53’46” de latitud norte y los 99°12’30” y 100°34’43” de longitud al meridiano de Greenwich. Con representación fisiográfica en las provincias Sierra Madre Oriental (SMO), Llanura Costera del Golfo Norte (LLCGN) y Gran Llanura de Norteamérica (GLLNA) (tabla I), sobre suelos de lomerío.

Características del hábitat

En la descripción de las condiciones ambientales físicas en las cuales existen las poblaciones de orégano se consideraron de forma visual las geoformas, la composición y profundidad del sustrato en donde se distribuían, así como la apertura del dosel de la vegetación.

Tabla I. Localización geográfica de los sitios de muestreo en el centro de Nuevo León.

SITIO	MUNICIPIO	PARCELA	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Loma Larga	San Pedro Garza García	Parcela 1	25°38'54"	100°19'21"	627
		Parcela 2	25°38'59"	100°19'20"	663
		Parcela 3	25°39'40"	100°19'24"	663
Rancho Corm	Salinas Victoria	Parcela 1	26°10'45"	100°20'42"	623
		Parcela 2	26°10'48"	100°20'40"	641
		Parcela 3	26°10'51"	100°20'43"	637
Ejido California	Mina	Parcela 1	26°03'18"	100°34'42"	623
		Parcela 2	26°03'10"	100°34'39"	676
		Parcela 3	26°03'23"	100°34'38"	675
Carr. China-Bravo	General Bravo	Parcela 1	25°44'24"	99°12'30"	173
		Parcela 2	25°44'23"	99°12'33"	180
		Parcela 3	25°44'33"	99°12'31"	158
Presa Cerro Prieto	Linares	Parcela 1	24°53'46"	99°25'28"	302
		Parcela 2	24°53'51"	99°27'34	330
		Parcela 3	24°53'50"	99°25'38"	320

Para las condiciones biológicas, en el muestreo de la vegetación se implementó un módulo de tres parcelas distribuidas en forma de L, como el descrito en el inventario nacional forestal periódico (INFP, 1994), modificando el intervalo de 300 a 100 m de longitud entre parcelas y de parcelas circulares a cuadradas de 100 m^2. Cada parcela fue subdividida al interior en cinco cuadrantes de 1 m^2 para registrar los individuos de las especies del estrato herbáceo y dos cuadrantes de 12.5 m^2 para registrar los individuos de las especies en el estrato subarbustivo, en donde se encuentra representado el orégano chino *Lippia graveolens*, la vegetación de los estratos arbustivo, arbóreo y de plantas trepadoras se contabilizó en el interior de toda la parcela.

RESULTADOS

Características ecológicas de los sitios

Las características ambientales de los sitios tienen en común una localización sobre terrenos de lomerío propiamente sobre lomas aisladas o abanicos aluviales y bajadas aledaños a las sierras. Los suelos son de escasa profundidad, muy pedregosos y en algunos puntos es posible observar fuerte erosión y roca desnuda. La ubicación de las plantas de orégano entre el matorral se da en espacios abiertos con exposición directa a la luz, no prolifera en áreas umbrías y solamente crece bajo la copa de arbustos en donde se expone a la luz solar (figura 1).

La vegetación tiene una fisonomía de matorral abierto de entre dos a 3.5 m de altura, con elementos subinermes y un estrato superior dominado por especies arbustivas como el chaparro prieto *Acacia rigidula*, anacahuita *Cordia bossieri,* cenizo *Leucophyllum frutescens,* guajillo *Acacia berlandieri,* gobernadora *Larrea tridentata,* y corvagallina *Neopringlea integrifolia* (figura 2). Especies eminencia como el mezquite *Prosopis glandulosa* y *Yucca filifera* pueden presentarse de manera aislada en zonas de transición con otros tipos de vegetación. Un estrato subarbustivo menor a 1 m de altura en donde destacan especies como lechuguilla *Agave lechuguilla, Lantana canescens, Lantana velutina,* damiana *Turnera diffusa* y sangre de drago *Jatropha dioica* y el orégano chino *Lippia graveolens* (figura 3) forman parte de ese estrato. En el estrato herbáceo dominan especies como A*ristida purpurea*, *Polygala lindheimeri*, parraleña *Thymophylla pentachaeta* y ojo de víbora *Evolvulus alsinoides*.

Figura 1. Condición ambiental en donde es común encontrar al orégano chino *Lippia graveolens*.

Figura 2. Estratificación del matorral subinerme con *Acacia rigidula*, *Cordia boissieri* y *Neopringlea integrifolia*.

Densidad poblacional

La densidad total de plantas por hectárea de todas las especies en la vegetación para cada uno de los sitios estudiados se estimó con un mínimo de población de 105,100 plantas/ha para San Pedro Garza García, el valor máximo se obtuvo para Linares con 230,233 plantas/ha.

La población del estrato subarbustivo, al cual pertenece el orégano chino, tuvo un mínimo de 24,267 plantas por hectárea en el sitio localizado en el municipio de Mina y un máximo de 51,066 para Linares.

En cuanto al aporte de *Lippia graveolens* a la densidad del estrato subarbustivo, éste fue de 3,867 plantas por hectárea (7.57%) para el municipio de Linares, 4,800 (19.78%) para el municipio de Mina, 8,000 (15.18%) en Salinas Victoria, 8,667 (21.73%) en General Bravo y 9,866 (15.67%) en San Pedro Garza García (figura 4). La densidad promedio por hectárea fue de 7,040 plantas.

Figura 3. Orégano chino *Lippia graveolens* en floración.

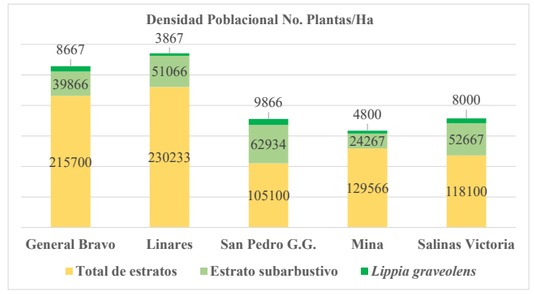


Figura 4. Densidad poblacional de *Lippia graveolens* con respecto al estrato subarbustivo y total de plantas por sitio.

Distribución de alturas de plantas del orégano chino

La altura alcanzada por las plantas en la medición estuvo entre un rango de 0.04 m en el municipio de San Nicolás de los Garza y un máximo de 1.02 m en el municipio de Mina. Esto porque fueron medidas todas las plantas independientemente de su estado de madurez. En cuanto al promedio de alturas en los sitios (tabla II), el mayor valor se presentó para el municipio de Salinas Victoria con 0.509 m.

Tabla II. Altura de las plantas en los sitios evaluados.

Sitio	Altura Minima-Máxima (m)	Altura Promedio (m) ± Desv. Est.
San Pedro Garza García	0.04-0.65	0.232 ± 0.145
Salinas Victoria	0.13-0.88	0.509 ± 0.226
Mina	0.05-1.02	0.476 ± 0.217
General Bravo	0.06-0.94	0.478 ± 0.217
Linares	0.12-0.62	0.339 ± 0.144

DISCUSIÓN

Existen otros nombres que también se le dan a *L. graveolens,* como orégano mexicano (Huerta, 1997), no obstante se prefirió utilizar el nombre de orégano chino porque éste es el que recibe en diferentes mercados del área metropolitana de Monterrey, en donde se comercializa como condimento formado por las hojas e inflorescencias secas.

Aunque la forma biológica y la altura que se precisa para el sur de Texas, de acuerdo con Everitt *et al.* (2002) y Richardosn y King (2011), como un arbusto que puede alcanzar 3 m de altura, en los sitios estudiados su porte es el de una planta subarbustiva de máximo 1.04 m.

En cuanto a la densidad poblacional comparada con las poblaciones del oeste de Tamaulipas, efectuadas por Sánchez *et al.* (2011), con una densidad promedio de 905 por hectárea y las 7,040 plantas promedio de este estudio, la diferencia contrastante se debe a que Sánchez descartó la medición de plántulas en los sitios.

Los datos de autorizaciones de aprovechamiento en los vecinos estados de Nuevo León en los anuarios estadísticos estatales de 2000 a 2017 muestran autorizaciones de aprovechamiento para el orégano *Lippia graveolens* de manera directa o indirecta bajo el concepto de la categoría Plantas. Nuevo León en cifras del Inegi para 2017 reporta el aprovechamiento de especies como candelilla *Euphorbia antisyphilitica,* paixtle *Tillandsia usneoides,* lechuguilla *Agave lechuguilla,* cortadillo *Nolina caespitifera,* nopal *Opuntia rastrera,* palma china *Yucca filifera,* sotol *Dasylirion* spp., bajo el concepto de plantas d/, con un estimado de 710 toneladas para el año vigente, pero no figura *Lippia graveolens* entre las especies autorizadas. En adición, la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos (2016) establece producciones para los estados de Coahuila y Tamaulipas de 330 y 5,130 toneladas, respectivamente, en 2016, no así para el estado de Nuevo León para el cual se registra cero (0) producción.

Esta confirmación nos indica que al menos en los últimos 20 años no se tiene a Nuevo León como un estado productor de orégano chino u orégano mexicano en el noreste de México. No obstante se tiene reporte de aprovechamiento del orégano liso u orégano Nuevo León *Poliomintha longiflora* como lo describen Alanís *et al*. (2008).

CONCLUSIÓN

El orégano chino *Lippia graveolens* es una especie que ha logrado gran importancia en los últimos años en la preparación de alimentos y que está compitiendo con el orégano Nuevo León, su aplicación como planta medicinal e industrial ha abierto un mercado en constante demanda. La materia prima a base de las hojas e inflorescencias se obtiene de la colecta de plantas *in situ* o de cultivo.

Este estudio revela su ubicuidad en 26 de los 51 municipios localizados en el centro y norte de Nuevo León como áreas potenciales de aprovechamiento alentadoras con base en los resultados de densidad poblacional obtenidos como mínimo de 3,867 a 9,866 plantas por hectárea, con el debido manejo para evitar que las áreas de por sí erosionadas pierdan por completo la cobertura que en parte proporciona la especie.

La falta de solicitudes de aprovechamiento legal para el orégano chino se debe probablemente a que en los sitios del estado en donde prospera se desconoce su importancia utilitaria y a que el enfoque de proyectos productivos sobre los recursos forestales no maderables en el estado han estado basados siempre en las mismas especies que excluyen al orégano. Es evidente que el abasto en mercados y comercios con orégano chino no proviene del campo del estado de Nuevo León y son abastecidos por productores de otros estados del país, lo que nos lleva a una dependencia ilógica cuando el recurso existe en abundancia, pero también acusa una falta de promoción y estructuración de cadenas productivas para la especie.

REFERENCIAS

Asociación Regional de Silvicultores de la Altiplanicie Tamaulipeca, A.C. (2008). *Estudio regional forestal UMAFOR IV. Altiplanicie tamaulipeca*. Estado de Tamaulipas. 164 pp.

Díaz-De León, C.I., González, A.M., Guzmán L.M.A., *et al*. (2020). El orégano de los géneros *Lippia* (*Verbenaceae*) y *Poliomintha* (*Lamiaceae*) estado de Nuevo León, México. *Polibotánica.* 50:1-18.

Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. (2016). *Anuario estadístico de la producción forestal*. Semarnat: México.

Ecosistemas y Medioambiente Sierra Madre, S.C. (2009). *Estudio regional forestal estado.* Asociación de Silvicultores del Semidesierto Sur, A.C. Estado de Chihuahua. 298 pp.

Everitt, J.H., Drawe D.L., y Lonard, R.I. (2002). *Trees, srhubs & cacti of south Texas*. Tecas Tech University Press. Texas USA. 249 pp.

Flores, H.A., Hernández, H.J.A., López M., J.I., *et al*. (2011). Producción y extracción de aceite de orégano (*Lippia graveolens* Junth) bajo cultivo en la Comarca Lagunera. *Rev. Mex. Cien. For.* 2(8):113-120.

Huerta, C. (1997). Orégano mexicano: oro vegetal. Conabio. *Biodiversitas*. 15:8-13.

Inegi. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Coahuila de Zaragoza*. México. 550 pp.

Inegi. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Nuevo León*. México. 617 pp.

Inegi. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Tamaulipas*. México. 554 pp.

Inventario Nacional Forestal Periódico. (1994). *Subsecretaria Forestal y Fauna Silvestre*. México, D.F.

Kunth C.S. (1817). *Nova genera et species plantarum. Voyage de Humboldt et Bonpland. Lutetiae Parisorium.*

Richardson, A., y King, K. (2011). *Plants of deep south Texas*. Texas A&M University Press. 457 pp.

Rueda, R. (2012). *Lippia* L. Flora mesoamericana. *UNAM-MBG-NHM London*. 4(2):462-465.

Rzedowskii, J.R. (2002). *Verbenaceae*. Flora del Bajío y regiones adyascentes. *Instituto Ecología A.C*. 100:1-145.

Sánchez, O., Medellin, R., Aldama, A., *et al*. (2007). *Método de evaluación del riesgo de extinción de especies silvestre en México (MER)*. Semarnat-Inecol, UNAM-Conabio. 170 PP.

Sánchez, R.G., Quezada, F.H., Lara-Villalón M., *et al*. (2011). Parámeros ambientales y abundancia del orégano mexicano (*Lippia graveolens*) en el estado de Tamaulipas. *Ciencia UAT*. 6(1):24-31.

Yáñez, Ch.L.G., Escobar, P.J., Campos, V.A.G. *et al*. (2013). Aprovechamiento de orégano (*Lippia graveolens*). Producción de biomasa y rendimiento de aceite esencial extraído por el método de arrastre de vapor de agua en Mapimí, Durango. *Memorias I Congreso Internacional, IX Congreso Nacional Sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas y VI Reunión Nacional de Orégano y Otras Aromáticas*. UACH-URUZA. 402-413.

Química de la Luna: implicaciones sobre el origen y estructura del satélite natural de la Tierra

Vanesa González-Morales*, Fernando Velasco-Tapia**

Un pedazo de Luna en el bolsillo
es mejor amuleto
que una pata de conejo.
La Luna, Jaime Sabines (1988)

DOI: /https://doi.org/10.29105/cienciauanl25.107-2

RESUMEN

Se presenta una breve revisión de las características químicas generales de la Luna, así como el análisis estadístico multivariado de una base de datos de basaltos lunares y las implicaciones de este ejercicio en el origen y la estructura del satélite natural.

Palabras clave: Luna, Geoquímica, acreción, evolución de magma, basalto, análisis multivariado.

ABSTRACT

A brief review of the general chemical features of the Moon is presented, as well as the multivariate statistical analysis of a lunar basalt database, and the implications of this exercise in the natural satellite origin and structure.

Keywords: Moon, Geochemistry, accretion, magma evolution, basalt, multivariate analysis.

El 20 de julio 2019 se cumplió el 50 aniversario del alunizaje de la misión norteamericana Apolo XI y de la primera vez que el ser humano visita un cuerpo extraterrestre. Posteriormente, misiones tripuladas (Apolo XII, XIV-XVII) y no tripuladas (Luna IX, XVI, XX y XXIV, Unión Soviética), entre 1969 y 1976, permitieron el acceso a material lunar superficial (~380 kg) y, además, obtener información sobre su estructura interna a través de estudios geofísicos (figura 1; Henderson, 1982).

Algunos de los rasgos generales que caracterizan a nuestro satélite natural incluyen (Henderson, 1982; Jolliff *et al.*, 2006): (*a*) radio= 1738 km; (*b*) volumen= 2.2×10^{10} km^3; (*c*) masa= 7.35×10^{25} g; (*d*) densidad= 3.34 g/cm^3; (*e*) gravedad en la superficie= 1.62 m/s^2; (*f*) albedo= 0.07; (*g*) intervalo de temperatura= -173ºC (mínimo nocturno) a 107ºC (máximo diurno); (*h*) estructura general= corteza con un espesor promedio de ~60 km en el lado visible (40-120 km), mientras que puede alcanzar los 150 km en el lado oscuro; un manto de ~1300 km de espesor y núcleo con ≲350 km de espesor. Cabe señalar que la Luna es un satélite inusualmente grande en comparación con su planeta. La superficie lunar se puede dividir en tres tipos de terrenos, los cuales son visibles desde la Tierra (Jolliff *et al.*, 2006): (*a*) mares (*Maria*): áreas obscuras de bajo relieve y con un muy bajo albedo, constituidas principalmente por basalto y regolito; (*b*) mesetas (*Upland*): zonas de relieve medio y con un mayor albedo, con una alta densidad de cráteres y constituidas por una mezcla de basalto, regolito y anortosita; y (*c*) montañas (*Highlands*): áreas claras de alto relieve (alcanzando ~3 km de desnivel respecto a los mares) y con un alto albedo, dominadas por rocas anortosíticas.

* Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: vanesagonzmor@gmail.com

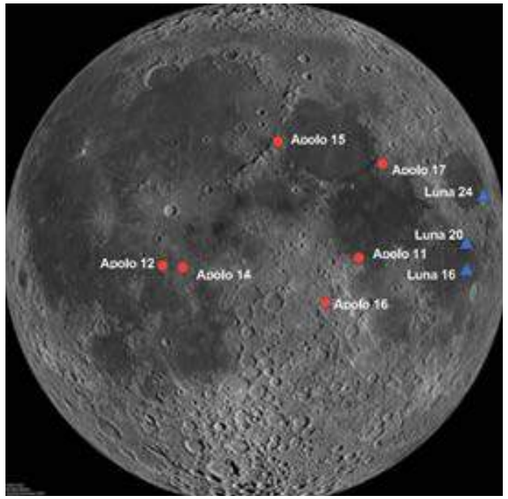


Figura 1. Ubicación de los sitios de alunizaje de las misiones en la cara visible, las cuales regresaron con material (basalto, anortosita y regolito). Los puntos rojos indican las misiones Apolo (EE UU) y los triángulos azules las misiones Luna (URSS) (Henderson, 1982).

El estudio de la Luna, desde el entendimiento de su ciclo de fases en la antigüedad, pasando por las observaciones de Galileo a partir de 1609 y durante la etapa de la exploración espacial, ha demostrado la importancia del satélite para entender el origen y la evolución de la Tierra. En el presente estudio se reportan los resultados iniciales de una revisión bibliográfica sobre la composición química general y de los basaltos expuestos en la superficie lunar, el análisis estadístico multivariado (agrupamiento) de estos datos y las implicaciones del ejercicio en el modelo más aceptado para explicar el origen y la estructura de la Luna. La hipótesis de la que se parte es la capacidad de la herramienta estadística para distinguir las variedades de basalto lunar, las cuales tienen un distinto origen.

METODOLOGÍA

En primera instancia, se consideró la composición global (con base en 10^6 átomos de Si) de Faure (1991). Ésta se comparó con lo observado en el patrón de abundancias cósmicas (representado por meteoritos condríticos; Anders y Ebihara, 1982) a fin de identificar cuantitativa y visualmente qué elementos se encuentran empobrecidos o enriquecidos en la Luna respecto a la composición inicial del Sistema Solar.

En el caso de las rocas lunares, la principal fuente de información fue la página Web *MoonDB* (NASA, 2019; *www.moondb.org*), la cual ha sido preparada y difundida por la NASA. Los datos de composición de elementos mayores (% peso) y traza (ppm) fueron compilados en un archivo del programa *Statistica for Windows* (Statsoft, Inc.; Tulsa, OK) denominado *Moon.sta*. Para efectuar el ejercicio, se descartaron aquellas muestras que no presentaban completa la composición química en elementos mayores. Posteriormente, la información fue procesada a fin de generar una composición de elementos mayores ajustada a 100% en base seca.

Con el propósito de identificar los diferentes tipos de basalto y anortosita que se encuentran expuestos en la superficie lunar, se aplicó un análisis estadístico de agrupamiento (*Cluster analysis*; Bratchell, 1989). Éste es un procedimiento cuyo propósito es la distribución de observaciones en grupos o *clusters*, cuyos elementos mostrarían características similares y el mayor contraste posible con respecto a los elementos de los otros grupos. El análisis de agrupamiento jerárquico se efectuó a partir del logaritmo natural de las relaciones de elementos mayores respecto al titanio en condición ajustada ($\ln[SiO_2/TiO_2]$, $\ln[Al_2O_3/TiO_2]$, $\ln[Fe_2O_3/TiO_2]$, $\ln[FeO/TiO_2]$, $\ln[MnO/TiO_2]$, $\ln[MgO/TiO_2]$, $\ln[CaO/TiO_2]$, $\ln[Na_2O/TiO_2]$, $\ln[K_2O/TiO_2]$ y $\ln[P_2O_5/TiO_2]$.

Es importante considerar que la composición de elementos mayores representa la base sobre la cual se constituye cada una de las rocas. Las relaciones fueron estandarizadas previamente por medio de la relación:

$$K_{ij} = \frac{X_{ij} - X}{s_{ic}} \qquad (1)$$

en donde K_{ij} es el valor estandarizado de X_{ij}, la *i*-esima variable para la *j*-esima muestra, X es la media de la *i*-esima variable y s_{ic} es la desviación estándar asociada. El procedimiento de discriminación siguió la regla de encadenamiento de Ward (Bratchell, 1989), que enlaza de forma iterativa puntos cercanos a través de una matriz de similaridad que evalúa la distancia entre los grupos. El procedimiento da igual peso a cada una de las relaciones geoquímicas. La medida de similaridad entre dos muestras (*j, k*) es la denominada distancia euclidiana y está dada por:

$$d_{jk} = \left[\sum_{i=1}^{N} (K_{ij} - K_{ik})^2\right]^{1/2} \qquad (2)$$

donde K_{ij} representa la *K*-esima variable medida sobre un objeto *i* de la muestra *j* y K_{ik} representa la *K*-esima variable medida sobre un objeto *i* de la muestra *k*. Los resultados del análisis se representaron por medio de un dendograma en unidades de distancia euclidiana.

Una vez establecidos los grupos o *clusters* de basalto y anortosita se determinaron las características geoquímicas que los distinguen. Como es usual en Geoquímica (por ejemplo, Rollinson, 1993), para visualizar las diferencias se prepararon diversos diagramas de variación binarios y ternarios con base en elementos, relaciones de elementos o normalizadas respecto a un patrón (por ejemplo, el patrón de abundancias cósmicas, condrita, etc.). En esta etapa se consideró, además, la composición de elementos traza, la cual fue visualizada a través de diagramas normalizados. Los grupos o *clusters* fueron comparados con las clasificaciones generales que se han propuesto de forma previa para rocas lunares. A partir de estos resultados se efectuó una breve discusión sobre la geoquímica lunar y sus implicaciones en el origen y la evolución del satélite. Cabe aclarar que, como ejemplo, en este documento sólo se discuten los resultados del análisis de agrupamiento de la base de datos de basaltos lunares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La teoría más aceptada sobre el origen de la Luna se ha denominado como *Modelo del gran impacto* (Morbidelli *et al.*, 2012). Ésta contempla el choque de la protoTierra con un planetoide del tamaño de Marte (Theia), probablemente entre 30 y 70 millones de años después de la formación de la Tierra. El impacto resultó tan energético que fundió parte del planetoide Theia y, en una menor escala, la parte superficial de la protoTierra. Se ha sugerido que ~75% del material que constituye la Luna lo aportó Theia.

Sin embargo, relaciones isotópicas del elementos refractarios titanio ($^{50}Ti/^{47}Ti$) o tungsteno ($^{182}W/^{184}W$) comparables entre rocas lunares y el manto terrestre sugieren un aporte mucho mayor a la protoLuna por parte de la Tierra o modelos más complejos (Zhang *et al*., 2012; Pahlevan, 2018). De esta forma, el satélite concentró principalmente elementos litófilos (que se asocian a silicio y oxígeno), pero con características refractarias (que resisten alta temperatura y tienen conductividades térmicas bajas). Estos incluyen Li, Al, Ca, Sc, Ti, Sr, Y, Zr, Nb, Cs, Ba, lantánidos, Hf, Th y U (figura 2). En contraste, la Luna se encuentra empobrecida en elementos litófilos volátiles, siderófilos (asociados a fierro y que se concentran en el núcleo), calcófilos (asociados a azufre) y atmófilos (H, N y gases nobles) (figura 2). Los elementos refractarios tendrían una composición similar en la Tierra y la Luna, mientras que los volátiles estarían empobrecidos en la Luna (K, Rb y Cs un 75%; Tl y Cd un 99%) (Taylor y Wieczorek, 2014).

Los fragmentos de la colisión empezaron a chocar (acreción) en órbita terrestre para formar la Luna. Ya que la mayor parte del material lo constituían silicatos, con una baja conductividad térmica, la disipación de calor generado por la acreción fue limitada y la temperatura de la masa se elevó lo suficiente como para fundirse (~1400ºC). El material más denso se concentró en el núcleo, que se separó del *Océano de magma lunar* hace 4,600 a 3,900 millones de años (Sistema *PreNectariense*).

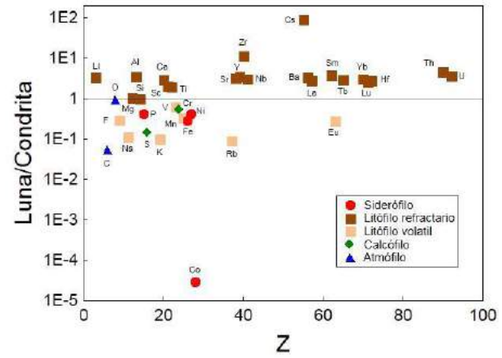


Figura 2. Diagrama de la composición de elementos en la Luna (Faure, 1991), normalizada a meteorito condrítico (composición original del Sistema Solar; Anders y Ebihara, 1982) *versus* el número atómico (Z).

El escenario descrito ha sido capaz de explicar: (*a*) la baja densidad lunar (3.34 g/cm^3) respecto a la terrestre (5.52 g/cm^3) y (*b*) la geoquímica global lunar, dominada por elementos refractarios.

Por otra parte, la cristalización del océano de magma dio lugar a una diversidad de rocas lunares. En primera instancia, se formaron acumulaciones de olivino, piroxeno e ilmenita que conformaron el manto lunar, que sería después la fuente de los basaltos. Posteriormente tuvo lugar la cristalización de plagioclasa, que flotó a la superficie para formar la corteza lunar dominada por anortosita ferroana.

El líquido residual del proceso de cristalización dio lugar al denominado basalto KREEP (rico en potasio, tierras raras y fósforo). Éste es un grupo con una representatividad limitada, pero observado en todos los sitios explorados. Se identificó, además, un grupo de rocas de alto magnesio (dunita, norita, troctolita y gabronorita), con una mineralogía dominada por olivino±piroxenos±ilmenita observado principalmente en las mesetas. Se ha considerado que este grupo de alto Mg derivó de los KREEP (Shearer y Papike, 1999).

La fusión parcial del manto lunar dio lugar a la formación de basaltos de baja viscosidad (alta relación FeO/MgO) que constituyeron los mares. Estas lavas cubrieron ~17% de la superficie lunar, concentrándose principalmente en el lado visible, debido a que su corteza es más delgada. La mineralogía de los basaltos está dominada por olivino, piroxeno, mi-

nerales opacos y, en menor escala, plagioclasa. La actividad magmática ocurrió entre ~3900 y ~1500 millones de años (sistemas: *Nectariense*, 3900-3800 Ma-Gran bombardeo terminal; Ímbrico, 3800-3200 Ma y *Eratosteniense*, 3200-1500 Ma).

El ejercicio de análisis multivariado de agrupamiento que se ha aplicado en el presente estudio (figura 3) reveló la existencia de cuatro tipos de basalto lunar (A-D), cada uno subdividido en dos subgrupos.

La división estadística que se ha generado en este trabajo coincide aproximadamente con la clasificación previa de Neal y Taylor (1992), que se efectuó en función de los contenidos de titanio, magnesio y fierro. De esta forma, se identificaron grupos generales de basalto lunar de muy bajo (grupo C1), bajo (grupos A1, A2, B1, B2 y C2), intermedio (algunos ejemplares de grupo B1 y D2) y alto TiO_2 (grupos C1 y C2), los cuales se comparan con el basalto KREEP (figura 4).

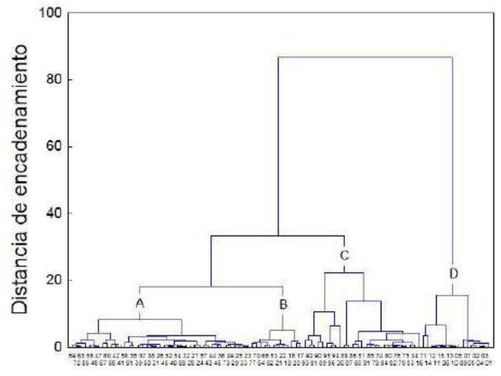


Figura 3. Dendograma que muestra el resultado del análisis de agrupación por encadenamiento de distancias euclidianas para basaltos lunares (n = 98; fuente: www.moondb.org).

El origen de las diferentes variedades de basalto ha sido tema de debate. Sin embargo, algunas ideas se han aceptado de forma general (Jolliff *et al*., 2006): (*a*) los procesos de fusión parcial del manto estuvieron relacionados con la dinámica interna lunar, más que con un efecto de los impactos meteoríticos; (*b*) los basaltos con concentraciones bajas de elementos traza podrían representar líquidos primitivos derivados de un manto lunar heterogéneo a ~200 km de profundidad; (*c*) los basaltos con mayor concentración de elementos traza podrían representar líquidos producto de procesos de cristalización a diversas escalas y profundidades <120 km desde los basaltos primitivos y (*d*) los diferentes tipos de basalto se generaron de forma contemporánea, aunque la mayor parte de los primitivos se generarían inicialmente.

De forma general, se ha interpretado (por ejemplo, Shearer y Papike, 1999) que los basaltos de alto TiO_2 (grupos D1 y D2; figura 4) se derivarían de los cumulatos de alto-MgO con ilmenita. Los basaltos de muy bajo-TiO_2 (grupo C1) se habrían formado por fusión parcial de cumulatos de alto-MgO dominados por olivino y ortopiroxeno. Se ha especulado que los basaltos de composiciones intermedias (grupos A1, A2, B1, B2 y C2) podrían ser el resultado de cristalización fraccionada desde líquidos tipo C1 o de asimilación de líquidos D1/D2 por parte de un líquido C1. El esquema se complementa con el denominado basalto KREEP, que se ha interpretado como un líquido residual de la cristalización de la anortosita hace ~3.9 Ga.

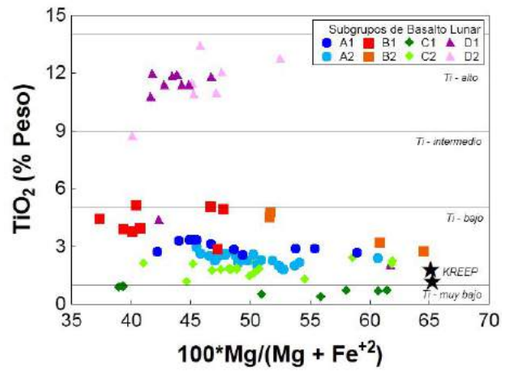


Figura 4. Diagrama de variación TiO_2 (% peso)-Mg# (= 100*Mg/[Mg+Fe^{+2}], atómico) para basaltos lunares (modificado de Neal y Taylor, 1992), que incluye el basalto KREEP.

CONCLUSIONES

La interpretación geoquímica y estadística de la composición general de la Luna y de los basaltos lunares es información de utilidad para entender el origen y la evolución geológica del satélite, una historia íntimamente ligada a la de la Tierra. Al igual que los planetas terrestres, la Luna es producto de un proceso de acreción y de diferenciación magmática a través de fusión parcial y cristalización fraccionada. El análisis multivariado ha permitido identificar con claridad los diferentes tipos de basaltos lunares.

REFERENCIAS

Anders, E., Ebihara, M. (1982). Solar-System abundances of the elements. *Geochimica et Cosmochimica Acta.* 46: 2363-2380.
Bratchell, N. (1989). Cluster analysis. Chemometrics and Intelligent Laboratory *Systems.* 6: 105-125.
Faure, G. (1991). *Principles and Applications of Inorganic Geochemistry*. McMillan Publishing Company, 626 p.
Henderson, P. (1982). *Inorganic Geochemistry*. Pergamon Press, 353 p.
Jolliff, B.L., Wieczoreck, M.A., Shearer, C.K., *et al*. (2006). New views of the Moon. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry.* 60:720 p.
Morbidelli, A., Lunine, J., O´Brien, D., *et al*. (2012). Building terrestrial planets. *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences.* 40:251-275.
NASA. (2019). *MoonDB: Advancing Access & Re-use of Lunar Sample Data*. Disponible en: www.moondb.org.
Neal, C.R., y Taylor, L.A. (1992). Petrogenesis of mare basalts: a record of lunar volcanism. *Geochimica et Cosmochimica Acta.* 56:2177-2211.
Pahlevan, K. (2018). Telltale tungsten and the Moon. *Nature Geoscience.* 11:16-18.
Rollinson, H.R. (1993). *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation.* Longman, 352 p.
Shearer, C.K., y Papike, J.J. (1999). Magmatic evolution of the Moon. *American Mineralogist.* 84:1469-1494.
Taylor, G.J., y Wieczorek, M.A. (2014). Lunar bulk chemical composition: a post-Gravity recovery and interior laboratory reassessment. *Philosophical Transactions of the Royal Society A.* 372:20130242.
Zhang, J., Dauphas, N., Davis, A.M., *et al*. (2012). The proto-Earth as a significant source of lunar material. *Nature Geoscience.* 5:251-255.

