

Ciencia en la frontera

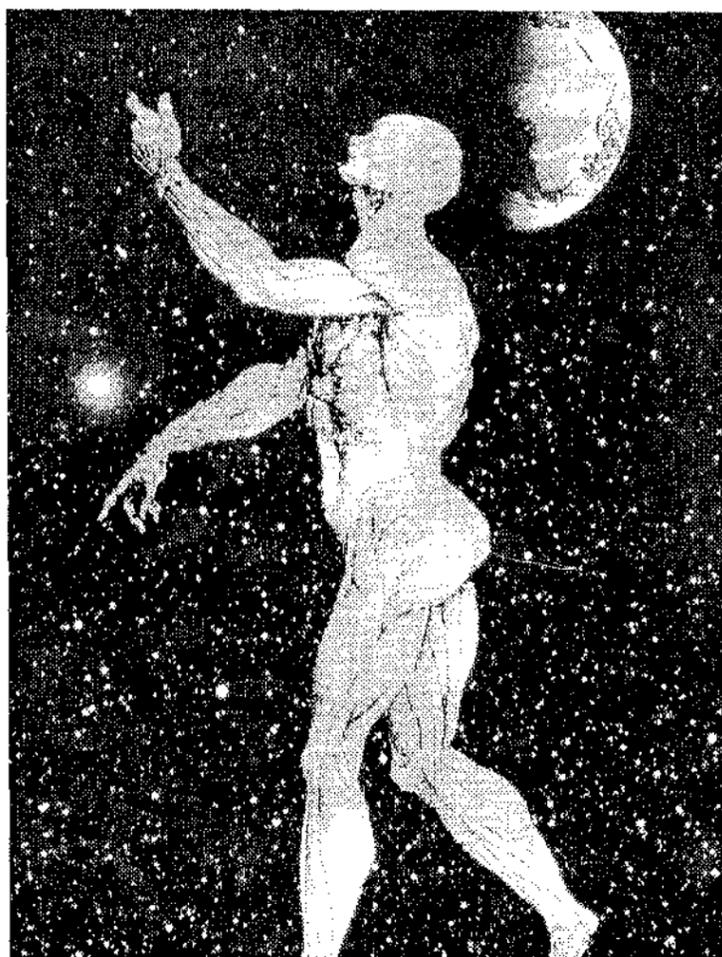
Revista de ciencia y tecnología de la UACJ

**La vegetación
de nuestro desierto
de Samalayuca,
un ambiente fascinante**
*Irma Enríquez
y Patricia Olivas*

**Generación, tratamiento
y reuso de aguas
residuales en
América Latina**
Victoriano Garza

**Efectos de la
contaminación del aire
y el suelo en el agua**
Victoriano Garza

**El reuso de nuestros
pavimentos, ¿contamina
nuestros aires?**
*María del Rosario
Díaz Arellano*



**El desierto chihuahuense.
¿Qué sabemos de él?**
Ana Gatica

**Médanos de Samalayuca.
Un urgente reclamo,
una estrategia emergente**
Raymundo Rivas

**Potencial de germinación,
desarrollo y nutrición
en condiciones de salinidad
y sequía de doce especies
de gramíneas en el
Valle de Juárez**
*Ramón Peralta,
Leonel Barraza,
et al.*

Includes
abstracts
in English

Leonel Barraza (compilador)

VOL. 1, NÚM. 1 · JULIO / DICIEMBRE 1999

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ
UACJ2000

PUBLICACIONES MÁS RECIENTES DE LA UACJ

Filosofía analítica y filosofía del derecho en Italia

Adrián Rentería Díaz (comp.)

Nóesis 18

Nuevos paradigmas; compromisos renovados

Beatriz Calvo Pontón, Gabriela Delgado Ballesteros

y Mario Rueda Beltrán (coordinadores)

Los primeros veinticinco años

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

El escritor y la escena V

Estudios sobre teatro español y novohispano de los Siglos

de Oro. Homenaje a Marc Vitse

Ysla Campbell (ed.)

Foro de discusión para el desarrollo de las ciencias en Ciudad Juárez

Manuel Loera de la Rosa, Marcelino Cerejido,

Armando López, Temístocles Muñoz, Eduardo Barrera,

Héctor Padilla y Leonel Barraza

Cuaderno de Trabajo 3, CEB

Arquitectura: un plan de estudios

Carlos Arturo Acosta G.

Cuaderno de Trabajo 1, IADA



Ciencia en la frontera
Revista de ciencia y tecnología de la UACJ

Biodiversidad

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ
UACJ2000



UACJ

Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

DIRECTORIO
Rubén Lau Rojo
Rector

Carlos González Herrera
Secretario General

Manoel Loera de la Rosa
Director General de Investigación y Posgrado

CONSEJO EDITORIAL INSTITUCIONAL

Leonel Barraza Pacheco
Cuahtémoc Calderón
Héctor Padilla
Joaquín Cosío Osuna
Victoriano Garza
Carlos González Herrera
Ricardo León García
Ramón Parra
Manoel Loera de la Rosa

DIRECTOR
Jesús Lau

COMPILADOR
Leonel Barraza Pacheco

CORRECCIÓN
Mayola Renova González

DISEÑO
Gustavo Gómez Quintana

COMPOSICIÓN
Galo Marmolejo Anchondo

CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL

Carlos Alba Vega
Profesor del Centro de Estudios Internacionales
El Colegio de México. Camino al Ajusco 20,
Pedregal de Sta. Teresa 01000 México, D.F.
Tel. + 52 (5) 645-59-55

Edith Pacheco
Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano
El Colegio de México. Camino al Ajusco 20
Pedregal de Santa Teresa 01000 México, D.F.
Tel. + 52 (5) 273-07-91

Alicia Ziccardi Contigiani
Investigadora Instituto de Investigaciones Sociales,
UNAM, Torre Dos de Humanidades séptimo piso
UNAM, Ciudad Universitaria 04510 México, D.F.
Tel. + 52 (5) 616-14-51 y + 52 (5) 550-0403

Marc Lavoie
Department of Economics University of Ottawa
550 Cumberland Ottawa, Ontario Canada K1N 6N5
Tel. + 1 (819) 770-4306

Adrián Rentería
Istituto di Filosofia e Sociologia del Diritto
Via Festa del Perdono 7 20122 Milano, Italia
Tel. + 39 (2) 5835-2624

Claude Berthomieu
Avenue Robert Schuman 7,
Université de Nice Sophie-Antipolis
06300, Nice, Francia
Tel. + (92) 15-70-19 y + (92) 15-70-84

Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ / Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Dirección General de Investigación y Posgrado. Vol. 1, no. 1 (Julio - dic., 1999). Ciudad Juárez, Chih.: UACJ, 1999.

v. ; 21 cm.

Seriada

1. Ciencias Puras - Publicaciones Periódicas
2. Ciencias Aplicadas - Publicaciones Periódicas
3. Ingeniería - Publicaciones Periódicas

Q4.R48 1999

S05.R48 1999

Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ es una publicación seriada de la Dirección General de Investigación y Posgrado de la UACJ, año 1, núm. 1, julio/diciembre de 1999, precio por ejemplar: \$50.00 pesos en México y \$10.00 dólares al extranjero (incluye gastos de envío). Publicidad, anuncios y suscripciones, diríjase a: *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, Heroico Colegio Militar 3775, 32310 Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Tel. (16) 11 31 67, fax (16) 11 31 68. Hecho en México/Printed in Mexico.

Copyright © UACJ

Los manuscritos propuestos para publicación en esta revista deberán ser inéditos y no haber sido sometidos a consideración a otras revistas simultáneamente. Al enviar los manuscritos y ser aceptados para su publicación, los autores quedan que todos los derechos se transfieren a *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, quien se reserva los de reproducción y distribución, ya sean fotográficos, en micropelícula, electrónicos o cualquier otro medio, y no podrán ser utilizados sin permiso por escrito de *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, véase además notas para autores.

Permisos para otros usos: el propietario de los derechos no permite utilizar copias para distribución en general, promociones, la creación de nuevos trabajos o reventa. Para estos propósitos, diríjase a *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, correo electrónico noesis@uacj.mx.

CONTENIDO

Biodiversidad

Resúmenes/Abstracts	5
<i>Presentación</i>	
Leonel Barraza Pacheco	9
<i>Los paradigmas en la ciencia y en la investigación</i>	
Temistocles Muñoz	13
<i>El desierto chihuahuense. ¿Qué sabemos de él?</i>	
Ana Gatica	23
<i>Médanos de Samalayuca. Un urgente reclamo, una estrategia emergente</i>	
Raymundo Rivas Cáceres	29
<i>La vegetación de nuestro desierto de Samalayuca, un ambiente fascinante</i>	
Irma Enríquez y Patricia Olivas	33
<i>Tratamiento de aguas residuales en Ciudad Juárez, un estudio de caso</i>	
Adrián Vázquez Gálvez	39
<i>Generación, tratamiento y reuso de aguas residuales en América Latina</i>	
Victoriano Garza, Ildefonso Fernández, Mohammad Badii y Leticia Hauad	43
<i>Efectos de la contaminación del aire y el suelo en el agua</i>	
Victoriano Garza y Lourdes Lozano	51
<i>Potencial de germinación, desarrollo y nutrición en condiciones de salinidad y sequía de doce especies de gramíneas en el Valle de Juárez</i>	
Leonel Barraza, Ramón Peralta, Eduardo Pérez, Federico Pérez Casio	59
<i>El reuso de nuestros pavimentos, ¿contamina nuestros aires?</i>	
Ma. del Rosario Díaz Arellano	67
<i>Un nuevo instrumento para protección de los suelos.</i>	
<i>El ordenamiento ecológico territorial</i>	
Ma. del Rosario Díaz Arellano	71

CONTENTS

*Biodiversity**Presentation*

Leonel Barraza Pacheco 9

Paradigms in Science and Research

Temístocles Muñoz 13

The development of science and research has occurred constantly throughout history. There is no reason to believe that it has already stopped in its construction and transformations. Neither to assume that given the fact that a scientist knows the execution of an investigation he wouldn't be able to change his procedures, perspectives and orientations. In science history, there are two types of reasoning which are very clearly differentiated from one another. On one hand, there is the deductive one, which usually dominates the traditional scientific activity. It is based on believing, and according to this there is no difference between a religious fan and an orthodox scientist. On the other hand, There is the inductive one, which takes you to original research based on actual knowledge. This last one is very useful in those fields contaminated by assumptions that can be hardly separated from truth. The job of the scientist today, if he is not to remain obsolete, is to get deep into the analysis of his scientific practice as well as in the theory and philosophy of its science in order to achieve relevant contributions. The institutions, which produce scientists, must necessarily face the problem of change and develop new more inductive methods that enhance results with social transformation. The world has changed. Technology and communications are changing rapidly. I dare to suggest to teachers that group themselves into academies that they revise not only the contents of their subjects but also to define the scientific paradigm to which they are responding, sometimes unconsciously, in order to achieve relevant changes in the scientific business; It's worthy.

Chihuahuan desert, what do we know about it?

Ana Gatica 23

To learn something about the Chihuahuan desert is the interest of this document. The present bibliographic review is addressed here from the standpoint of biological resources. The Chihuahuan desert is unique and of paramount importance to Mexico and the U.S. It contains a large number of endemisms. Consider the biotic aspects such as the nearly 1,000 plant species on these arid lands, 29 different species of mammals, 66 bird species, 33 reptile species, and 7 amphibian species. Then we get the abiotic aspects, which describe this desert uniquely. Its altitude ranges from 1000 to 2000 msnm along its north south axis. Precipitation varies from 200 to 300 mm a year with a rain pattern in summer influenced by front storms and climatic phenomenon from the pacific. The edges of this desert, particularly inside Mexico, gives a tremendous biodiversity, which in the case of reptiles is the second in the world and fourth in the case of amphibians. It is important for the sake of this desert, to prepare specialists of fauna and flora in order to protect its resources. It is also important to consider the cinegetic value of the lands and to establish agreements with the landowners to preserve and utilize wisely the resources. A later alternative has been produced in this direction by the National Institute of Ecology in Mexico called "Unidades de Manejo Animal (UMA) who take into account the sustainable development criteria for the use of lands.