HELECHOS INVASIVOS EN MÉXICO

SALVADOR GONZÁLEZ DE LEÓN*, ALAN AGUIRRE**, OSCAR BRIONES*

Los helechos pertenecen al reino de las plantas y constituyen un grupo distribuido en todo el planeta. Sus especies existen en variadas formas de crecimiento. Los hay herbáceos, arborescentes, epifitos, trepadores y hasta flotantes o acuáticos. Los esporofitos, fase de vida de los helechos con raíces, tallo y hojas, y que producen nuevas esporas, de algunas especies terrestres tienen la capacidad de prosperar en paisajes en los cuales no evolucionaron y modificar su distribución y abundancia en el ecosistema colonizado. Los conceptos de especie no nativa, exótica, alóctona o plaga se han utilizado como sinónimos de especie invasora, pero son términos que enfatizan el origen geográfico de la especie o los efectos que causan en el ecosistema, dejando de lado la ecología intrínseca en el proceso de invasión.

Valery *et al.* (2008) establecieron que una invasión biológica ocurre cuando una especie adquiere alguna ventaja sobre otras debido a la remoción de barreras naturales que impedían su proliferación. Estas barreras pueden ser geográficas, pero también los depredadores, polinizadores y los recursos como el agua o la luz pueden limitar la propagación de la especie invasora. Cuando la barrera se rompe, los individuos invasores pueden multiplicarse y establecer poblaciones dominantes. A nivel mundial, la mayoría de los estudios sobre plantas invasoras han sido enfocados en aquéllas con flores o angiospermas (Akomolafe y Rahmad, 2018), mientras que los helechos han sido poco investigados.

El "helecho macho" o "pesma" (*Pteridium aquilinum*) es la única especie terrestre reconocida como invasora en nuestro país (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/invasoras). Sin embargo, la invasión de especies es un fenómeno global que se ha incrementado sustancialmente desde el siglo pasado y la presencia de especies de helechos invasores posiblemente es mucho mayor en México. Actualmente, en nuestro país es insuficiente la información sobre la distribución de las especies invasoras y su potencial agresividad (Estrada *et al.,* 2018). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue estimar la riqueza de especies de helechos terrestres con potencial invasor en la república mexicana, así como señalar los efectos de la invasión en el ecosistema y los principales mecanismos de control de los helechos malezoides.

* Instituto de Ecología, A.C., Red de Biología Evolutiva.
** Universidad Veracruzana.
Contacto: oscar.briones@inecol.mx

CARACTERÍSTICAS DE LOS HELECHOS INVASORES Y SU HÁBITAT

En los estudios sobre las invasiones de las especies se han identificado los rasgos biológicos de las plantas invasoras que les otorgan ventajas competitivas en los ecosistemas. Uno de los más importantes es la amplia tolerancia fisiológica que les permite desempeñarse óptimamente bajo múltiples condiciones ambientales. Otros atributos de los helechos invasores son la capacidad para capturar los recursos necesarios para mantener altas tasas de crecimiento, capacidad para establecerse en sustratos deficientes en recursos, presencia de metabolismo para resistir climas extremos, facilidad de reproducción vegetativa y producción masiva de esporas de rápida germinación y largos periodos de viabilidad en el suelo (Van Kleunen *et al.,* 2010). De las casi 11,000 especies de helechos existentes en el mundo, aproximadamente 5% tiene rasgos biológicos que podrían volverlas invasoras bajo ciertas condiciones, y la mayoría pertenece a las familias *Gleicheniaceae* y *Dennstaedtiaceae* (Robinson *et al.*, 2010).

En general, los helechos habitan regiones con alta evapotranspiración y precipitación anual, así como topografía compleja (Kessler, 2010). Sin embargo, los hábitats en donde se han registrado invasiones de helechos tienen cierto grado de perturbación humana, como las orillas de caminos y bordes de la vegetación natural con áreas utilizadas en actividades agrícolas, pecuarias y zonas incendiadas o abandonadas. Los helechos invasores también pueden establecerse en hábitats con disturbios naturales, como los claros provocados por la caída de árboles o sitios desprovistos de vegetación debido a deslizamientos del terreno o inundaciones.

EFECTOS DE LOS HELECHOS INVASORES SOBRE EL ECOSISTEMA

Las especies invasoras tienen efectos negativos sobre el crecimiento, la abundancia, la diversidad y el éxito reproductivo de las especies vegetales en el ecosistema (Vilà *et al.,* 2011). Éstas han provocado daños equivalentes a billones de dólares al año en el mundo. Sólo en Australia se han gastado 4 billones de dólares anualmente para controlar malezas invasoras (Marbuah *et al.,* 2014). Los helechos terrestres invasores interrumpen los procesos ecológicos debido a que simplifican la estructura espacial de los hábitats que invaden mediante la formación de extensos parches monoespecíficos, lo cual altera la abundancia, riqueza y estructura de la vegetación en las comunidades vegetales nativas (Akomolafe y Rahmad, 2018).

La productividad de las tierras laborables de muchas regiones del mundo ha sido afectada por la invasión de especies de helechos del género *Pteridium* (Wolf *et al.*, 2019). En el sur de México existen amplias regiones afectadas por el helecho "marranero" (*Pteridium arachnoideum*), una especie que posee estrategias competitivas agresivas que le permiten mantener su dominancia en los sitios invadidos. Las hojas en pie y las depositadas en el suelo como hojarasca de *P. arachnoideum* reducen de manera considerable la cantidad de luz, afectando negativamente la germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas de otras especies, y sus extensos rizomas y raíces son barreras físicas que impiden el crecimiento de las raíces de otras especies (Aguilar-Dorantes *et al.*, 2014).

La acumulación de las frondas muertas de *Pteridium* sobre el suelo aumenta el almacén de material inflamable y en consecuencia puede incrementar la severidad de los incendios. Posiblemente *P. arachnoideum* establece un mecanismo de retroalimentación positiva con el fuego, ya que su rizoma le permite sobrevivir a los incendios forestales y posteriormente expandirse subterráneamente a sitios aledaños. El helecho trepador asiático (*Lygodium microphyllum*) se introdujo como planta para maceta colgante en los Estados Unidos de América, pero posteriormente se convirtió en una plaga que afectó más de 40,000 hectáreas en Florida (Goolsby, 2004). La invasión del helecho arborescente australiano (*Sphaeropteris cooperi*) benefició a las especies nativas de crecimiento rápido, pero desplazó a las de crecimiento lento en Hawái (Chau *et al.*, 2011).

MANEJO Y CONTROL DE LOS HELECHOS INVASORES

Las medidas de control y manejo de las especies invasoras cuando las poblaciones dominan el paisaje son económica y ambientalmente más costosas que las preventivas. Los casos más notables e importantes de invasión por helechos han sido protagonizados por *Pteridium aquilinum* en el hemisferio norte y *P. esculentum* en el hemisferio sur. En los trópicos se han registrado invasiones de *P. arachnoideum* y *P. caudatum* y de tres subespecies de *P. aquilinum* (*feei, pubescens* y *latiusculum*) (Wolf *et al.*, 2019).

El control de *P. arachnoideum* en las regiones de clima templado con frecuencia ha sido aplicando los herbicidas asulam y glifosato. En climas cálidos el control de las especies de *Pteridium* normalmente ha involucrado la poda de las hojas o la implementación de tratamientos mecánicos constituidos en su mayoría por la remoción de las hojas en la época de verano, cuando una fracción considerable de los carbohidratos almacenados en el rizoma es utilizada para la producción de hojas. Sin embargo, *P. arachnoideum* no exhibe el mismo patrón anual de crecimiento en sitios invadidos del Neotrópico, ya que en esta región la producción de hojas es constante a lo largo del año.

En México, Aguilar Dorantes *et al.* (2014) llevaron a cabo medidas de control experimentalmente, lograron disminuir la cobertura, biomasa de hojas y rizomas de *P. arachnoideum* mediante la poda selectiva y uso de malla sombra. También en México, Douterlungne *et al.* (2013) controlaron a *P. caudatum* mediante la siembra sistemática de *Ochroma piramidale* en zonas invadidas, debido a que *O. piramidale* es un árbol pionero de rápido crecimiento con hojas grandes que impiden el paso de la luz y disminuyen la propagación de los esporofitos. La aplicación de glifosfato en solución de 2% resultó en la reducción de 91% de cobertura del helecho trepador japonés (*Lygodium japonicum*) en el sureste de los Estados Unidos de América (Minogue *et al.*, 2010). El helecho arborescente australiano (*Sphaeropteris cooperi*) fue parcialmente controlado mediante el talado de sus troncos y la aplicación del herbicida garlon en Hawái (Chau *et al.*, 2011).

RIQUEZA DE HELECHOS INVASORES EN MÉXICO

Debido a la gravedad de los efectos negativos en los ecosistemas y a los impactos económicos de los helechos invasores, es necesario conocer las especies que se han comportado como invasoras en el mundo e investigar si existen reportes de su presencia en la república mexicana. Con base en los estudios de Robinson *et al.* (2010), Tejero-Díez y Torres-Díaz (2012), Akomolafe y Rahmad (2018) y Jones *et al.* (2019), y mediante la depuración de los datos del repositorio mundial Global Biodiversity Information Facility (GBIF 2019), se reconocieron 42 especies de helechos invasores terrestres en el mundo que crecen en México (figura 1).

El 74% de esas especies son nativas al continente americano. El patrón de distribución del número de especies en las entidades federativas indicó que la mayor riqueza de helechos terrestres invasores se localizó en el sur del país. Esto es explicable por las características climáticas, ya que la mayoría de las especies prospera en climas tropicales. La entidad federativa con el mayor número de especies invasoras fue Veracruz, con 21 especies nativas y cinco introducidas en el continente americano, seguido por Chiapas y Oaxaca. Esos tres estados comparten de ocho a 14 especies de helechos. Las especies de helechos terrestres invasores con mayor distribución en México son nativas del continente americano, sobresaliendo *Cystopterys fragilis* y *P. aquilinum*, seguidas por *Adiantum capillus, Lygodium ventustum, Pityrogramma calomelanos* y *Nephrolepis biserrata.* Así como *Christella dentata* introducida en América.

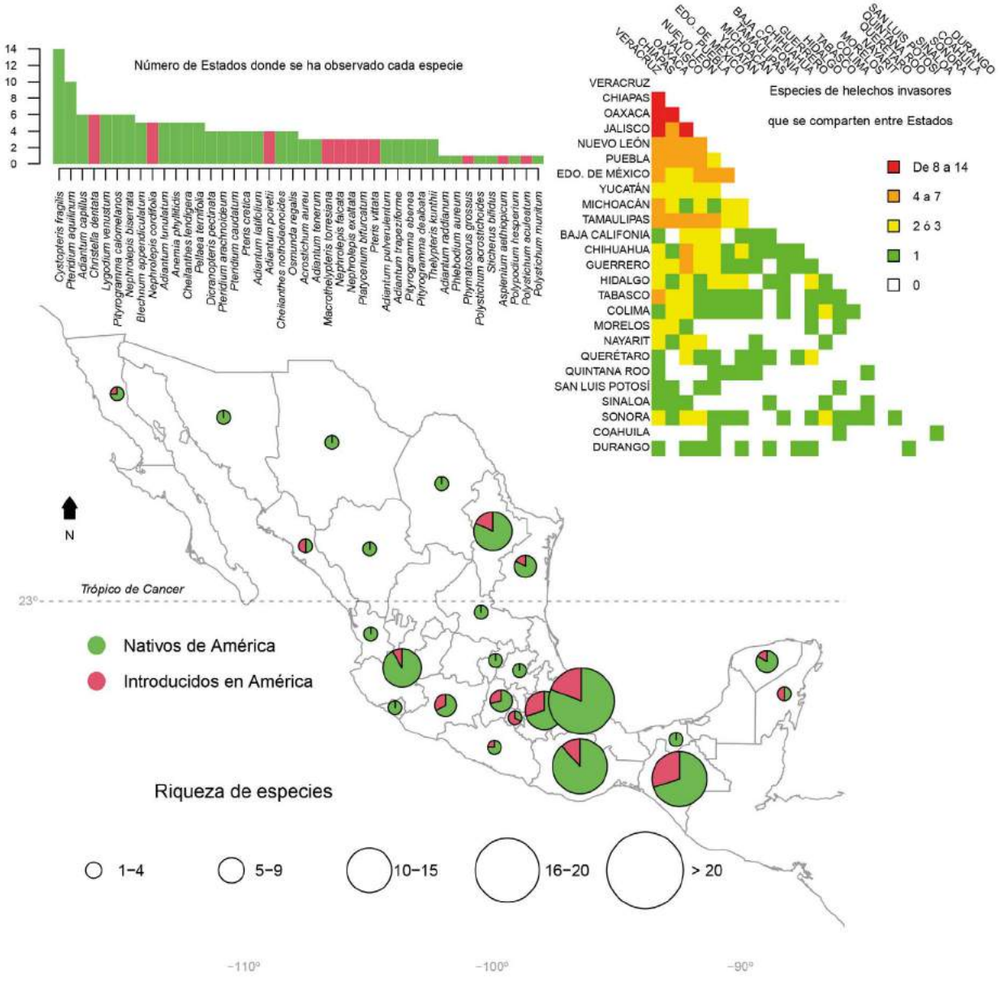


Figura 1. Distribución de especies de helechos con potencial invasor y número de especies compartidas en las entidades federativas de México.

CONCLUSIONES

Los problemas asociados a las invasiones biológicas comúnmente se dimensionan hasta que sus efectos negativos son evidentes. Para evitar lo anterior, es conveniente la detección temprana de las especies con potencial invasor y generar conocimiento biológico sobre ellas, con énfasis en las especies cuya distribución natural no se encuentra en el continente americano, ya que sus poblaciones poseen mayor probabilidad de desatar una invasión biológica (Jones *et al.,* 2019).

Aunque detectamos la presencia de más de cuatro decenas de especies de helechos terrestres invasores, sólo tres especies de *Pteridium* han sido reconocidas como helechos problema en nuestro país. El resto de las especies aquí reveladas con potencial invasor probablemente se encuentra en proceso de naturalización, sobresaliendo *Cystopterys fragilis* por su presencia en diez estados y seis especies en seis estados.

El patrón de distribución de la riqueza de especies indica que existe mayor riesgo por helechos terrestres invasores en el sur, en comparación con el norte del país. Las investigaciones que describan los procesos de germinación de la espora, establecimiento, reproducción y tolerancia al estrés ambiental de los gametofitos y esporofitos y los patrones demográficos e interacciones ecológicas de las poblaciones serán fundamentales para prevenir y controlar las invasiones por helechos en el país.

REFERENCIAS

Aguilar-Dorantes, K., Mehltreter, K., Vibrans, H., *et al.* (2014). Repeated selective cutting controls neotropical bracken (*Pteridium arachnoideum*) and Restores Abandoned Pastures. *Invasive Plant Science and Management.* 7(4):580-589.

Akomolafe, G.F., y Rahmad, Z.B. (2018). A review on global ferns invasions: mechanisms, management and control. *Journal of Research in Forestry, Wildlife and Environment.* 10(3):42-54.

Chau, M.M., Walker, L.R., y Mehltreter, K. (2013). An invasive tree fern alters soil and plant nutrient dynamics in Hawaii. *Biological Invasions.* 15(2):355-370.

Douterlungne, D., Thomas, E., y Levy Tacher, S.I. (2013). Fast-growing pioneer tree stands as a rapid and effective strategy for bracken elimination in the Neotropics, Quentin Paynter (ed.). *Journal of Applied Ecology.* 50(5):1257-1265.

Estrada, J.R., Cardoza, J.F., y Salas, J.S. (2018). Plantas exóticas invasoras presentes en las áreas naturales protegidas (ANP) de México y su impacto en la biodiversidad. *Ciencia UANL.* 21(89).

Marbuah, G., Gren, I.M., y McKie, B. (2014). Economics of harmful invasive species: A review. *Diversity.* 6(3):500-523.

Goolsby, J.A. (2004). Potential distribution of the invasive Old World climbing fern, *Lygodium microphyllum* in North and South America. *Natural Areas Journal.* 24(4):351-353.

Jones, E.J., Kraaij, T., Fritz, H., *et al.* (2019). A global assessment of terrestrial alien ferns (*Polypodiophyta*): species' traits as drivers of naturalisation and invasion. Biological Invasions. 21(3):861-873.

Kessler, M. (2010). Biogeography of ferns. *Fern Ecology.* Cambrige University Press:Cambrige, UK. Pp. 22-60.

Richardson, D.M., y Pyšek, P. (2006). Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility. *Progress in Physical Geography.* 30(3):409-431.

Marbuah, G., Gren, I.M., y McKie, B. (2014). Economics of harmful invasive species: A review. *Diversity.* 6(3):500-523.

Minogue, P.J., Bohn, K.K., Osiecka, A., *et al.* (2010). Japanese Climbing Fern (*Lygodium japonicum*) Management in Florida's Apalachicola Bottomland Hardwood Forests. *Invasive Plant Science and Management.* 3(3):246-252.

Richardson, D.M., y Pyšek, P. (2006). Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility. *Progress in Physical Geography.* 30(3):409-431.