Dunes of Samalayuca, an urgent claim and an emergent strategy
Raymundo Rivas Cáceres 29

It is of paramount importance to preserve the values of Samalayuca: the petroglyphs, the archeology, the flora, and the fauna, as well as its natural resources. Throughout the identification of the peculiarities of each subzone it is possible to rescue those values. The Sierra del Presidio, Sierra de Samalayuca, and the dunes system can be integrated under a program of protection, conservation, rehabilitation, and rational exploitation. A plan describing the adequate management for each zone and subzone of Samalayuca is proposed here. Ideally, programs like these should enhance enormous benefits for present and future generations.

The vegetation of our Samalayuca desert, a fascinating environment
Irma Enríquez y Patricia Olivas 33

The Samalayuca dunes region is in the county of Ciudad Juárez, Chihuahua. It is part of the Chihuahuan desert located at 50 km south of the border. The body of dunes in this region offers a very beautiful landscape and views for the visitor. It constitutes an ecosystem with highly important attributes related to ecology, flora, fauna, and hydrology. It also represents, for some private industries, a source of natural resources like sand and rocks for cement. Although at first sight it may appear that this desert does not have much to offer, it is not so. The organisms, plants and animals that live in there are integrated into niches of the ecosystem that provide means for sustainable activities such as cattle production, ecotourism, traditional medicine, and scientific research. Other less sustainable but controllable activities is mining and archeology. Late understanding of the intrinsic forces that created this unique ecosystem has caused the Mexican Government to pay attention to the area in order to achieve important goals like protection, conservation, and restoration of the area. This article seeks to illustrate the reader about the qualities of the Samalayuca region and its bondage with the Chihuahuan desert and to have him or her to understand the survival skills of its inhabitants before a harsh and hostile environment.

Wastewater treatment: Ciudad Juárez, a case study
Felipe Adrián Vázquez Gálvez 39

For more than a century, wastewater treatment has been a challenge for those in charge of public health. Untreated wastewater, on the other hand, have been linked with the spread of diseases and are viewed as a public nuisance. More recently, concerns over the environmental impact of wastewater treatment facilities have compounded the problem, thus raising the cost of treating wastewaters and becoming a financial concern for traditionally underbudgeted local governments. The city of Juárez has experimented an accelerated rate of immigration that made it grow from 60,000 in the forties to a population of almost a million in the nineties. Traditional water sources for the city are rapidly been depleted and current alternatives have created a financial challenge for the city administrators. A large segment of the Juárez population is not connected to the city's sewer system. The discharge of wastewater from the city is conduced through open channels to the lower valley for agricultural irrigation, were it is mixed with water from the Río Bravo and underground water. The almost 400 industries and the hundreds of mechanical shops have affected the toxic characteristics of the "aguas negras". In addition, the recent outbreak of cholera in the American continent has increased the concern over the vulnerability of the border community to the spread of the disease due to improper sanitation. By early 1995, Ciudad Juárez will have two wastewater treatment facilities capable of treating almost 80 million gallons of wastewater a day. These facilities will have to conform to the new environmental requirements in Mexico and will contribute to the ecological remedial of the lower valley. Nevertheless, they will constitute a financial load to the depressed economy of the city. Although it is true that the turn key financial scheme will ease

the initial investment, the public will have to pay for it in the form of higher water bills. By the same token, industry will have to paid the pretreatment of its effluent in some cases and by the volume of discharge in all cases.

Waste water generation, treatment and reuse, in latin America

Victoriano Garza, Hdefonso Fernández, Mohammad Badii y Leticia Hauad 43

The water utilities of Latin America collect every day about 40 million cubic meters of wastewater and dumped them on surface water. Just 10 per cent of the wastewater is treated. Because of scarcity of fresh water in some countries, the wastewater is reused for agricultural and aquicultural purposes. In Latin America Mexico is the one that more use does of raw wastewater in irrigation fields. The quality of this effluent represents an important risk to public health and environment. In the Latin America region countries are using different kinds of wastewater treatment techniques but stabilization ponds are the most common of them.

Effect of air and soil contamination in water

Victoriano Garza y Lourdes Lozano 51

The environmental media interrelationship —air, water and soil— is very closed. The impact of human development on one of them affects the others. Never before the environmental impact of man was as alarming as today. The influence of man is planetary and its impact is faster than any geological force. This situation is favored because the excessive use of natural resources, pesticides and fertilizers mass production, high generation of hazardous wastes, accelerated demographic growth and creation of free trade agreements. In this context, the fresh water resources are severely affected by human borne damage and diminishing in its quality and quantity.

Potential for germination, development and nutrition under salinity and drought conditions of twelve grass species in the Juárez valley

Leonel Barraza, Ramón Peralta, Eduardo Pérez, Federico Pérez Casio..... 59

The valley of Juárez suffers a problem of high salinity in its irrigation wells, some of them with concentration values up to 8,000 PPM. This condition causes low agricultural and animal productivity in the region. Improvement of highly saline soils usually brings high operation costs. An economical practice, common for many similar regions in the world is the cultivation of prairies, which are known to be resistant to salt. Some previous research on salt resistant grasses has been run in this valley. However, we are still far away from producing a native species resistant to saline soils, specifically for the saline soils of Juárez valley. The present essay is a contribution to keep progressing in that direction. Twelve grasses were tested, 7 summer ones and 5 winter ones in parcels of 25 square meters each. For each variety, 100 seeds were dugs. The parameters used were a) development emergency index, b) vigor, in a scale of 1 to 5, c) Percentage of soil covered d) height of the plant, e) blooming dates, f) viability of the seeds produced in distilled water, g) Dry forage production, and h) plague resistance. Sampling wise, parcels were assigned randomly with 3 repetitions. Treatments (varieties) were assigned in whole block design. Data was analyzed in the statistical package SAS but are not reported here since they are not conclusive yet and the data belongs to a larger experiment which is still on process. The assay was run under the hypothesis that at least one of the genetic materials under study will respond favorably to the saline and drought conditions of the Juárez valley. The result was promising for *Cynodon Dactylon* with good response against salinity, good soil coverage, and with a considerable nutrition profile. *Eragrostis Ciliolata* gave god coverage and vigor, good growth and good green matter production, although their nutritive profiles relatively lower. *Panicum Antidotale* resulted excellent all the way up to its physiological maturity at which point it died

without any apparent reason. Finally, the exploratory nature of this assay indicated that *Eragrostis Cúrvula* was the most promising variety under test that should be further investigated.

Reusing our pavements contaminates our atmosphere?

Ma. del Rosario Díaz Arellano 67

Contamination of the atmosphere in urban areas is highly noticeable. A major contributor to this problem is the large construction process where maintenance systems of paved areas play a major role. The city of Juarez is paved in its main part. Its pavement is based of asphalt carpets prepared by mixing plants, which require a constant maintenance. There are different maintenance systems; one very important is the recycling one. This system is used mainly with the purpose of minimizing costs since it gives the opportunity to reuse the existing materials by means of a surface treatment. Some recommendations for applying such system are: 1) it must be applied on areas where there are no structural failures, 2) must be used in relatively large areas to make it cost-effective, 3) the asphalt carpet must be of a minimum of 3 CMS thick, and 4) the design must have not mix mistakes. The system includes several step procedures; one very serious one is the heating of the asphalt surface. It is very serious because it is during this procedure when solvents of the materials are released under high temperatures that produce vapors even more dangerous than methane. The asphalt products are integrated to hydrocarbons which possess characteristics that makes them less reactive. Therefore, they escape destruction in the troposphere, so they could even get to the stratosphere and get into the catalytic cycle that diminishes the ozone layer. Under this perspective, the recycling of pavements, despite of the fact that it is economic, represents one of the most contaminating procedures utilized for the maintenance of streets in Ciudad Juarez.

A new instrument for soil protection "The Territorial ecological assessment"

Ma. del Rosario Díaz Arellano 71

The deterioration of the ecosystems in different regions of the country has alarmed the community as well as government authorities. It caused a national movement orchestrated by federal agencies in order to quantify types and levels of damage on the basic resources as water, soil, and air. From this movement a concept was born: "The territorial ecological assessment" (Ordenamiento ecológico territorial). In the Northern part of Chihuahua, in Samalayuca and from the standpoint of values of soil and subsoil, we may divide the territory in zones such as: zone with bank of materials for construction, deposition areas and solid waste management zones, city solid and toxic wastes zone, green and or park areas, animal and agricultural zones, industrial areas, urban areas, etc. The sedimentary continental quaternary deposits widely distributed in northern Chihuahua, are formed by sandy-clay lake deposits, clay and gravel around the sierra of Samalayuca, in the Rio Grande (Rio Bravo) river edges, and in the margins of the basins. East from the Samalayuca field dunes are the Great dunes. There is also a clayish (barreal) zone that is extended 25 miles west of Samalayuca, which still remains as an intermittent seasonal lake. Today, the majority of the mountains are mere islands into de sedimentary flux from the old sea. The surfaces that characterize these plains are the remnants of that sea. This is the basin and range of its physiographic province. North Chihuahua has a great mining history, mainly about cast (yeso), which is obtained from surface mines on the sedimentary rock's formation. The "Las vigas" formation, adjacent to the Cement Factory contains silica material. Another important mineral for this industry is sodium sulfate, which lays northwest of the sierra of Samalayuca. After all these aspects mentioned, it brings us about a meditation on the rational use of such non-renewable natural resources. Given the social implications, the territorial ecological assessment represents a valuable tool that brings very actual and valuable information that allows the community to understand and give the real value, in the overall ecological context, of its regional resources; a tool that will help government and community to arrive into both protection and regulatory decisions for the long run benefit of the area and its inhabitants.

Presentación

Leonel Barraza Pacheco

Hoy nace *Ciencia de la frontera: revista de ciencia y tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez*. Con esta nueva presencia editorial, se busca provocar el afán de los investigadores de la región por investigar más, publicar más, y entrar de una manera más decidida al desarrollo regional de las ciencias.

Al mismo tiempo, se pretende atraer a investigadores de renombre nacional e internacional para que presenten sus colaboraciones en esta revista. Con ello sin duda se fortalecerá la investigación en nuestra vasta región fronteriza del norte de México, en donde la producción de conocimiento científico regional es aún incipiente.

Al hacer este esfuerzo, nos sumamos a la muy seria iniciativa nacional de expandir y enriquecer el quehacer científico para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, lo cual representa, a mi juicio, el mayor reto con que este país se enfrenta al estar a punto de ingresar al siglo XXI.

Antes de comentar sobre el contenido de la revista —cosa que hago más adelante—, deseo hacer algunas reflexiones relacionadas con el hecho de crear esta revista dedicada al desarrollo y divulgación del conocimiento científico, y que tiene que ver con nuestra realidad científica y tecnológica nacionales, y de manera especial con la frontera. Estoy seguro

que muchos de mis colegas que se esfuerzan en transitar por los caminos de la ciencia, también han hecho algunas de estas reflexiones.