Robinson, R.C., Sheffield, E., y Sharpe, J.M. (2010). Problem ferns: their impact and management. *Fern Ecology.* Cambrige University Press:Cambrige, UK. Pp. 255-322.

Tejero-Díez, D., y Torres-Díaz, A.N. (2012). *Phymatosorus grossus* (*Polypodiaceae*) en México y comentarios sobre otros pteridobiontes no-nativos. *Acta Bot Mex.* 98:111-124.

Valéry, L., Fritz, H., Lefeuvre, J.C., *et al.* (2008). In search of a real definition of the biological invasion phenomenon itself. *Biological Invasions.* 10(8):1345-1351.

Van Kleunen, M., Weber, E., y Fischer, M. (2010). A meta-analysis of trait differences between invasive and non-invasive plant species. *Ecology letters.* 13(2):235-245.

Vilà, M., Espinar, J.L., Hejda, M., *et al.* (2011). Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems: Ecological impacts of invasive alien plants. *Ecology Letters.* 14(7):702-708.

Wolf, P., Rowe, C., Kinosian, S., *et al.* (2019). Worldwide relationships in the fern genus *Pteridium* (bracken) based on nuclear genome markers. *American Journal of Botany.*106(10):1365-1376.

In memoriam

MANUEL TORRES MORALES,

una vida de constancia y pasión por la Biología

MANUEL TORRES BARAJAS*, LOURDES ARCELIA BARAJAS MARTÍNEZ*

Biólogo, maestro en Ciencias, con especialidad en Ecología Acuática y Pesca. Nació en Monterrey, Nuevo León, el 16 de noviembre de 1951, cursó sus estudios profesionales en la Facultad de Ciencias Biológicas (FCB-UANL), donde obtuvo el título de biólogo; posteriormente realizó estudios de maestría en la misma Institución, en la especialidad de Ecología Acuática y Pesca.

Recordaba con mucho agrado el haber iniciado sus estudios en 1968, cuando la Facultad se ubicaba en la calle Matamoros, en el centro de la cuidad, y colaborar en el traslado a Ciudad Universitaria. En 1972, siendo todavía estudiante, fue invitado a participar en el curso de Biología de campo, en el Royal Ontario Museum, University of Toronto, Canadá, impulsado por el maestro Arturo Jiménez Guzmán, con quien había trabajado arduamente en proyectos de investigación sobre transmisión de rabia y encefalitis equina.

Como preparación para su actividad docente, fue invitado por la FCB para tomar el curso Sistematización de la enseñanza, que impartió la Comisión de Nuevos Métodos de Enseñanza de la UNAM, en el Departamento de Planeación y Extensión Universitaria (UANL) en 1974.

Con 49 años de labores como maestro investigador de la FCB, inició su actividad en la UANL, como auxiliar de laboratorio, en 1972, posteriormente, en 1937, se integró a la lista de

*Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: manuel.torresbrj@uanl.edu.mx

docentes de la Facultad de Enfermería y en 1974 forma parte de la planta docente que fundó la Preparatoria Técnica Medica; en 1977, en la Facultad de Ciencias Biológicas ocupa el puesto de maestro por horas, y en 1981 obtiene la categoría de tiempo completo y el nombramiento de maestro ordinario.

De la relación docente con sus alumnos a través de su aceptación como becarios, prestadores de servicio social y voluntarios de 1977, dirigió y asesoró más de 85 tesis de licenciatura en temas como ecología acuática y pesca, toxicología y monitoreo biológico, fauna (anfibios, reptiles, aves, mamíferos) y flora silvestres, ordenamiento ecológico e impacto ambiental.

Formó parte del Comité de Seguimiento de la carrera de Biólogo, participando activamente en la evaluación de la currícula, en la estructuración de los planes de estudio y en el diseño de contenido de materias, cursos y, recientemente, en las unidades de aprendizaje del Plan 400 en la línea disciplinaria de Ciencias Ambientales.

A partir de 1990 fue maestro por horas en la Maestría en Asentamientos Humanos de la Facultad de Arquitectura (UANL), con cursos referentes a impacto ambiental y ordenamiento territorial.

En forma conjunta con su actividad docente, desarrolló actividades administrativas como coordinador de la carrera de Biólogo (1981-1983), secretario de la Subdirección de Investigaciones (1983-1989), subdirector de Servicios Profesionales (1991-1994), jefe del Laboratorio de Ecología Acuática y Pesca desde 1980, jefe del Departamento de Ecología desde 1988 hasta su deceso. Fue líder del Cuerpo Académico de Ecología y Ambiente, alcanzando el nivel de Consolidado y evaluador de proyectos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).

Las líneas de investigación que ocuparon su desarrollo profesional y la prestación de servicios profesionales estuvieron dirigidas a la preservación, protección, aprovechamiento y restauración de cuencas hidrográficas, ecología cuantitativa de población y comunidades, evaluación de impacto y riesgo ambiental, biorremediación y manejo integral de ranchos diversificados.

Impulsó la vinculación y el extensionismo a través de la realización de proyectos de investigación y la prestación de servicios profesionales sobre manejo y administración de los recursos naturales, en particular los recursos pesqueros y de la especie *Micropterus salmoides* a través de convenios con instituciones del gobierno federal, estatal y municipal, como la Administración de Pesquerías (Sepesca), la Dirección General de Pesca y Acuacultura de la Sagarpa del Gobierno de Tamaulipas, la Dirección Municipal de Saltillo, Gobierno de Coahuila, y la Corporación para el Desarrollo Agropecuario de Nuevo León.

Desde 1987 actuó como coordinador de extensionismo para Nuevo León a través de su participación en el Comité Técnico Consultivo para el

Desarrollo de la Pesca Deportiva en el Estado de Nuevo León y de la Comisión Consultiva Técnica del Consejo Consultivo Estatal para la Preservación y Fomento de la Flora y Fauna Silvestres del Estado de Nuevo León, y desde 2006 fue colaborador continuo de Parques y Vida Silvestre de Nuevo León.

En coordinación con el Conacyt y el Fondo Mixto del Gobierno de Nuevo León, realizó los planes de Manejo Socioeconómico, Ambiental y Pesquero de la Presa Rodrigo Gómez y la Presa El Cuchillo-Solidaridad; asimismo, fue responsable de proyectos del Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica (PAICyT) de la Dirección General de Investigación de la UANL, lo que le permitió obtener información de las presas de Nuevo León.

Participó activamente con las direcciones de Ecología de los municipios de Monterrey, Escobedo, Santiago, García, China, Apodaca, en el fomento de la cultura ecológica, logrando el reconocimiento de ANP estatales, como el Parque Lineal Río Santa Catarina, y municipales, como el Parque Urbano "Lago Monterrey" y el Parque Urbano "Ojo de Agua Jardines del Canadá"; también fue asesor de proyectos específicos de calidad ambiental y restauración de ríos urbanos.

Generó más de 50 reportes técnicos por los servicios profesionales realizados a solicitud de la iniciativa privada y de gobierno donde destacan Grupo Vitro, Femsa, Hylsa, Lamosa, Promapi, Galvak, Filosa, entre otras, en las áreas de ecología industrial, acuática, pesquerías, impacto y riesgo ambiental, biorremediación y restauración de hábitats.

Autor de siete artículos publicados en revistas nacionales e internacionales, 91 artículos de divulgación y más de 60 informes técnicos sobre ecología acuática y pesca. Debido a su gran trayectoria como maestro e investigador, fue reconocido con la Presea al Mérito en Investigación "Pro Flora y Fauna Silvestre de Nuevo León" 2010, por el Consejo Consultivo Estatal para la Preservación y Fomento de la Flora y Fauna Silvestre de Nuevo León (CCFFNL) y el Consejo Estatal de Flora y Fauna Silvestre de Nuevo León, A.C. (CEFFSNL).

Desde 1990 obtuvo su inclusión en el Programa de Estímulos Económicos (SEP), posteriormente, de 1995 a 2000, en el Programa de la Carrera Docente para Maestros de Tiempo Completo SEP-UANL, y a partir de 2001 al Programa de Estímulos al Desempeño del Personal Docente para el Fortalecimiento de los Cuerpos Académicos.

En 2001 obtuvo el Reconocimiento a Profesor con Perfil Deseable, Acreditación SESIC de Profesor Universitario de Tiempo Completo, Programa de Mejoramiento del Profesorado; a partir de 2004 participó en el Programa de Permanencia Universitaria, adscrito a la Facultad de Ciencias Biológicas; reconocimientos que mantuvo hasta su fallecimiento.

La constancia en sus actividades docentes, administrativas, de vinculación y extensionismo demuestran su apego a la Facultad de Ciencias Biológicas y su gran pasión por la Biología.

...
Sólo la muerte muere.
No te despidas nunca.
La hoja que el otoño desprende de la rama
conoce los caminos del regreso.
La juventud recuerda su querencia.
La golondrina vuelve del destierro.
No te despidas nunca, porque el mundo
es redondo y perfecto.

El resplandor del ser, **Rosario Castellanos**

La agricultura protegida, ¿*herramienta* para aumentar la producción de alimentos?

Entrevista al maestro

Aurelio Bastida Tapia

MARÍA JOSEFA SANTOS CORRAL*

El maestro Aurelio Bastida Tapia es ingeniero agrónomo, especialista en bosques, por la Universidad Autónoma de Chapingo (UACh), tiene estudios de maestría en Edafología por el Colegio de Posgraduados y doctorado en Mecanización y Estructura de Invernaderos por la Universidad Politécnica de Valencia, España. Trabaja en el Departamento de Preparatoria Agrícola, de la UACh, donde fue director. Fue creador y es profesor de la Licenciatura de Agronomía en Horticultura Protegida de la propia Universidad. Su área de especialización es la construcción, operación y mantenimiento de invernaderos, en la que ha brindado numerosas asesorías, impartido ponencias, elaborado videos y tiene dos libros editados. También fue representante de la UACh en el Grupo de Trabajo Invernaderos, para elaborar la Norma Mexicana DT-NMX-E-255-CNCP-2012 de diseño y construcción.

*Universidad Nacional Autónoma de México.
Contacto: mjsantos@sociales.unam.mx

¿Qué lo lleva a decidirse por la investigación y la formación de estudiantes y agricultores en las áreas que trabaja?

Yo vengo del campo, del Valle de Toluca, mi desarrollo como niño y joven fue en los cultivos, en los bosques, y cuando tuve la posibilidad de seguir estudiando, lo que más me llamaba la atención estaba entre agronomía y geografía. En la zona donde nací no había lugares para estudiar. Terminé la primaria a los 20 años, la secundaria a los 23 y a esa edad solicité ingreso a la preparatoria de Chapingo y a la de la UNAM. Salieron primero los resultados de Chapingo, a donde llegué a estudiar en 1977. Cursar la preparatoria, sobre todo alguien como yo que había viajado poco, me ayudó a desmitificar ciertos temas, empezando por lo que ocurría en mi propio país. Así, entre las 11 carreras que había en la UACh seleccioné la de Bosques, porque me gustaban mucho. Al concluir, salieron convocatorias para ser profesor impartiendo la materia de Sistemas de Producción Forestal y quedé como docente. Ya con esas clases salieron nuevas convocatorias, esta vez para hacerse cargo de los viajes de estudio; también aprobé. Los viajes abrieron mi panorama de estudio, el cual pasó de lo forestal a la agricultura y a los suelos. A ello se sumó que, con el grupo político-académico con el que colaboraba, decidimos adentrarnos en la investigación de lo que se consideraba lo más desarrollado, y quienes sabían nos señalaron que esto era la hidroponía, debido a que con este método se podían producir plantas sólo con agua y con soluciones nutritivas. La hidroponía fue mi puerta de entrada a la agricultura protegida.

Por otro lado, al regresar de una estancia de dos años fuera de la UACh, los compañeros me invitaron a estudiar el tema de los invernaderos, sobre todo los de fuera de Chapingo, que sólo son una especie de laboratorios, y ahí me di cuenta de que éstos son parte del futuro de la humanidad, por la posibilidad que brindan para intensificar la producción. Los invernaderos comerciales se empiezan a desarrollar por ahí de 1970 y 1980, cuando se extienden a la agricultura comercial, antes existían más como hobby, pero el abaratamiento de los plásticos y la introducción de perfiles tubulares los pone al alcance de los productores. El trabajo del equipo en el tema nos llevó a la creación de la carrera interdepartamental de Agronomía en Horticultura Protegida en 2008, con la participación de varios grupos de profesores de distintas carreras de Chapingo.

¿Cómo iniciar un área de investigación nueva en la UACh?

Una de las primeras cosas que hicimos en 1996, cuando los profesores de la preparatoria comenzamos a integrarnos como equipo técnico, fue comenzar a impartir cursos de capacitación a los productores y técnicos, dada la alta demanda de conocimientos en esta nueva área. Había otras instancias en la UACh, como el Departamento de Fitotecnia, que también participaba. Los cursos implicaban mostrar a los productores algo que ya estuviera funcionando. En ese entonces no había muchos invernaderos, ni empresas de agricultura protegida, teníamos que buscarlos casi con lupa.

Esto se superó en 2000, cuando más empresas usaban estas técnicas, que incluso se amplían a otro tipo de estructuras como casas de malla o tejidos de redes, para protección de lluvias torrenciales y plagas. Empieza a desarrollarse el fertirriego, que se hace en el suelo. Además, por estar cerca del mercado de Estados Unidos, hay una fuerte demanda de hortalizas, lo que es un estímulo para el desarrollo de la agricultura comercial. Lo anterior tiene sus bemoles, como el que a pesar de aumentar la producción y los rendimientos hasta cinco o seis veces más que los de la agricultura a cielo abierto, los salarios de los jornaleros no aumentan. Desde el punto de vista agrícola, los invernaderos son herramientas que permiten aumentar la producción, que ya no se puede intensificar a partir del desmonte de nuevos terrenos. Esto se convierte en una alternativa relevante porque las zonas donde podría extenderse la actividad agrícola son muy secas y, aunque existe la tecnología para llevar el agua de zonas más húmedas, ésta es muy cara. La alternativa entonces es aprovechar el espacio vertical, no el horizontal, para intensificar la producción, como los racimos de jitomate.

Para replicar este sistema en plantas como el maíz, tenemos que partir de que éste puede dar varias mazorcas, actualmente hay algunas plantas con dos o tres mazorcas, pero pequeñas, lo que hay que hacer para que crezcan más es darles una buena nutrición y suplementos. Otra forma de aumentar la producción de esta gramínea es poner más plantas en el mismo espacio, para ello hay que cambiar sus características. Por ejemplo, hacerlas más chaparras, para que no se sombreen unas a las otras. La mejora de las plantas también ha ocurrido con los jitomates, los pepinos, los pimientos y las berenjenas que, para cultivarlos en invernadero, se han desarrollado modificaciones para que crezcan hacia arriba y tengan varios niveles y con ello se intensifique la producción. Tenemos que pensar que todas las plantas cultivadas son descendientes de plantas silvestres que fueron modificadas por los distintos grupos humanos. La agricultura protegida tiene mucho que ofrecer, es una buena herramienta para intensificar la producción. La característica de sustentabilidad la adquiere cuando se combina con otros sistemas como los bosques, que pueden subsistir porque gracias a los invernaderos hay menos presión de nuevas tierras para producir alimentos.

¿Cómo y a quienes puede apoyar la agricultura protegida?

La agricultura en México tiene tres grandes niveles y necesitamos hacer políticas enfocadas a atender cada uno de ellos. Por origen los alimentos que se consumen se pueden agrupar en cuatro niveles: los campesinos que sólo producen para ellos y a veces ni les alcanza; luego estaría la agricultura media que produce para el mercado nacional; la empresarial, dirigida a la exportación y, por último, aquellos que producen fuera de México y traen los alimentos al país, alimentos importados.