Para empezar, diré que en la historia y en la sociología de las ciencias, se observa que casi todo investigador de la era moderna ha sido formado por otro investigador. Consecuentemente, la ciencia y su investigación actualmente se realizan investigando. Sin embargo, la zona fronteriza México-Estados Unidos no se ha caracterizado por tipificar éste o algún proceso similar, sino procesos socioeconómicos muy complejos que han atraído la atención mundial por su relación caótica con el Primer Mundo. Se puede decir, merced al crecimiento industrial maquilador, que se ha tipificado el del técnico o profesional especializado formado por otro técnico o profesional especializado, este último generalmente extranjero. Con este esquema, solamente se han expandido la industria y el sector laboral, pero no el científico. Esto porque el interés primordial es “entrenar para producir” y no el de “entrenar para pensar”. A este profesional especializado extranjero lo prepararon empresas e instituciones altamente integradas por científicos que estudian, desarrollan y aplican el conocimiento derivado de las ciencias.



Lo anterior nos lleva a pensar que la cultura, cuya manera de pensar consiste en preguntarse, indagar y buscar maneras para resolver problemas, todavía sigue allá afuera, en otra parte, en otro país con otra economía. A nosotros sólo nos resta esperar a que nos lleguen las soluciones, ya sea por medio de una computadora personal, o una nueva manera de lograr calidad total, o de percibir al mundo estilo "Global village", aunque nuestros barrios y penurias se debatan en la delincuencia y el subservicio.

En nuestro país, el desarrollo de las ciencias no ha sido considerado seriamente como un factor importante para el desarrollo del bienestar social. De manera que el bienestar social está más ligado a nuestra capacidad de absorber conocimientos y tecnologías producidas por otros pueblos, que a la propia capacidad de estudiarlos para desarrollar nuestros destinos.

Del libro del doctor Marcelino Cerejido, investigador de biología en el Centro de Investigaciones Avanzadas del Instituto Politécnico Nacional titulado: *Por qué no tenemos ciencia*, me llamó mucho la atención su contraportada donde señala que en el Tercer Mundo tenemos varias características ideológicas que imposibilitan nuestro desarrollo científico y nos anclan en la miseria. Una de ellas es dar por sentado que primero hay que salir de pobres y luego, el dinero que nos sobre, gastarlo en ciencia, como lo hacen los ricos.

Las ciencias, como instrumento de trabajo para enfrentar y solucionar problemas cotidianos, no es algo nuevo en nuestra civilización. Fue precisamente esta concepción de las ciencias lo que transformó al Primer Mundo y creó los niveles de bienestar social que hoy disfrutan. Es decir, la manera de enfrentar los problemas cotidianos y el intento por resolverlos a fuerza de prueba y error, fue lo que formó una nueva manera de pensar y reflexionar sobre ellos.

Es en esta dinámica de pensamiento que

nacieron las ciencias y la era moderna; además se fueron tipificando problemas, soluciones, normas, teorías, teoremas y leyes. Y creo que es en esta dinámica en la que debemos entrar para enfrentar los retos que se nos presentan.

La gente no suele ver la conexión entre la ciencia y su experiencia diaria. Por ejemplo, cuando una persona piensa en reponer el calefactor de su casa, su pensamiento se remonta a marcas (generalmente extranjeras) que le instalarán "los muchachos de la esquina". Estos muchachos, aprendieron a quitar y poner calefactores, pero no a fabricarlos, porque nunca les enseñaron a pensar de esa manera, sólo a poner y quitar.

Sin embargo, si hubiera ciencia regional desarrollada, tal vez ya tendríamos hogares con calefacción por energía solar, sólo que "los muchachos de la esquina", deben esperar a que lleguen los sistemas de energía solar de afuera —probablemente baratos, porque ya son de desecho— y que algún técnico les enseñe a ponerlos, quitarlos y cambiarlos. Difícilmente entenderán la ciencia que se requiere para integrarlos o para definir el tamaño de tal sistema, con el tamaño de tal hogar, con el flujo de energía que se recibirá del sol según la estación del año. Como no están preparados para producir el sistema ideal en cada ocasión, harán adaptaciones, unas veces buenas, otras regulares, y muchas malas, según su aprendizaje.

Luego, cuando a alguna persona brillante se le ocurra que este sistema debe desarrollarse, pues puede resultar buen negocio, le surge el problema del capital. Como no hay suficientes científicos locales que le asesoren sobre cómo crear un sistema solar local, éste dependerá inevitablemente de la tecnología de fuera que tiene un costo desarrollado para una economía desarrollada. Surge así el círculo vicioso, dilema del país pobre frente al rico, que nos hace pensar que primero hay que ser rico, luego se pueden desarrollar tecnologías.



Es decir, primero debo tener dinero, luego puedo pensar diferente. Esto es totalmente inadmisibile, debemos cambiar nuestra actitud ante las ciencias.

Si no hay intentos, no hay aciertos; sino hay esfuerzos, no hay progresos. Para que haya aciertos y progresos, se requiere un cambio en la gente, que ésta se haga científica; que mientras crece, comprometida con su entorno, se integre a grupos de estudios de sus realidades.

Nuestras fronteras tienen serios problemas derivados de la carencia de científicos que se queden a observarlos, medirlos, pensarlos y resolverlos.

En esta región se requiere un nuevo tratamiento y una manera distinta de pensar, en ello deben comprometerse los diversos sectores que la integran. Los actores deben convertirse en autores, luego con el desarrollo de su ciencia, en ejecutores y finalmente, en transformadores de sus propias realidades.

Por todo lo expuesto, no podíamos dejar de poner en primer término el tema del doctor Temístocles Muñoz López: *Los paradigmas en la ciencia y en la investigación*. Estoy seguro que estas líneas del doctor Muñoz agradarán al lector, pues amplían en mucho lo que hemos expuesto arriba, al tiempo que fundamenta la necesidad de alcanzar un nuevo modo de pensar. De manera especial resalta en su artículo la necesidad de razonar inductivamente sobre nuestros problemas. Aquí nos deja el autor el cuestionamiento de que al desarrollar la investigación, no necesariamente estamos desarrollando la ciencia.