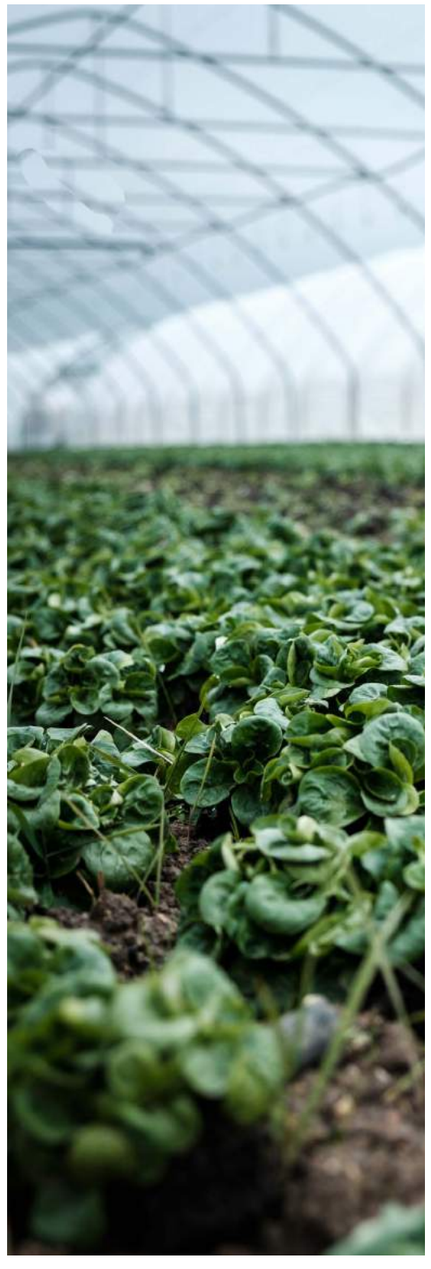
En cuanto a productores, tenemos tres niveles, más de la mitad de ellos, entre 50 y 70%, son de subsistencia, que mayoritariamente no producen lo suficiente para comer y tienen que completar su ingreso participando en otras actividades económicas. En segundo lugar, estarían los agricultores cuya producción abastece los grandes mercados nacionales. Luego los productores dedicados a agricultura de exportación, 80% produce hortalizas. Entonces ¿qué sector tendríamos que apuntalar con las políticas? En principio, habría que apuntalar a los productores de autoconsumo. Un instrumento que podría diseñarse para ellos sería destinar una superficie, por ejemplo, una hectárea, para asegurar la alimentación y otra para producir alimentos para la venta, en estructuras altamente productivas como los invernaderos y con ello obtener ingresos para la familia.

Por otro lado, para alimentar la población nacional urbana están los productores medios, que deberían tener políticas específicas. Lo mismo para los que se dedican a la ex-

portación, que suelen pagar muy malos salarios a pesar de tener muy buenos estándares de producción. Luego están las áreas forestales cuya explotación sustentable comenzó apenas hace 50 años. Entonces, no hay todavía una cultura forestal en el país. Esto es grave porque 80% de los bosques está en comunidades y ejidos retirados con altos índices de marginación y pobreza, que mayoritariamente viven de la agricultura. Sólo 10% vive de la explotación de los recursos forestales.

Para esos lugares tendría que diseñarse una política para desarrollar los bosques de manera integral porque, además, muchos de los bosques mejor conservados son los que están en manos de comunidades tradicionales, entonces algo hay que aprender de ellos. Es una cuestión de justicia el que la agricultura protegida se pueda llevar a estos lugares, siempre pensando en un desarrollo armónico porque ellos tienen ordenamiento territorial para dedicar las tierras a lo que permiten sus características. Tendríamos que rescatar sus habilidades. Se necesita una política encaminada al desarrollo social, partiendo de las necesidades básicas. Considerando las características y necesidades de las poblaciones para que no pasen cosas como que al montar un drenaje se acabe con la vida que hay en los ríos y arroyos.

Para las partes más planas tendrían que ser otras políticas. Para aquéllos que tienen dinero y capital quizá el apoyo tendría que estar en facilitar los trámites de exportación. Se tienen que hacer políticas para cada nivel y tipo de productor. Políticas que incluyan soluciones holísticas y se seccionen por campos de investigación. A Chapingo le corresponde pensar en cómo debe ser la asesoría técnica. Pero las asesorías deben coordinarse e impartirse desde la Secretaría de Agricultura. Esto se vuelve muy importante, sobre todo a partir de los ochenta, cuando desparecieron todas las instituciones de apoyo al campo. Las políticas cobran un nuevo sentido a partir de esta pandemia, cuando revaloramos los productos del campo.



¿Qué tanto los temas de invernaderos, agricultura protegida y sustentable pueden transferirse fuera de la agricultura comercial? ¿Qué retos implica esta transferencia?

Esa fue una de las primeras preguntas que me hice hace 20 años. Sin embargo, encontré que hay comunidades campesinas y comunidades de los grupos originarios que conocieron la agricultura protegida, la adaptaron a sus condiciones y ahora tienen una forma más sustentable de vivir. Por ejemplo, en Michoacán, en la comunidad de San Felipe los Alzati, pasaron de la agricultura de maíz a los invernaderos para producir nochebuenas, sin dejar el maíz. En Zinacantán, Chiapas, el gobierno les llevó los invernaderos y ellos los adaptaron a sus condiciones. En Atlacomulco, los invernaderos se encuentran entre los maizales, y ahí se cultivan plantas ornamentales. El mejor ejemplo de agricultura de la región del Estado de México es el de Villa Guerrero, Coatepec, Harinas y Tenancingo, donde se encuentran invernaderos de todos los niveles, desde los sencillos hasta los más automatizados que producen flores de corte. En Tenango de las Flores y en Atlixco, Puebla, hay agricultura protegida a nivel campesino. En Oaxaca también hay agricultura protegida que funciona con apoyos gubernamentales.

La agricultura protegida a veces no funciona porque demanda mucho tiempo de trabajo y el productor está acostumbrado a trabajar muy poco en su parcela porque así se requiere. En cambio, la agricultura protegida es del diario. Las plantas dependen totalmente del manejo, pero también dependen del mercado. Esto en la medida en que son productos altamente perecederos, por la temporada de venta como las nochebuenas o cempasúchiles, o por la fisiología de la planta: frutillas y flores. El reto para extender este tipo de práctica sería lograr producir los granos básicos para la alimentación.

Durante el proceso de transferencia ¿se aprovechan los conocimientos de los colectivos que reciben estos paquetes?

Lo primero que debemos tener claro los que brindamos asistencia técnica es que debemos partir de las necesidades y de los conocimientos de los productores. Si nosotros queremos que el productor se involucre debemos

considerarlo, empezando por respetar y aprovechar sus conocimientos. De tal manera que debemos adaptar la tecnología a las condiciones técnicas, socioeconómicas y ambientales de los productores. Pero equivocadamente, lo que se ha hecho es adaptar la realidad a la herramienta. Se debe partir de lo que saben los productores, algunos de sus conocimientos son empíricos y técnicamente aprovechables y otros forman parte de su cosmovisión. Un ejemplo de los primeros serían las condiciones microclimáticas de una región donde los conocimientos de los productores son muy importantes, y se tienen que considerar antes de montar el invernadero o la infraestructura de protección, que debe estar muy bien adaptada al clima.

Por su parte, las prácticas culturales ayudan a conocer, por ejemplo, cuándo los pobladores no trabajan porque es fiesta y no se puede contar con ellos. Por otro lado, los productos deben estar orientados al mercado de la zona. Es fundamental conocer lo que piensa la gente y lo que piensan las mujeres, que dan el último visto bueno a los alimentos en su cocina. No se trata sólo de producir, sino también de vender, y para ello hay que estar al tanto de lo que se requiere en la región. En el campo de México casi no se consumen hortalizas y eso es parte de lo que tendríamos que saber para satisfacer el mercado regional.

¿Cuál sería a su juicio el reto más importante para hacer vinculación? ¿Qué problemas supone?

El llegar a una comunidad presenta ventajas y desventajas. Lo que hay que tener presente es que, aunque la gente de lugares remotos es buena, en algunas zonas ya desconfían de los fuereños, pues prometen mucho y a veces sólo buscan el voto para algún partido. Se ofrecen pocas soluciones y las cosas que se prometen, como semillas o fertilizantes, muchas veces no llegan a tiempo. Se tiene que respetar los puntos de vista de las personas con las que se trabaja. El técnico tendría que explicar sus intenciones y llevar como consigna que no se debe excluir a nadie, ni difundir cuestiones políticas o ideológicas que, eventualmente, pueden dividir a las comunidades y volverlas vulnerables. No se debe tejer las asesorías con el compromiso político.

¿Cómo considera que será el futuro de la producción de alimentos?

Ese tema es uno de los que más me apasiona, lo ubico en el límite entre la ciencia ficción y la realidad. Con la pandemia quedó claro que muchos de los valores que se tenían quedaron en entredicho. Por ejemplo, antes lo más importante eran los equipos o jugadores de futbol, y ahora los relevantes son los médicos, las enfermeras y el sistema de salud, sin los cuales no podemos vivir. También nos dimos cuenta de que se requieren alimentos, lo que llevó a algunos emprendedores a desarrollar agricultura urbana, creando algo que llaman fábrica de alimentos o granjas verticales, aprovechando edificios para producir con luz led y soluciones nutritivas. Esto es, además, parte de lo que seguirá ocurriendo.

Por otro lado, la huella de carbono, derivada del traslado de los alimentos, puede disminuir sustantivamente con la producción agrícola en lugares cercanos. Lo que puede alterar todo el equilibrio es el crecimiento de la población. Los ambientalistas dicen que si todos tuviéramos el estilo de vida de los estadounidenses, no alcanzarían los recursos del planeta para mantener a la población. Se dice que si los recursos se manejan bajo esquemas bien planificados y no hubiera desperdicio de alimentos, éstos apenas alcanzarían para abastecer la población actual.

Por ello se piensa en un mayor desarrollo de la agricultura vertical en las ciudades y en posibles cultivos en lugares como los mares. Para solucionar el problema también hay que tener ordenamiento, cultivar lo que la tierra permite. Los países más desarrollados están pensando en que la humanidad se vaya a otros planetas, producción agrícola en otros lugares con atmósferas distintas, para lo que se requiere infraestructura muy compleja y muchas especificidades, cuestiones que estarían a cargo de algunos genios. Mientras eso ocurre, en este momento, la agricultura protegida apunta a la solución.

¿Qué le ha dado la UACh al maestro Bastida, y usted qué piensa que le ha dado a la UACh?

A mí la UACh me ha dado todo. Sin el sistema de becas de la Universidad no hubiera tenido posibilidad de estudiar. La mamá de mis hijos es también de Chapingo. Mis tres hijos son egresados de la UACh, las dos menores de la Licenciatura de Horticultura Protegida que formamos, el mayor de Ingeniería Mecánica; los tres han tenido carreras profesionales muy exitosas. Yo me considero exitoso porque hago lo que me gusta, dar clases e investigar sobre las cosas. Adentrarme en el estudio de la agricultura protegida y regresar a lo forestal me da una visión más acabada y eso ha sido gracias a Chapingo.

Yo a Chapingo le he dado alrededor de 35 años. Cuando empecé como docente llegué a tener hasta 15 grupos en los distintos cursos que impartía. La agricultura protegida Chapingo ha avanzado mucho y yo he sido parte de esos profesores que presentamos alternativas, impartimos diplomados y cursos mediante un acuerdo con la Secretaría de Agricultura, que nos permitió capacitar gente en todo el país, que ya trabajaba en agricultura protegida, para que hubiera menos fracasos. Quizá me ha faltado impulsar a los profesores a que escriban su experiencia. Yo me he dedicado a documentar de manera general lo que ocurre en agricultura protegida en alrededor de 20 estados de la república. Aunque ya puedo jubilarme, mientras pueda subir y bajar los cerros, quizá detrás de mis alumnos, pero no muy lejos de ellos, seguiré dando clases.

Muchas gracias, maestro Bastida, por narrarme su experiencia en la transferencia de conocimientos sobre agricultura protegida.

EL DEVELAMIENTO DE LA MADRE TIERRA

PEDRO CÉSAR CANTÚ MARTÍNEZ*

Hoy en día, ante los acontecimientos ambientales que estamos padeciendo, debemos tomar conciencia –interpretada ésta como el apropiamiento de un conocimiento y el cambio de una actitud– ante nuestro planeta que desde tiempos muy lejanos ha sido sujeto de veneración y manifestaciones ceremoniales (Valencia, 1999). El modelo imperante ideológico de orden occidental ha intentado, desde las épocas colonialistas –hasta la actualidad–, hacer prevalecer en nosotros una identidad que dista mucho de la precepción que poseían y ostentan aún los pueblos originarios de América.

En este contexto –destaca en el presente–, se ha buscado invariablemente desestimar esta conciencia social de los pueblos originarios, a tal punto que se produce en muchos ámbitos de nuestra sociedad posmoderna un desprecio, discriminación y exclusión de tan valioso aporte social, cultural y ambiental, el cual se ha tratado con una visión de decadencia y anticuado (Cantú-Martínez, 2020). En tanto, lo que hemos apreciado es que mucho del conocimiento científico actual ha sido confiscado del pensamiento y posturas de los pueblos indígenas, en muchas ocasiones cosificándolo y tratándolo como un objeto de escudriñamiento para reinterpretarlo y generar con ello una falsa y empedernida soberbia tanto social como tecnocientífica.

En este sentido, González (2004:54) comenta indulgentemente la expresión de Hernán Cortés –al estar en tierras mesoamericanas– quien refería: "Yo he venido aquí a coger oro y no a labrar el suelo como un campesino". Donde el mayor tesoro que Cortés obtuvo –inclusive mayor al propio oro– fue el conocimiento y la cosmovisión que los pueblos originales poseían.

* Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: cantup@hotmail.com

Conocimiento que después fue turnado a la Iglesia –compuesta por personas ambiciosas y sin escrúpulos– para apropiarse de la sabiduría indígena y comenzar una esclavitud no de orden físico sino mental, al desposeer de todas sus creencias, percepciones y constructos holísticos de su realidad a los indígenas, malversando esto al señalar que todo lo que ellos sabían era quimérico, mientras ellos se apoderaban de este conocimiento veraz sin reservas y conferían la trasmisión de otra utopía en la cual sólo ellos poseían la comprensión del mundo mediante un monoteísmo teocéntrico de carácter dominante y de consigna, el cual Durán (2016:133) describe de forma muy clara: "La violencia de la conquista, las enfermedades y la contundencia del celo evangelizador habían acabado con cualquier vestigio de las antiguas costumbres indígenas".

Por otra parte, si la comunidad indígena se oponía, aseveraban que morirías, no física, sino espiritualmente, aspecto que los indígenas consideraban sumamente relevante –no por este monoteísmo teocéntrico embaucador–, sino por lo que para ellos seguía significando –en espacio y tiempo– la relación de poder retornar lánguidamente con la Madre Tierra.

Por lo antes expuesto, en el presente manuscrito abordaremos la devoción a la Madre Tierra, como el surgimiento de esta estrecha relación que poseían los pueblos originales y los valores que esto concernía, y se constituían en el lazo con el cual se mantenían en armonía con la naturaleza. Finalmente abordaremos algunas consideraciones a manera de conclusión.

DEVOCIÓN Y RESPETO A LA MADRE TIERRA

Entre los pueblos mesoamericanos han subsistido distintas formas de relacionarse con la Madre Tierra, en estas relaciones se percibe siempre el mundo de una manera interdependiente, complementaria y holística. La cultura maya exterioriza esto de manera sucinta al indicar lo que representa la Madre Tierra –Akna– para ellos:

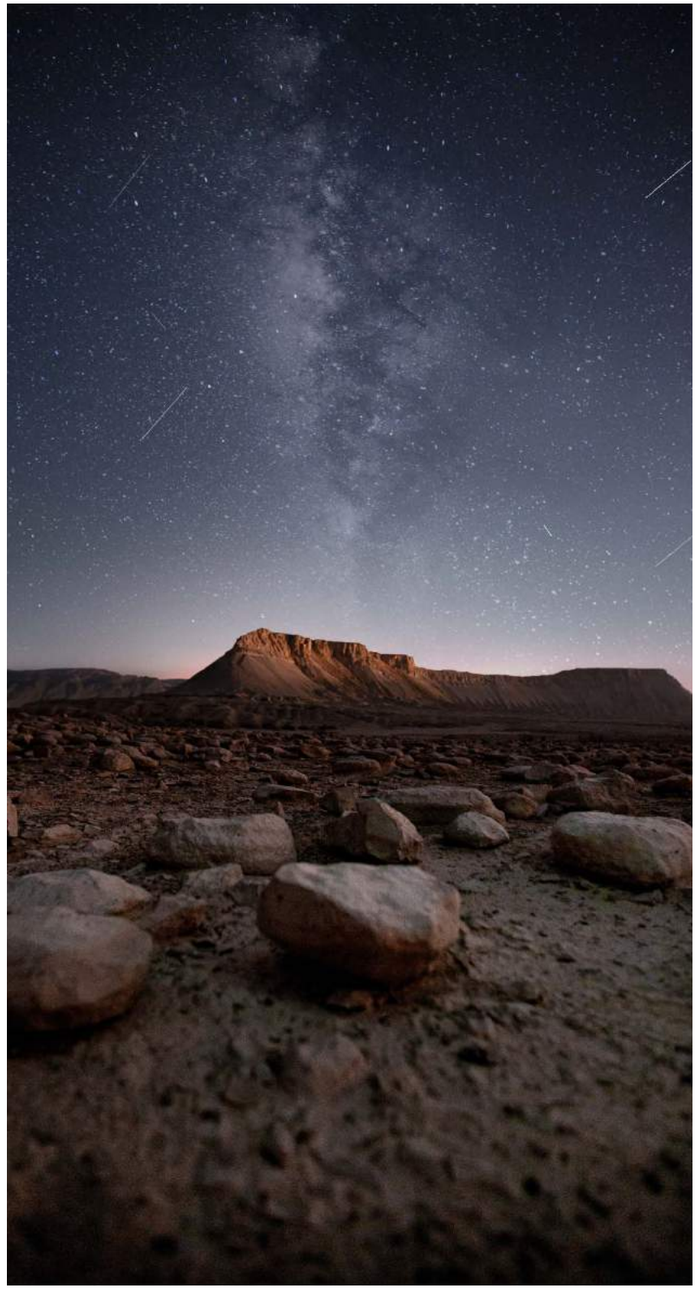
Nosotros, el Pueblo Maya, con nuestra cosmogónica manera de percibir, de ser y de vivir, somos milenarias hermanas y milenarios hermanos de las flores, de los pinos, de las aves, de los reptiles, de las codornices y de toda la diminuta e inmensa flora y fauna que la Madre Tierra ha dado a luz en su millonaria existencia, como fruto, a su vez, de la incesante vibración de la totalidad del Cosmos (Cochoy, Yac, Yaxón Tzapinel, *et al*, 2006:17).