Enseguida, damos paso a los resultados del esfuerzo que han venido haciendo estudiosos de nuestro entorno fronterizo. Estos trabajos se realizaron bajo la nueva perspectiva mundial de la conservación de recursos naturales, pues es en estas áreas en donde urge establecer el cambio de mentalidad. Es la conservación de los recursos naturales en donde hemos enfocado nuestra atención para esta primer

revista.

La bióloga Ana Gatica nos hace ver lo importante de nuestro desierto con el tema *El desierto chihuahuense. ¿Qué sabemos de él?*, dándonos una muy valiosa explicación del valor mundial de nuestros recursos bióticos, al tiempo que nos describe nuestra región a partir de sus endemismos, valores arqueológicos y características únicas. Un documento que hace divulgación al tiempo que funda los primeros pilares del desarrollo biológico regional.

Los dos estudios siguientes nos hablan de una valiosísima joya natural de nuestros alrededores, única en todo el norte de México. Esta gema no la habíamos valorado y estábamos a punto de perderla a manos de explotadores irracionales, que usando mañosamente el discurso de lo urgente, presionaban a los gobiernos para que no se realizara lo importante.

La Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en convenio con el Gobierno del Estado, realizó su primer ordenamiento ecológico territorial en los Médanos de Samalayuca. Esperemos que este documento científico llegue a ser reconocido a través del tiempo, pues representa una importante herramienta de apoyo para el rescate de los recursos naturales de nuestra región.

De tan extenso documento se extraen dos estudios que se refieren a esta extraña y valiosa región que contiene dunas altísimas, restos de mamuts, petrograbados de primeros pobladores, sílica, cerámicas de pueblos que desaparecieron, una ruta histórica, y una biodiversidad (flora y fauna) única. Tal vez por ello, el biólogo Raymundo Rivas le llamó a su trabajo *Médanos de Samalayuca. Un urgente reclamo, una estrategia*



emergente. Asimismo, la ingeniera Irma Enriquez y la químico-farmacobióloga, Patricia Olivas, titularon el suyo como *La vegetación de nuestro desierto de Samalayuca, un ambiente fascinante*.

Con el afán de entrar sólidamente en el uso de la ciencia para la conservación, el M.C. Adrián Vázquez nos aporta un excelente estudio de caso regional; *Wastewater treatment: Ciudad Juárez, a case of study (Tratamiento de aguas residuales en Ciudad Juárez, un estudio de caso)*. Este estudio nos hace pensar de nuevo en cómo algunos problemas nuestros, como es el uso del agua, adquieren matiz internacional. Por ello, sin duda, el documento se inserta en inglés, pues reclama un desarrollo de la interacción científica binacional.

En este mismo contexto, el M.C. Victoriano Garza, nos expone la gran problemática ambiental en América Latina con *Generación, tratamiento y reuso de aguas residuales* y su trabajo sobre *Efectos de la contaminación del aire y el suelo en el agua*, ambos documentos son temas de gran notoriedad y actualidad, que reclaman el desarrollo sustentable urgente para nuestro planeta.

Introducimos también un estudio referente a la búsqueda de un desarrollo sustentable para la región. Un trabajo sobre *Potencial de germinación, desarrollo y nutrición en condiciones de salinidad y sequía de doce especies de gramíneas en el Valle de Juárez*.

Finalmente, pensamos que esta revista debe dar un espacio a los trabajos de tesis, facilitándoles un espacio dónde publicar sus resúmenes. Las tesis también son producto de la investigación de los jóvenes de la entidad que están a punto de salir al mundo del trabajo profesional. De esta manera, todos los trabajos, con excepción del primero, son regionales y buscan, como propusimos anteriormente, el desarrollo de los actores que bajo el desarrollo de sus investigaciones científicas se conviertan en autores, ejecutores y transformadores de sus propias realidades.

Así, la *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ* busca científicos que se estén formando en esta y en otras regiones, pero siempre comprometidos con el desarrollo pertinente de su ciencia. Así nace esta publicación, para hacer un espacio, ser una fuente, dar un lugar, y poner una semilla para la ciencia fronteriza.

Deseamos a esta nueva revista un futuro pleno de ciencia, de nombres de científicos y de sus avances, sus logros y sus descubrimientos. Que en sus páginas queden escritas las palabras y las acciones que hacen la historia del desarrollo y el progreso.

LOS PARADIGMAS EN LA Ciencia y en la investigación

Temístocles Muñoz¹

El desarrollo de la ciencia y la investigación ha sido constante en la historia, no hay motivos para creer que se detuvo en su construcción y transformaciones. Tampoco se puede suponer que por el hecho de que un investigador sepa ejecutar una investigación, no pueda cambiar sus procedimientos, enfoques y orientaciones. En la historia de la ciencia existen dos tipos de pensamiento que son claramente diferenciados. Por una parte, el deductivo que domina la actividad científica tradicional, se basa en la creencia y no se diferencia en un fanático religioso o en un investigador ortodoxo. Por otra parte, el pensamiento inductivo que lleva a la investigación original, se basa en el saber y es más útil en aquellos campos que se encuentran contaminados por supuestos que difícilmente se pueden separar de la verdad. El trabajo del investigador en la actualidad, es adentrarse en el análisis de su práctica científica, así como en la teoría y filosofía de la ciencia para lograr aportaciones relevantes. Las instituciones que forman investigadores, necesariamente deben afrontar el problema del cambio científico y desarrollar nuevos métodos y metodologías más inductivas para propiciar resultados relevantes en su campo de actividad, así como en las transformaciones sociales.

LA CIENCIA Y EL CONOCIMIENTO

La popularización del conocimiento científico por la diversidad y amplitud de la comunicación, y por un desarrollo tecnológico prácticamente autónomo en épocas recientes, hace necesario que se revisen tanto la información como las metodologías llamadas científicas de nuestras instituciones educativas y de investigación.

Ahora se debe utilizar la categoría de *científico* como fundamento de algo que se pretende promover o vender, para lograr su legitimación.