En tanto, el pueblo aymara –cultura precolombina–, estudiado desde su relación con la civilización incaica, como comenta Valencia (1999:26), contenía una profunda dependencia con la Madre Tierra –Abya Yala– al señalar:

De ahí que su cosmovisión tenga sus fundamentos en la experiencia del universo como una totalidad orgánica, donde todos los componentes están en relación mutua y en armonía, donde nada es aislado. Allí el dar y el recibir –característica fundamental de la reciprocidad aymara– se extiende más allá de las relaciones humanas, alcanzando todos los elementos del universo: el hombre, la tierra, los animales y toda la naturaleza. Por ello, mantener el equilibrio, dentro y entre los grandes y pequeños componentes de su universo, es fundamental.

Mientras la cultura mapuche precisa que la Madre Tierra –Ñuque Mapu– les proporciona una identidad como pueblo, y este "principio cosmológico se organiza en la Ñuque Mapu en su dimensión espacial, temporal, cultural e histórica" (Gavilán, 2012:23); observándose así ellos como descendencia de la madre naturaleza, la cual les otorga un contexto social, espacial y temporal en la que se relacionan estrechamente con la Madre Tierra, y les confiere adicionalmente una civilidad, tradiciones y una conexión de carácter identitario que distingue a su comunidad.

Por lo que respecta a la cultura quechua, su posición frente a la Madre Tierra –Pachamama– es altamente vinculante –como comenta Las Heras (2017, p. 64), al reconocerla como "la Santa Tierra, la madre de todos y de todo. Pachamama es siempre un ser femenino; es una deidad buena y benevolente; de ella ha nacido todo: hombres, animales y plantas; ella protege todo y especialmente a los hombres"; Di Salvia, 2013:107–; comenta, además, que esta configuración femenina se debía "a la visión que se tenía de este numen como entidad dispensadora de los productos alimenticios y, por tanto, sustentadora de todo ser viviente, de manera análoga a como lo haría toda madre con sus hijos". Esto es, la admiración conferida a la Pachamama no sólo se manifestaba en actos ceremoniales otorgando dádivas, sino que en su compleja cosmovisión mostraba la adoración a todo el entorno natural.



LOS VALORES DE LA MADRE TIERRA

En su vital vínculo con la Madre Tierra, los pueblos originarios ostentan explicaciones sumamente importantes –que expresan una sabiduría milenaria– sobre los acontecimientos y dinámicas que yacen en su entorno natural, que de acuerdo con Acuña *et al.* (2015:128), es emanado de que la Madre Tierra se les muestra como "un libro abierto, el cual encierra en sus páginas los secretos que son necesarios conocer para tener una convivencia armónica con ella".

Lo anterior puede quedar ejemplificado en la carta que el jefe Seattle mandó al entonces presidente de Estados Unidos, Franklin Pierce, en 1855, tras recibir la misiva de que el gobierno de Pierce deseaba comprarle los territorios que hoy en día constituyen Washington. En esta comunicación, el jefe Seattle le hacía ver cómo la cultura de su pueblo –Suwamish– se relacionaba y valoraba el entorno natural, al respecto suscribimos los párrafos 4 y 5 de este portentoso documento:

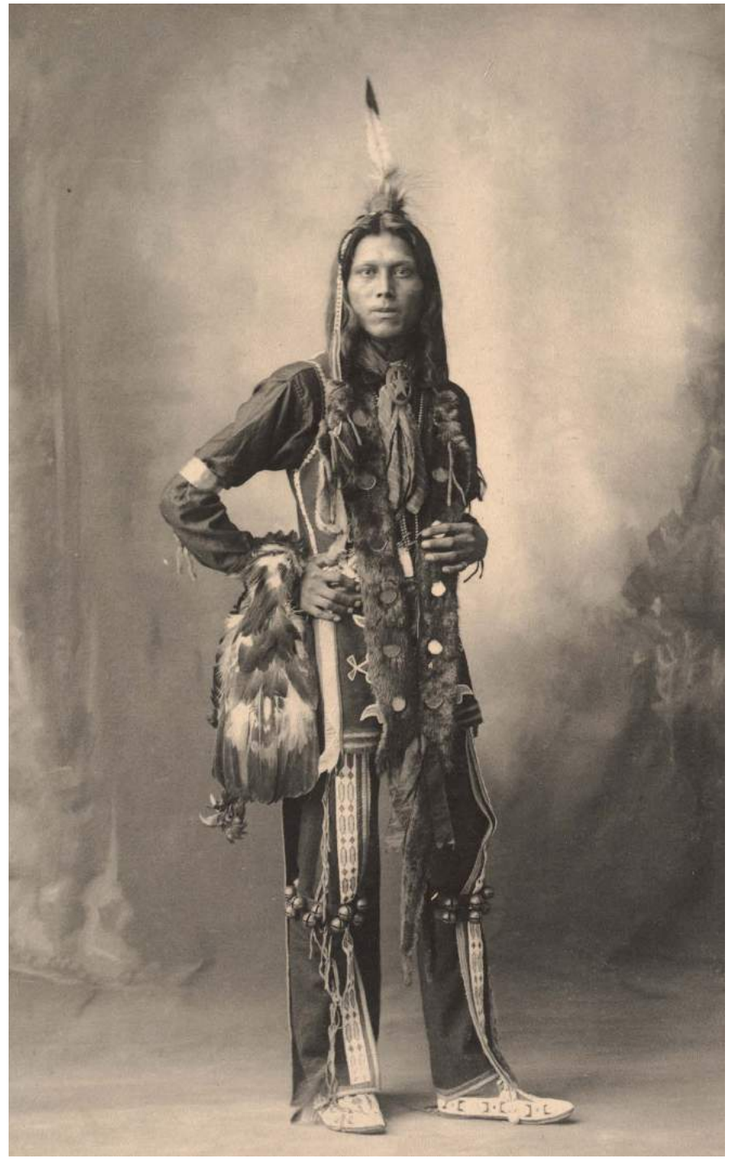
Cada pedazo de esta tierra es sagrado para mi pueblo. Cada rama brillante de un pino, cada puñado de arena de las playas, la penumbra de la densa selva, cada rayo de luz y el zumbar de los insectos son sagrados en la memoria y vida de mi pueblo. La savia que recorre el cuerpo de los árboles lleva consigo la historia del piel roja.

Los muertos del hombre blanco olvidan su tierra de origen cuando van a caminar entre las estrellas. Nuestros muertos jamás se olvidan de esta bella tierra, pues ella es la madre del hombre piel roja. Somos parte de la tierra y ella es parte de nosotros. Las flores perfumadas son nuestras hermanas; el ciervo, el caballo, el gran águila, son nuestros hermanos. Los picos rocosos, los surcos húmedos de las campiñas, el calor del cuerpo del potro y el hombre, todos pertenecen a la misma familia.

Con lo antes mencionado, al hacer una reflexión, podemos observar que en la actualidad nuestra sociedad moderna y postmoderna es el último eslabón de una cadena social que se ha desvinculado de la Madre Tierra, en este tenor, Ralph W. Emerson (1904:10), filósofo y escritor, en su obra denominada *Naturaleza seguido de varios discursos*, hace mención a lo siguiente:

La Naturaleza, cuando sirve al hombre, no es sólo el material, sino el proceso y el resultado. Todas las partes trabajan incesantemente, unas en unión de otras, para el provecho del hombre. El viento siembra la semilla; el sol evapora el mar; el viento arrastra el vapor al campo; el hielo, por un extremo del planeta, condensa la lluvia en el extremo opuesto; la lluvia nutre a la planta; la planta nutre al animal; y así las interminables circulaciones de la Divina Caridad alimentan al hombre.

En cambio, nosotros nos hemos alejado de la Madre Tierra, ya que no comprendemos su lenguaje y formas de expresión que surgen del trinar de las aves, del aullido de los lobos, del rugido de los leones, del sonido relajante de un río, de los sonidos silbantes del viento, del crujir de las hojas de un ár-



bol cuando el viento sopla, del cambio de las estaciones del año, entre otras manifestaciones.

En contraste, todos los seres y componentes de la naturaleza nos rehúyen con temor, producto de que nuestra sociedad moderna y posmoderna liquida la fauna y derriba la flora silvestre sin ninguna consideración. Si cavilamos, esta postura occidental obedece a los acontecimientos que se suscitaron en los siglos XVI y XVII, temporalidad en la que tuvo su génesis la denominada Revolución científica, cuya característica que descuella es que muchos de los académicos y científicos de ese lapso asumieron el posicionamiento judeocristiano de tratar a la Madre Tierra como un objeto a disposición del ser humano, donde la Iglesia católica tuvo mucha responsabilidad (Mestre, 2011).

Así cabría preguntarnos ¿quiénes son los salvajes e irracionales? ¿Qué sensación nos deja el haber perdido la identidad, la pertinencia y la espiritualidad frente a la Madre Tierra? ¿Qué opinión merece la injerencia de los sistemas religiosos a lo largo de la historia, los cuales han hecho alarde por desvalorizar el conocimiento y la vinculación de los pueblos originaros con la Madre Tierra?

CONSIDERACIONES FINALES

Al adentrarnos en los contextos identitarios en los que se centraban los pueblos originales de América, podemos entrever los códigos, el simbolismo y las pautas de orden cultural respecto a sus identidades y con ello podemos apreciar un antes y un después de la irrupción de la cultura occidental que conllevó el exterminio de las miradas historiográficas en derredor de la Madre Tierra. Ya que con esta actuación la cultura occidental ha establecido una forma de relacionarse con la Madre Tierra, en la que la huella radica prácticamente en una reducción y desplazamiento de los saberes de los pueblos subyugados.

Esta incursión cultural de orden occidental desestima las cosmovisiones de las distintas culturas mesoamericanas con respecto a la Madre Tierra, al punto que cuando hoy nos referimos a ellas desde un contexto cultural o social, las hemos desautorizado llamándolas ritos, supersticiones, cultos, costumbres, entre otros rubros nominales. En cambio, todos los posicionamientos occidentales que emergen por las posturas culturales, han sido denominados por ellos mismos como filosofías de vida, las cuales han tratado de extender hegemónicamente ignorando los principios, valores e ideas que rigieron y aún reinan en los descendientes de los pueblos originales de Mesoamérica, y que supeditan una cosmología de vida y una expresión de ideas como actitudes simétricas frente a la Madre Tierra.

Referencias

Acuña, I.T., Moncayo, F.H.O., Chávez, F.A.M., *et al.* (2015). De la conservación del suelo al cuidado de la tierra: una propuesta ético-afectiva del uso del suelo. *Ambiente & Sociedade.* 18(3):121-136.

Cantú-Martínez, P.C. (2020). *Escenarios de los pueblos indígenas frente al cambio climático.* México:Universidad Autónoma de Nuevo León.

Cochoy, M.F., Yac, P.C., Yaxón, I., *et al.* (2006). *Raxalaj Mayab' K'aslemalil. Cosmovisión maya, plenitud de la vida.* Guatemala:PNUD Guatemala.

Di Salvia, D. (2013). La Pachamama en la época incaica y posincaica: una visión andina a partir de las crónicas peruanas coloniales (siglos XVI y XVII). *Revista Española de Antropología Americana.* 43(1):89-110.

Durán, N. (2016). La evangelización de Mesoamérica en el siglo XVI: una aproximación crítica. *Historia y Grafía.* 24(47):115-143.

Emerson, R.W. (1904). *La naturaleza. Seguido de varios ensayos.* Madrid:La España Moderna.

Gavilán, V.M. (2012). *El pensamiento en espiral. El paradigma de los pueblos indígenas.* Santiago:Ñuke Mapuförlaget.

González, S. (2004). Mirando a la Pachamama: globalización y territorio en el Tarapacá andino. *Revista de Geografía Norte Grande.* 31:53-62.

Las Heras, A. (2017). Descripción y análisis de los rituales actuales a la Pachamama realizadas por el pueblo quechua. *Revista Borromeo.* 8:62-70.

Mestre, A.C. (2011). *El culto a la Madre Tierra: mujer, naturaleza y espiritualidad.* (Tesis de Licenciatura). Gandía, España:Universidad Politécnica de Valencia.

Seattle, J. (1855). *Carta del jefe Seattle al presidente de los Estados Unidos.* Disponible en: https://tinyurl.com/y4kw6wcq

Valencia, N. (1999). *La Pachamama: revelación del dios creador.* Quito:Ediciones Abya-Yala.

En mi ciudad, cada que llueve las calles se llenan de dos cosas: de agua y de la basura que tapa el drenaje. La primera se acumula a causa de la segunda, porque son demasiados los desechos que simplemente botamos en la calle en lugar de depositarlos en el lugar destinado para ellos. Es precisamente esto, los compuestos contaminantes que acaban llegando al medioambiente, los que han generado preocupación en los últimos años. De hecho, la Unión Europea tomó medidas en 2018, cuando estableció que algunos de estos contaminantes registrados en las aguas dulces debían ser seguidos de cerca.

Esta recomendación, unida a la evidencia creciente de la presencia de microplásticos en la mayoría de los ecosistemas del planeta, llevó a investigadores de la universidadades de Alcalá (UAH) y la Autónoma de Madrid (UAM), ambas en España, a estudiar los efectos que podrían estar causando los microplásticos y los antibióticos.

¿Los antibióticos? Sí, así como se lee, los resultados, publicados en la revista *Chemosphere*, señalan que los antibióticos estudiados (azitromicina y claritromicina) pueden adherirse a distintos tipos de microplásticos, especialmente a los de poliestireno, y luego liberarse parcialmente.

Esto implica que los microplásticos que se encuentran en ambientes con altas concentraciones de antibióticos, como las depuradoras, podrían llevar adheridos estos medicamentos que luego se liberarían en sus lugares de destino. Por tanto, pudieran transportar sustancias desconocidas a lugares donde antes no llegaban. Éstas podrían tener efectos sobre los organismos que habitan estos lugares, especialmente sobre los productores primarios.

Según los autores, "esta publicación trata de abrir la puerta a futuras investigaciones sobre el papel de los microplásticos como transportadores de antibióticos entre distintos ecosistemas. Más investigaciones son necesarias para saber si más allá del laboratorio, en el medioambiente, lo que hemos observado, está ya ocurriendo" (fuente: UAM).

Por eso también se recomienda depositar los medicamentos caducados en contenedores y lugares especiales, pues de lo contrario estaremos dañando tanto la flora como la fauna de muchos ecosistemas. Entre los más afectados podemos encontrar a los peces, pues contaminamos su elemento de vida esencial. Y hablando de peces, sabías que no todos los ejemplares de una misma especie son idénticos: a menudo existe una variabilidad muy marcada dentro de una misma población e incluso esas diferencias morfológicas se traducen en un comportamiento distinto.

Un nuevo estudio de la Universidad de Barcelona (UB), demuestra que no sólo la contaminación, también la pesca excesiva altera el reparto de recursos y, por lo tanto, la conducta de dos tipologías de una misma especie de pez, en particular el *Labrus bergylta*. Estos resultados, publicados en la revista *Marine Ecology Progress Series*, ponen de manifiesto que la pesca dificulta la comprensión de cómo han evolucionado las características de las especies en los ecosistemas explotados, ya que influye en cómo actúan y se alimentan los animales. Además, los resultados ratifican la importancia de las reservas marinas para poder entender el comportamiento originario de éstos antes de la intervención humana.

La existencia de formas distintas de una misma especie, llamadas morfotipos, es frecuente en los animales vertebrados y depende en gran medida de la abundancia de las presas disponibles durante los primeros años de vida, así como de la competencia con otros congéneres. Para averiguar si dos morfotipos de una misma especie difieren en el uso de los recursos y si esta diversidad se ve afectada por la pesca, el equipo de la UB puso en marcha un estudio sobre el *Labrus bergylta*, pez del orden de los Perciformes y la familia de los lábridos, muy común en las costas del norte de la península ibérica y en las costas atlánticas de Europa.