Por una parte, el hecho de repetir datos con referencias bibliográficas de revistas y autores connotados, le dan al discurso verbal o escrito una cierta categoría de científico entre las gentes que no conocen de la ciencia, y por otro, muchos científicos e investigadores actuales están involucrados en rutinas que les impiden racionalizar su quehacer para validarlo o enriquecerlo. Así, se han soslayado las inconsistencias acumuladas en la ciencia y las metodologías de la investigación ante la sombra de una tecnología omnipresente, sin que la mayoría de las personas puedan percatarse de ello.

En el contexto de la ciencia, la información ha crecido de una manera inusitada, tanto como la tecnología de su procesamiento, lo que avizora un cambio cualitativo en el conocimiento y el conocer, más ligados a la filosofía y a la teoría de la ciencia, que a la propia práctica de la investigación.

J. Derek de Soila Price, en 1963 realizó estudios seleccionando índices cuantitativos del crecimiento de la ciencia (número de cien-

tíficos activos, número de publicaciones en ciertos dominios de la ciencia, número de descubrimientos durante un período), concluyendo que este crecimiento sigue una curva exponencial y por lo tanto es un fenómeno acelerado (Apóstel, 1982).

Considera además que tanto el número de publicaciones de ciencias como el de trabajadores científicos, se duplica cada 15 años. El número de proyectos —continúa el mismo autor— aumenta más rápidamente que el número de científicos, así los proyectos tienen cada vez menor oportunidad de realizarse, seleccionándose por criterios de la tecnología y la economía; además, la proporción de conocimientos científicos de que dispone cada hombre de ciencia, disminuye de generación en generación.

Ravaglioli (1984) también menciona que “el tiempo de redoblamiento de conocimientos requirió un siglo entre 1800 y 1900, medio siglo entre 1900 y 1950, diez años entre 1950 y 1960, y ahora parece que no supera el lustro”.

La propia cultura científica reclama una nueva definición ante la incapacidad de muchos investigadores para explicar los nuevos problemas y el número creciente de anomalías y enigmas que se presentan en los campos donde realizan su práctica, sobre todo cuando ésta se somete a una tradición investigativa que es incapaz de tratar su catálogo de problemas con los enunciados tradicionales, los métodos prescritos y las verdades heredadas.

En el trasfondo de la cultura científica, está el problema de los valores que la comunidad epistémica pertinente considera como la

¹ Coordinador del Colegio de Biólogos del estado de Coahuila, doctor en Educación Superior.

propia base de la ciencia y la investigación. No obstante, la cultura social reclama a la ciencia resultados y explicaciones confiables en cuanto a sus problemas de contaminación, agotamiento de recursos, las nuevas enfermedades epidémicas y los desarrollos recientes de campos como la biotecnología, que se presentan con su doble rostro de promesas y amenazas, tanto biológicas como morales.

Desde Marcuse (1978), la cultura es el complejo de valores éticos, estéticos e intelectuales que constituyen el diseño de la orientación del trabajo humano, el telón de fondo que orienta sus obras; se comprende mejor a la ciencia como un producto únicamente humano, generado por su cultura y dirigido a satisfacer sus necesidades de conocimiento y de conocer.

El refinamiento de los métodos de la ciencia ha tenido avances importantes y avatares dramáticos durante su compleja historia. En toda ella, el uso de la objetividad, la búsqueda de la verdad y la aplicación de una racionalidad, han sido las normas constantes que guían sus procesos de transformación y desarrollo.

En la ciencia actual, la verdad como representación nos remite a considerar que la emisión de un juicio necesariamente debe coincidir con la realidad para ser verdadero; este es un principio que fundamenta la posibilidad de que la ciencia en sus funciones pueda explicar, predecir y, con sus aplicaciones, controle los fenómenos.

La primera función de la ciencia nos devela el orden de la realidad como un conjunto de conexiones, relaciones e interdependencias que existen entre los hechos. No obstante, la sola explicitación de ellos no satisface al científico, necesita constatar que el comportamiento de la realidad, dadas las condiciones especificadas, se puede manifestar y controlar con un cierto nivel de probabilidad.

Aunque no son requisitos para la investigación, los experimentos, sobre todo los llamados cruciales, así como la predicción de los hechos futuros, juegan un papel muy importante en la actividad científica como un medio de legitimación del conocimiento, de los procesos del conocer y de la propia metodología.

La actividad científica se ha desarrollado entre el doble compromiso de seguir el juego de los procedimientos y las normas impuestas por los otros para investigar, o el de crear nuevas formas para descubrir la verdad, generando nuevas metodologías, técnicas e instrumentos bajo los criterios de objetividad y racionalidad. No obstante, la mayoría de los investigadores optan por el camino seguro de utilizar las metodologías tradicionales y resolver los problemas prescritos de su campo.

Comenta Eli de Gortari que "la investigación científica creadora exige el trabajo en equipo y la reflexión solitaria, una disciplina estricta y un autoconformismo turbulento, una imaginación desenfrenada y un espíritu crítico muy agudo, una tenacidad obstinada y una gran flexibilidad, una prudencia exagerada y una audacia sin límites".

Probablemente la única receta para resolver un problema de investigación, es que no hay recetas totalmente aplicables, y que no se puede tener un sustituto para la creatividad; es necesario correr mental y operacionalmente en todas las direcciones posibles.

Pero como en todas las actividades humanas, es conveniente pensar que no todos tienen esta posibilidad, y que existen investigadores cuya creatividad no se ha desarrollado o se ha atrofiado en la penosa rutina de investigar en campos que han sido cerrados por

comunidades epistémicas que creen tener la linterna mágica para llegar a la verdad.

LA CIENCIA EN LA HISTORIA

La búsqueda de la verdad y la comprensión de un orden continuo y extenso en la naturaleza, ha movido al hombre para indagar sistemáticamente con métodos cada vez más refinados.