Los investigadores compararon los patrones de uso del medio y la alimentación de dos morfotipos de este pez, uno liso y otro con manchas, en dos hábitats diferentes: en las islas Cíes (Vigo), un área marina protegida donde no se permite la pesca recreativa, y en zonas contiguas abiertas a la pesca. Los resultados muestran que los dos morfotipos difieren de forma consistente en su uso del hábitat tanto dentro como fuera de la reserva marina, pero que sólo en la reserva marina difieren también en su alimentación. Según los científicos, esto se debería a que la pesca, al reducir el tamaño de la población, reduce la competencia intraespecífica.

Estas conclusiones demuestran la importancia de los espacios protegidos para llegar a entender el comportamiento de las especies marinas. La comparación de la biología de las especies en el interior y el exterior de las reservas marinas y otros espacios protegidos permite entender los cambios en la biología de las especies explotadas, que de otro modo no serían evidentes.

Ante esta situación, los autores señalan la importancia de analizar cómo estos cambios se trasladan al resto de la red trófica y ver si pasa lo mismo con otras especies en otras regiones. Esto es particularmente relevante para el océano Atlántico norte, donde un siglo de intensa explotación humana ha diezmado las poblaciones de la mayoría de las especies marinas de vida larga (fuente: UB).

Pero no sólo los peces, el agua misma se ve afectada por la intervención humana y el aumento constante de la contaminación, y ésta, por desgracia, está llegando a nuestro organismo. Según los especialistas, la mayoría de los estudios sobre la capacidad de las micropartículas de plástico para infiltrarse en los tejidos vivos se han realizado con partículas de plástico puras e impolutas, que no representan fielmente a las esparcidas por la atmósfera.

Para investigar cómo la exposición al medioambiente afecta la facilidad con que las micropartículas de plástico pueden ser asimiladas por las células, un equipo de la Universidad de Bayreuth, en Alemania, incubó partículas plásticas esféricas en agua estéril y ultrapura, dulce de un estanque artificial y salada de un acuario durante periodos de entre dos y cuatro semanas.

Luego las expusieron a células de ratón en las cuales la actina había sido marcada con fluorescencia. La actina es una parte del citoesqueleto que participa en la asimilación de partículas. Esa exposición duró en total unas tres horas.

Los encargados del estudio observaron que las micropartículas de plástico expuestas al ambiente de agua dulce y salada tenían unas diez veces más probabilidades que las partículas impolutas de ser absorbidas por las células de los ratones, debido a una corteza de microorganismos y biomoléculas que se forma en la superficie de las partículas. Los análisis indican que esta corteza actúa como un "caballo de Troya" biomolecular, llevando a las membranas celulares a engullir los fragmentos de plástico y transportarlos al interior de la célula. Desde allí, las partículas pueden infiltrarse en el sistema circulatorio y en los tejidos de un organismo, desencadenando inflamaciones.

Los resultados de esta investigación sugieren que las micropartículas de plástico desgastado y sucio, como el acumulado en la famosa Gran Mancha de Basura del Pacífico, pueden suponer un riesgo mucho mayor para la salud de los organismos que las partículas de plástico prístinas (fuente: NCYT de Amazings).

Como resultado de todo eso que durante años hemos arrojado al ahí "se va", el mundo se está calentando, y la vida tiene que adaptarse a nuevas condiciones, como ya lo hizo en otras ocasiones de la historia de la Tierra. La pregunta es: ¿podrán las especies evolucionar lo bastante rápido para adaptarse a las nuevas temperaturas que imponga el calentamiento global? ¿O, por el contrario, la carrera la ganará el calentamiento global? Una investigación reciente, centrada en una especie de pez como ejemplo, aporta respuestas a estas preguntas.

Los autores, de la Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología y la Universidad de Glasgow, en el Reino Unido, han dedicado cuatro años a estudiar cómo una especie de pez tropical llamado pez cebra (*Danio rerio*) se adapta a un clima más cálido,

especialmente en lo que respecta a los periodos de calor extremo.

El grupo de investigación utilizó para sus experimentos peces cebra que fueron capturados en estado salvaje. Los peces fueron criados de manera deliberadamente selectiva, con arreglo a su capacidad para soportar los periodos de calor más extremos. Los investigadores hicieron un seguimiento a unos 20,000 individuos a lo largo de seis generaciones; al final constataron que el pez cebra puede desarrollar tolerancia al calor, y ya han generado líneas de peces cebra que pueden soportar mejor el calor que sus antepasados.

El problema es que la evolución tarda muchas generaciones en hacer su trabajo. En el periodo investigado, la evolución sólo aumentó la tolerancia al calor en el pez en 0.04°C por generación. Esto es más lento que el calentamiento ambiental experimentado por muchos peces en muchos lugares.

En otras palabras, si el calentamiento global continúa, muchas especies tendrán problemas cada vez más graves para seguir existiendo. En tales casos, el calentamiento global le ganará la carrera a la evolución de las especies (fuente: NCYT de Amazings).

Otros afectados por el cambio climático, la sobrepesca, la contaminación y las enfermedades son los arrecifes de coral, que se enfrentan hoy en día a un fuerte declive. Esto está propiciando que los corales sean desplazados por algas. Una vez que éstas invaden los arrecifes coralinos, es muy difícil revertir la situación y las consecuencias negativas que se generan.

Sin embargo, una investigación reciente ofrece un rayo de esperanza: hay cangrejos capaces de acabar con el dominio de las algas y devolver al arrecife coralino a su situación anterior. Especialistas de la Universidad Internacional de Florida, en Estados Unidos, han comprobado en unos experimentos que aumentar la población de ciertos cangrejos herbívoros de gran tamaño en los arrecifes de coral de los Cayos de Florida, provocó una rápida disminución de la cubierta de algas y, en el transcurso de un año más o menos, dio lugar al retorno de pequeños corales y peces a esos arrecifes. ¡Esto abre una nueva vía para la restauración de los arrecifes de coral!

La familiaridad del equipo de estudio con el lugar ayudó a reconocer el poco aprecio del papel que en la dinámica de los arrecifes de coral tiene un cangrejo escasamente conocido y de hábitos mayormente nocturnos: el cangrejo rey del Caribe. Este crustáceo come una cantidad impresionante de algas marinas a un ritmo que rivaliza con el de todas las demás especies de peces e invertebrados del Caribe; incluso come algas que otras especies evitan.

Pero hay un problema: los cangrejos rey del Caribe no están presentes de manera natural en cantidades suficientes para mantener a raya las algas. Los autores del estudio se preguntaron: ¿qué pasaría si fuera posible aumentar su cantidad?, ¿podría una población numerosa de estos cangrejos restablecer el equilibrio en el arrecife?

Los especialistas pusieron la idea a prueba por primera vez en 2014-2015, dentro de un arrecife de coral. Al principio, 85% del arrecife estaba cubierto de algas y eso no cambió un año después dejando la zona abandonada a su suerte. La adición de cangrejos hizo mella en las algas, dejándolas con una cobertura inferior a 50%. Y, en el tratamiento final en el que a los arrecifes se les arrancó primero la cubierta de algas, la cobertura de estas disminuyó alrededor de 80%. La operación de arrancar algas por sí solas también redujo la cobertura, pero el efecto era sólo a corto plazo, a menos que también se introdujeran cangrejos.

La repetición de este conjunto de experimentos mostró resultados igualmente impresionantes. Los cangrejos por sí solos redujeron la cubierta de algas 50%. Al arrancar algas primero, la cobertura de éstas sobre el arrecife coralino disminuyó 70% (fuente: NCYT de Amazings).

Hemos estado hablando de aguas y especies contaminadas, pero qué hay de los métodos para limpiar esas aguas. Pues bien, científicos del departamento de Ecología de la Universidad de Granada (UGR), en España, han diseñado y demostrado una nueva técnica para mejorar la calidad de las aguas residuales tratadas mediante el uso de partículas magnéticas que consiguen reducir la concentración de fósforo en el medio acuático y ser recuperado como fertilizante, un trabajo con el que se pretende reducir el impacto antrópico sobre el medioambiente. Los resultados han sido publicados en la revista internacional *Chemosphere*.

Los encargados de la investigación señalan que la eutrofización o enriquecimiento en nutrientes inorgánicos es uno de los principales problemas que afectan la calidad de los humedales mediterráneos. La investigación se realizó en la Reserva Natural de la Laguna de Fuente de Piedra, en Málaga, que recibe el vertido de aguas residuales tratadas de diversas estaciones.

En este trabajo se evaluó la eficiencia del uso de adsorbentes magnéticos para reducir la concentración de fósforo del agua residual tratada. El procedimiento consiste en añadir partículas de hierro, caracterizadas por una elevada magnetización y capacidad de adsorción de fósforo y, posteriormente, estas partículas, junto con el fósforo adsorbido, son retiradas del medio mediante por separación magnética de alto gradiente.

Como resultado se obtiene, por un lado, un agua de "mejor calidad" y, por otro, se recuperan las partículas magnéticas con el fósforo adsorbido, el cual puede ser usado como fertilizante (fuente: UGR).

La contaminación afecta todo nuestro entorno, pero el agua y el aire son puntos críticos que debemos cuidar. Al respecto, un equipo interdisciplinar de la Universitat Politècnica de Valencia (UPV), en España, ha publicado, en la revista *Sustainable Cities and Society*, una nueva metodología para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte y su aplicación en la ciudad de Valencia.

Esta metodología aporta información detallada sobre cuánto, cuándo y dónde se producen esas emisiones. La respuesta a esas preguntas facilitará enormemente la tarea de los técnicos, que podrán diagnosticar cuál es el impacto real de sus decisiones. Por ejemplo, los técnicos municipales podrían ajustar sus intervenciones en función de las condiciones atmosféricas o de la disponibilidad de infraestructuras de circulación y, sobre todo, podrían afinar de forma más efectiva los recursos disponibles sobre las zonas más emisoras.

La aplicación de esta metodología en la ciudad de Valencia ha supuesto la creación de herramientas innovadoras para adquirir y filtrar los datos, una información que, en su comparación estadística, muestra un descenso continuado de las emisiones de gases de efecto invernadero en cuatro años consecutivos.

El procesamiento de los datos obtenidos del transporte genera, además, un formato comprensible que permite visibilizar la información desglosada sobre las emisiones. Esto, según los autores, "democratiza las políticas de mitigación del cambio climático, legitima las acciones de los agentes de decisión local y permite una gobernanza más participativa".

Los 28 miembros de la Unión Europea ampliaron el objetivo de descarbonización de su economía de 40 a 55% para 2030. De esta manera, la UE aceleró su transición para convertirse en la primera región global neutra en emisiones de carbono en 2050, de manera que el nivel de emisiones de carbono sea lo suficientemente bajo para que sumideros, como los bosques, las puedan absorber.

La metodología desarrollada se integra en el Sistema de Información Territorial de Emisiones (SITE), diseñado por el equipo de investigadores de la UPV, y aprovecha la información de los sistemas urbanos de control de tráfico y de los sistemas de monitorización.

La prueba piloto muestra un mapa detallado de la localización de las emisiones por barrios y franjas horarias diarias y estacionales. Esto permite a los técnicos municipales mejorar su comprensión de las dinámicas de su transporte y, en consecuencia, poner en marcha las medidas adecuadas.

La aplicación de las herramientas desarrolladas en la UPV identifica puntos estratégicos en la ciudad para obtener información representativa y mejorar aún más los cálculos de emisiones de gases de efecto invernadero, incluso de otros contaminantes que

afectan la calidad del aire. Esto hace mucho más efectiva no sólo la planificación de la descarbonización del transporte, sino también la aplicación de protocolos ante episodios de altas emisiones o mala calidad del aire. Se ahorrará en tiempo de reacción y en recursos, se propondrán medidas ajustadas a las zonas afectadas y se reducirá el coste de todo ello (fuente: UPV).

Y es que en la medida en que reduzcamos nuestras emisiones de carbono, podremos dar pasos, aunque sean pequeños, hacía un alivio del planeta. Sin embargo, aún hay personas que se oponen, pues miran más lo económico que lo ecológico, un ejemplo de esto es la suposición de que cerrar en un futuro cercano las centrales eléctricas alimentadas con combustibles fósiles tendría un gran impacto económico negativo. Se acepta que las energías limpias y renovables acabarán reemplazando a los combustibles fósiles, pero la cuestión es si esto resultaría rentable en un futuro cercano. Una nueva investigación ha profundizado en el tema, para el caso de Estados Unidos, aunque los resultados pueden dar una idea de cuál será la situación en otras naciones.

La transición a una producción de electricidad basada en fuentes de energía renovable que sea limpia o al menos neutra en carbono requerirá en Estados Unidos tanto la construcción de centrales eléctricas que usen tales fuentes de energía como la retirada de las que actualmente funcionan con combustibles fósiles.

En líneas generales, se denomina "neutra en carbono" a aquella fuente de energía cuya cantidad de carbono emitida durante su uso queda compensada por una cantidad no inferior de carbono absorbido durante su elaboración. El problema de la concentración creciente de dióxido de carbono en la atmósfera de la Tierra hace muy necesario evitar fuentes de energía cuyo uso agregue dióxido de carbono extra.

En ese sentido, especialistas del Instituto Tecnológico de Georgia, en Estados Unidos, han examinado la cuestión de si resultaría rentable en un futuro cercano que las energías limpias y renovables reemplacen a los combustibles fósiles. A tal fin, se han ayudado de simulaciones ejecutadas en un modelo del sistema energético.

Los resultados sugieren que la mayoría de las centrales eléctricas alimentadas por combustibles fósiles en Estados Unidos podrían ser cerradas antes de 2035, logrando al mismo tiempo completar su vida útil normal. Esto se debe a que muchas de esas instalaciones están ya cerca del final de su vida útil. Dicho de otro modo, debido a que muchas de las centrales eléctricas estadounidenses alimentadas por combustibles fósiles ya son bastante viejas, el objetivo de abandonar para 2035 las fuentes de energía para producción de electricidad que agreguen carbono extra a la atmósfera no requeriría cerrar la mayoría de tales centrales antes de que completen su vida útil típica.

Cumplir con el plazo de 2035 para el citado objetivo en Estados Unidos eliminaría sólo una pequeña parte de los años de capacidad de suministro que quedan en las centrales eléctricas alimentadas por combustibles fósiles. El cese de actividad de éstas ya está en marcha, con 126 gigavatios de capacidad de generación eléctrica a base de combustible fósil retirados de la producción entre 2009 y 2018, incluyendo 33 gigavatios sólo en 2017 y 2018 (fuente: Science/NCYT de Amazings).

Otra de las cuestiones que se están suscitando debido a todo esto es el posible desabasto o la inequidad en el acceso al agua. Al respecto, déjame contarte que en distintos puntos de la cuenca del Paraná, en Argentina, floraciones de cianobacterias lo tiñeron de verde a causa de múltiples factores, la mayoría humanos. Mientras se analiza el potencial toxicológico de estos microorganismos, investigadores y comunidades isleñas advierten un alto grado de abandono de la cuenca y una dificultad, cada vez mayor, de garantizar el acceso al agua segura.

A fines de 2020, las costas de los municipios de Tigre, Berazategui, San Fernando, San Isidro y Puerto Madero amanecieron de un color verde intenso. La población isleña alertó sobre el fenómeno y tomó las primeras muestras en colaboración con el grupo de Sensores Comunitarios (CoSensores), con las que lograron identificar la presencia de cianobacterias del género *Microcystis*, organismos muy antiguos que componen un tipo de plancton fotosintetizador y que pueden ser potencialmente tóxicos para quienes dependen del río.

"Las floraciones están promovidas por una multiplicidad de factores humanos", comentaron especialistas del Instituto IEGEBA (CONICET-UBA) de Argentina, encargados de tomar muestras junto a integrantes de la Autoridad del Agua (ADA) y de AySA, a pedido de la Municipalidad de Tigre, en Argentina. En este informe, distintos investigadores y habitantes de las comunidades afectadas revelan el carácter social y político de una problemática que se presume ambiental.

Se sabe que en ese lugar hay actividades agropecuarias en las que usan exceso de fertilizantes y herbicidas, como el glifosato que, en su molécula, tienen mucho fósforo. Al ir aumentando el nitrógeno y el fósforo de los sistemas, hay mucha cantidad de nutrientes disponibles que las cianobacterias aprovechan para desarrollarse y florecer.

Los científicos del IEGEBA han estudiado las cianobacterias desde de los años ochenta y han detectado que, desde entonces, las actividades humanas y el cambio climático fueron generando cada vez mejores condiciones para que estas especies acuáticas conquistaran nuevos entornos.

A las condiciones de luz y quietud, se le suma la gran cantidad de nutrientes vertidos al río por la agroindustria, tres condiciones fundamentales para que estos microorganismos florezcan en gran cantidad. Además, las cianobacterias cuentan con un arsenal de toxinas que favorecen su capacidad adaptativa, y que, en contacto con mucosas, pueden producir cefaleas, afecciones intestinales y respiratorias y, en casos de ingesta, posibilidad de daño hepático, en riñones, pulmones o hasta en el cerebro.

Al interior de las islas, los habitantes suelen tratar el agua con filtros caseros que, en muchos casos, son inadecuados para la eliminación de contaminantes como las cianobacterias. Frente a esto, se apela a otro tipo de medidas paliativas, generadas por las comunidades en diálogo con académicos y especialistas.

Para los expertos y los lugareños, las cianobacterias que emergieron son la consecuencia de, por un lado, la creciente presión de la producción intensiva sobre los cursos de agua y, por otro, el abandono y la falta de planificación integral del territorio y del vital líquido como recurso.

Según los científicos: "Cuando nos preguntamos para quién es un problema, pensamos que lo es sólo para aquellos que toman esa agua, sectores de la sociedad con ingresos medios bajos, con escaso nivel de representación sociopolítica y con una agenda de problemas mucho más amplia, ya que eso no es el único tópico de pugna política".

Pero no es así, se trata de problemas estructurales entre los que destacan la falta de acceso al agua, a la vivienda y a un ambiente sano, que suelen estar invisibilizados y sólo aparecen en escena cuando algún otro problema emergente llama la atención, como un río teñido de verde.

Tomemos conciencia, porque no es sólo problema de ellos, es un problema de todos (fuente: Agencia CTyS-UNLaM).

Sin duda los fertilizantes y herbicidas utilizados en la agricultura han causado muchos problemas no sólo al medioambiente, también a la salud de muchos organismos como el del ser humano. Pero déjame contarte una buena noticia: un proyecto coordinado por miembros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en España, usará el láser para eliminar las malas hierbas de los cultivos agrícolas y ofrecerá así una alternativa sostenible al uso de productos químicos como pesticidas y plaguicidas.

Se trata del proyecto denominado Welaser, financiado por la Unión Europea (UE), dentro del programa Horizonte 2020 y que cuenta con un presupuesto de 5.4 millones de euros. El prototipo consistirá en un vehículo o robot autónomo con un sistema de visión con inteligencia artificial que

discriminará las malas hierbas de los cultivos. Luego detectará los meristemos (tejidos responsables del crecimiento vegetal) de las malas hierbas y les aplicará un láser de alta potencia para matar las plantas. Este prototipo será desarrollado por un equipo multidisciplinar coordinado por investigadores del Centro de Automática y Robótica, un centro mixto del CSIC y la Universidad Politécnica de Madrid (CAR-CSIC-UPM).

Las malas hierbas que crecen en campos de cultivos agrícolas se caracterizan por su alta capacidad de dispersión, una gran persistencia y por disminuir el rendimiento de las plantaciones. Para eliminarlas se suelen usar productos químicos, pero éstos deterioran las propiedades del suelo y dañan sus organismos beneficiosos. Acabar con el uso de plaguicidas y pesticidas es un objetivo clave de la Unión Europea. El proyecto Welaser propone una alternativa sostenible al uso de pesticidas y plaguicidas y prevé contar con un prototipo en 2023, que luego tendrá que ser comercializado.

Esta tecnología, al enfocarse directamente sobre los meristemos y no emplear pesticidas ni plaguicidas, proporciona una solución limpia al problema de la eliminación de malas hierbas y ayudará a reducir significativamente los productos químicos en el medio ambiente. Los especialistas afirman que así se podrá aumentar la productividad agrícola al tiempo que se logra mayor sostenibilidad ambiental y se mejora la salud de animales y seres humanos (fuente: CSIC).

CIENCIAUANL
¿Quieres anunciarte con nosotros?,
tenemos un espacio para ti
Si deseas promover tu negocio, tu marca o tus servicios, y hacer que investigadores, profesores y alumnos universitarios te tengan presente, te invitamos a formar parte de *CIENCIA UANL*, una publicación de circulación nacional con más de 20 años de historia.
Para mayores informes comunícate con nosotros
al tel. (81) 8329-4236, o bien al correo revista.ciencia@uanl.mx
UANL UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
VISIÓN UANL 2030
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
DI DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

COLABORADORES

Alan Gabriel Aguirre Rivera
Licenciado en Biología por la Universidad Veracruzana. Su línea de investigación es la ecofisiología vegetal.

Aldo Jesús Silva Gutiérrez
Biólogo por la UANL. Su línea de investigación es el análisis florístico ecológico y de la diversidad de comunidades vegetales con orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) en el noreste de Nuevo León, México.

Daniel Salgado
Licenciado en Física, maestro y doctor por la UNAM. Realizó una estancia posdoctoral en la UAM-Iztapalapa. Investigador cátedra Conacyt en el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, donde realiza estudios mediante simulaciones moleculares de sistemas cuyas partículas poseen un tamaño entre nanómetros y micras.

Deyanira Quistian Martínez
Bióloga por la UANL. Doctora en Ciencias, con Especialidad en Biotecnología. Profesora adscrita al CA Botánica. Su línea de investigación es la morfofisiología vegetal, con énfasis en la respuesta bioquímica y molecular a factores abióticos.

Edgar Ramírez-Muñoz
Pasante de ingeniería en Alimentos de la UJAT, campus Tenosique. Tiene experiencia laboral en cultivo de tejidos vegetales y análisis de la calidad nutricional de los alimentos.

Fabiola Jaimes
Química en alimentos y maestra en Bioquímica Vegetal por la UNAM. Doctora por l'Institut National Polytechnique de Toulouse, Francia. Realizó estancia posdoctoral en el Instituto de Ecología-UNAM. Investigadora cátedra Conacyt en el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica. Su línea de investigación tiene dos ejes de trabajo que integran trabajo experimental en biología molecular y bioquímica con transcriptómica y metabolómica.

Fernando Velasco-Tapia
Licenciado en Química Industrial y maestro en Ciencias Químicas por la UANL. Doctor en Ciencias (Geoquímica) por la UNAM. Medalla Alfonso Caso (UNAM) y Premio a la Investigación UANL. Profesor titular C en la FCT-UANL. Su investigación se centra en la solución de problemas geológicos aplicando geoquímica. Miembro del SNI, nivel II, y de la AMC.

Luis Enrique Gómez Vanegas
Licenciado en Letras Hispánicas por la UANL. Diplomado en periodismo científico por la FCC-UANL. Autor del libro *Soledades.* Corrector de la revista *Ciencia UANL* y de *Entorno Universitario*, de la Preparatoria 16-UANL.

Marco Antonio Alvarado Vázquez
Biólogo por la UANL. Doctor en Ciencias Biológicas, con especialidad en Botánica. Maestro investigador en la FCB. Sus áreas de interés son la anatomía y ecología vegetal, con énfasis en ecosistemas urbanos y zonas áridas. Editor de la *Revista Planta.* Premio de Investigación UANL. Miembro del SNI, nivel I.

Marco Antonio Guzmán Lucio
Biólogo y doctor en Ciencias, con acentuación en Administración y Manejo de Recursos Vegetales, por la UANL. Profesor titular A en la FCB-UANL. Miembro del CA Botánica (consolidado). Experiencia en identificación taxonómica de plantas vasculares del noreste de México, matorrales, plantas de pastizales, gramíneas, malezas urbanas y arvenses, flora urbana. Tiene perfil Prodep. Jefe y curador del Herbario, FCB-UANL. Miembro del SNI, nivel Candidato.

María del Pilar Ramírez Rivera
Arquitecta por la UdeG. Maestra en Administración de Negocios por la Universidad Tec Milenio. Docente del Instituto Tecnológico de Colima. Cuenta con perfil Prodep. Miembro asociado de la Lead Internacional Octava Generación. Egresada del Programa de Liderazgo aplicado en Energías Renovables y Eficiencia Energética, Universidad de Harvard.

María Josefa Santos Corral
Doctora en Antropología Social. Su área de especialidad se relaciona con los problemas sociales de transferencia de conocimientos, dentro de las líneas de tecnología y cultura y estudios sociales de la innovación. Imparte las asignaturas de ciencia y tecnología para las RI en la Licenciatura de Relaciones Internacionales y Desarrollo Científico Tecnológico y su Impacto Social en la Maestría de Comunicación.

Melissa del Carmen Martínez Torres
Licenciada en Letras Hispánicas por la UANL. Coeditora de la revista *Ciencia UANL.*

Nicolás González-Cortés
Ingeniero agrónomo, con especialidad en Fruticultura Tropical. Maestro en Ciencias en Biotecnología. Doctor en Educación, con énfasis en Enseñanza de las Ciencias. Profesor-investigador titular en la UJAT, campus Tenosique. Su línea de investigación es el desarrollo y la gestión sustentable. Tiene perfil Prodep. Miembro del SNI, nivel Candidato.

Óscar Luis Briones Villarreal
Licenciado en Biología y doctor en Ecología por la UNAM. Investigador titular en el Instituto de Ecología, A.C. (sede Xalapa). Coordinador del Comité Científico Ecosistemas Terrestres del Programa Mexicano del Carbono, A.C. Delegado Regional de la Sociedad Botánica de México, A.C. Su línea de investigación es la fisiología ecológica de plantas vasculares y procesos ecosistémicos. Miembro del SNI, nivel I.

Pedro César Cantú-Martínez
Doctor en ciencias biológicas. Trabaja en la FCB-UANL y participa en el IINSO-UANL. Su área de interés profesional se refiere a aspectos sobre la calidad de vida e indicadores de sustentabilidad ambiental. Fundador de la revista *Salud Pública y Nutrición* (*RESPyN*). Miembro del Comité Editorial de Artemisa del Centro de Información para Decisiones en Salud Pública de México.

Peter Chung Alonso
Arquitecto por la UdeG. Maestro en Arquitectura, con área terminal en Desarrollo Urbano, por la Universidad de Colima. Adscrito al Tecnológico Nacional de México, campus Colima. Realiza investigación aplicada en las áreas de arquitectura, urbanismo y medio ambiente.

Román Jiménez-Vera
Químico farmacéutico biólogo. Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Doctor en Biotecnología. Profesor investigador titular en la UJAT, campus Tenosique. Su línea de investigación es el desarrollo y la gestión sustentable. Tiene perfil Prodep. Miembro del Sistema Estatal de Investigadores.

Salvador González de León
Licenciado en Ingeniería Química por la UANL. Doctor en Ecología por el Instituto de Ecología. Posdoctorado en el Instituto de Ecología, A.C. (sede Xalapa). Sus líneas de investigación son las especies invasoras y la ecología de las poblaciones. Miembro del SNI, nivel Candidato.

Santiago Arceo Díaz
Licenciado en Física por la Universidad de Colima. Maestro en Física y doctor en Ciencias, con especialidad en Astrofísica, por la Universidad de Guanajuato. Adscrito al Tecnológico Nacional de México, campus Colima.

Sergio Alejandro Cortés Alcaraz
Licenciado en Ingeniería Civil por la Universidad de Colima. Realizó estancias de investigación en la UANL, la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y en el ITESM. Realizó movilidad estudiantil a la Universidad de Cantabria en España. Actualmente cursa la Maestría en Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana en el Tecnológico Nacional de México, campus Colima.

Sergio Manuel Salcedo Martínez
Biólogo por la UANL. Maestro en Ciencias del Mar por la UNAM. Doctor en Ciencias, con especialidad en Microbiología, por la UANL. Tiene perfil Prodep. Miembro del CA consolidado Botánica. Editor de la *Revista Planta.* Sus temas de investigación se enfocan en la taxonomía y el aprovechamiento de las algas y hongos del noreste de México.

Vanesa González-Morales
Estudiante del último semestre de la carrera de Ingeniero Geólogo-UANL. Desarrolla su tesis de licenciatura cuyo objetivo es la compilación, manejo estadístico e interpretación de la química de material lunar.

Lineamientos de colaboración
Ciencia UANL

La revista *Ciencia UANL* tiene como propósito difundir y divulgar la producción científica, tecnológica y de conocimiento en los ámbitos académico, científico, tecnológico, social y empresarial. En sus páginas se presentan avances de investigación científica, desarrollo tecnológico y artículos de divulgación en cualquiera de las siguientes áreas: ciencias exactas, ciencias de la salud, ciencias agropecuarias, ciencias naturales, humanidades, ciencias sociales, ingeniería y tecnología y ciencias de la tierra. Asimismo, se incluyen artículos de difusión sobre temas diversos que van de las ciencias naturales y exactas a las ciencias sociales y las humanidades. Las colaboraciones deberán estar escritas en un lenguaje claro, didáctico y accesible, correspondiente al público objetivo; no se aceptarán trabajos que no cumplan con los criterios y lineamientos indicados, según sea el caso se deben seguir los siguientes criterios editoriales.

Criterios editoriales (difusión)

- Sólo se aceptan artículos originales, entendiendo por ello que el contenido sea producto del trabajo directo y que una versión similar no se haya publicado o enviado a otras revistas.
- Se aceptarán artículos con un máximo de cinco autores, en caso de excederse se analizará si corresponde con el esfuerzo detectado en la investigación.
- El artículo debe ofrecer una panorámica clara del campo temático.
- Debe considerarse la experiencia nacional y local, si la hubiera.
- No se aceptan reportes de mediciones. Los artículos deben contener la presentación de resultados de medición y su comparación, también deben presentar un análisis detallado de los mismos, un desarrollo metodológico original, una manipulación nueva de la materia o ser de gran impacto y novedad social.
- Sólo se aceptan modelos matemáticos si son validados experimentalmente por el autor.
- No se aceptarán trabajos basados en encuestas de opinión o entrevistas, a menos que aunadas a ellas se realicen mediciones y se efectúe un análisis de correlación para su validación.
- Para su consideración editorial, el autor deberá enviar el artículo vía electrónica en formato .doc de Word, así como el material gráfico (máximo cinco figuras, incluyendo tablas), fichas biográficas de cada autor de máximo 100 palabras y carta firmada por todos los autores (formato en página web) que certifique la originalidad del artículo y cedan derechos de autor a favor de la UANL.
- Los originales deberán tener una extensión máxima de cinco páginas (incluyendo figuras y tablas).
- Se incluirá un resumen en inglés y español, no mayor de 100 palabras, incluir cinco palabras clave.
- Las referencias se deberá utilizar el formato Harvard para citación.
- Material gráfico incluye figuras, imágenes y tablas, todas las imágenes deberán ser de al menos 300 DPI.

Criterios editoriales (divulgación)

- Sólo se reciben para su publicación materiales originales e inéditos. Los autores, al enviar su trabajo, deberán manifestar que es original y que no ha sido postulado en otra publicación.
- Se aceptarán artículos con un máximo de tres autores.
- Los contenidos científicos y técnicos tienen que ser conceptualmente correctos y presentados de una manera original y creativa.
- Todos los trabajos deberán ser de carácter académico. Se debe buscar que tengan un interés que rebase los límites de una institución o programa particular.
- Tendrán siempre preferencia los artículos que versen sobre temas relacionados con el objetivo, cobertura temática o lectores a los que se dirige la revista.
- Para su mejor manejo y lectura, cada artículo debe incluir una introducción al tema, posteriormente desarrollarlo y finalmente plantear conclusiones. Se recomienda sugerir bibliografía breve, para dar al lector posibilidad de profundizar en el tema. El formato no maneja notas a pie de página.
- Las referencias no deben extenderse innecesariamente, por lo que sólo se incluirán las referencias citadas en el texto.
- Los artículos deberán tener una extensión máxima de cinco cuartillas y una mínima de tres, incluyendo tablas, figuras y bibliografía. En casos excepcionales, se podrá concertar con el editor responsable de *Ciencia UANL* una extensión superior, la cual será sometida a la aprobación del Consejo Editorial.
- Las figuras, dibujos, fotografías o imágenes digitales deberán ser de al menos 300 DPI.
- En el caso de una reseña para nuestra sección Al pie de la letra, la extensión máxima será de dos cuartillas, deberá incluir la ficha bibliográfica completa, una imagen de la portada del libro, por la naturaleza de la sección no se aceptan referencias.
- El artículo deberá contener claramente los siguientes datos en la primera cuartilla: título del trabajo, autor(es), institución y departamento de adscripción laboral (en el caso de estudiantes sin adscripción laboral, referir la institución donde realizan sus estudios), dirección de correo electrónico para contacto.

*Nota importante: todas las colaboraciones, sin excepción, serán evaluadas. Todos los textos son sometidos a revisión y los editores no se obligan a publicarlos sólo por recibirlos. Una vez aprobados, los autores aceptan la corrección de textos y la revisión de estilo para mantener criterios de uniformidad de la revista.

Todos los artículos deberán remitirse a la dirección de correo:
revista.ciencia@uanl.mx
o bien a la siguiente dirección:
Revista *Ciencia UANL.* Dirección de Investigación, Av. Manuel L. Barragán, Col. Hogares Ferrocarrileros, C.P. 64290, Monterrey, Nuevo León, México.
Para cualquier comentario o duda estamos a disposición de los interesados en:
Tel: (5281)8329-4236. http://www.cienciauanl.uanl.mx/

RevistaCienciaUANL

RevistaCIENCIAUANL

VISIÓN UANL 2030

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

9 772007 117173 07

Indexada en:

PERIÓDICA

biblat
Bibliografía Latinoamericana

Actualidad Iberoamericana
Indice Internacional de Revistas

CONACYT ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

CUIDEN

Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
latindex
CATÁLOGO "HEMEROTECA LATINOAMERICA"