La ciencia y la investigación han seguido etapas históricas más o menos definidas, con largos períodos de tradición, seguidos por otros breves, pero fructíferos de renovación, y en ellas podemos precisar sus tendencias y procesos relevantes por las características especiales que presentan.

La ciencia antigua se ubica en su período genésico, desde las primeras explicaciones objetivas sistematizadas, hasta el dominio del pensamiento cristiano, diluida en los 13 siglos posteriores hasta parte del medioevo. Durante esta etapa, la ciencia no estaba fraccionada y la filosofía incluía todas las formas del saber. La *Physis* abordó el mundo material en las pretensiones del conocimiento, y en las primeras configuraciones humanas del orden de la naturaleza.

Aristóteles fue uno de los mejores exponentes del pensamiento científico de la ciencia antigua, sobre todo en el desarrollo metodológico —que es el fundamento de los avances que tenemos en la actualidad— en cuanto a los métodos inductivo, deductivo y analógico, además tuvo importantes incursiones en todas las áreas de las ciencias naturales y en la elaboración de colecciones científicas.

Las explicaciones del magnetismo, la electricidad, el calor y la óptica, estuvieron aisladas en campos delimitados y separados hasta su integración en la física. Lo mismo ocurrió con la química, que se transformó de la alquimia; y la astronomía, de la astrología. Se desarrolló también la zoología y aisladamente la botánica como base de la medicina moderna.

La lógica sirvió originalmente como la única herramienta para conocer a partir de la observación y el pensamiento conceptual, todavía en las épocas modernas se le confiere un peso excesivo para establecer la verdad por medio de las *demonstraciones lógicas*. Pero los dilemas lógicos nos muestran sus limitaciones, como en el dilema del espartano: *lo que digo es falso*. La necesidad de validar los conocimientos implicó la *comprobación fáctica* que origina los experimentos y la *constatación* de los mismos.

No obstante, la principal característica de la época fue la limitación impuesta por los idealistas, y posteriormente, por las prácticas sociales dominantes con la aparición del cristianismo.

Uno de los ejemplos de dicha limitación, se puede ver con Andrés Vesalius, quien para poder escribir su libro de anatomía *De corporis humani fabrica* tuvo que robar cadáveres y diseccionarlos en secreto para eludir las sanciones de la Iglesia. Ello implicó romper con los principios impuestos por la autoridad moral y con la práctica médica basada en los tratados de anatomía de Galeno, que se fundamentaban en la anatomía de los monjes.

El renacer de la ciencia tuvo necesariamente un parto doloroso para quien enunciaba nuevas verdades y desarrollaba métodos de investigación. Así, Giordano Bruno fue quemado vivo en una plaza pública de Roma por sus aportaciones al método científico, la propagación del conocimiento sobre el sistema copernicano y por no

ser escolástico. Además, fue el primero en escribir en su lengua materna para divulgar con amplitud el conocimiento de la ciencia. Este mismo camino siguió Galileo, padre de la ciencia moderna.

Posteriormente Darwin, ya en el año de 1871 enfrentó la misma lucha ideológica contra la Iglesia y los científicos de la época, al publicar *El origen de las especies* y *El origen del hombre*.

Los siglos XV, XVI y XVII enfrentaron la diferenciación de la ciencia en ramas independientes: matemáticas, mecánica, astronomía, física, química, biología, geología o la antropología, así como las integraciones de campos afines en ciencias mayores.

Galileo hizo significativas aportaciones al conocimiento de la realidad, convirtiéndose en el padre de la ciencia moderna. Con la *perspectiva* (telescopio) potenció sus opciones, y ello no habría sido posible de no haber existido un interés, un conocimiento previo y un aprecio por la ciencia. Galileo observó el cielo con su *perspectiva* el 7 de enero de 1610, y a partir de ahí abrió nuevas oportunidades de conocimiento dentro de la astronomía.

En tiempos de Galilei, se publicaba únicamente en latín y con anagramas que encriptaron el conocimiento para comunidades cerradas de científicos. Él escribe en sus primeras observaciones *Smiasmirmielmepoetaleumibumenugtaviras*, que explicaba su descubrimiento, frase cuyo significado era *Allissimum planetam tergeminum observavi*, es decir: *Como triple, he observado el planeta más alto*, lo que significaba que Saturno tenía dos lunas.

Publica su primera obra abiertamente herética en 1632, titulada *Diálogo entre dos importantes sistemas del mundo: el Ptolomérico y el Copernicano*, que rompe el formato del latín para escribir en el italiano popular, al igual que Giordano Bruno. Cuando el clero lo lleva a presentarse de rodillas ante los padres de la Iglesia, después de cuatro interrogatorios, lo hacen leer un texto que afirmaba:

Yo Galileo Galilei, hijo de Vincenzo Galilei, florentino, en los setenta años de mi vida, presentándome personalmente ante los jueces, de rodillas ante ustedes, juro que siempre he creído, ahora creo y, con la ayuda de Dios, en adelante habré de creer lo que predica y lo que enseña la Santa Iglesia Católica... Por lo tanto, reniego, maldigo y desprecio la herejía del movimiento de la tierra.

Cuentan las leyendas de la época, que después, erguido en medio de la sala dijo a los jueces: "*Eppur si muove!*" (¡Pero se mueve!), cosa que es poco probable que hubiese ocurrido ahí, ya que ello implicaba terminar sus días quemado con leña verde como se acostumbraba aplicar la ley a los herejes.

Hasta 1642 —fecha en que fallece a los 78 años— estuvo custodiado por dos monjes para evitar que dijera su verdad. Sus restos fueron trasladados con honores 100 años después a la iglesia de Santa Cruz en Florencia y depositados junto a los de Miguel Ángel. En 1992, 358 años después de que fuera condenado por herejía, el papa Juan Pablo II reconoce que la Iglesia se había equivocado y resarce su imagen.

En la etapa de la construcción sintética de la ciencia, se busca la cohesión interna del conocimiento y surgen ciencias de síntesis que llenan vacíos.

Para la segunda mitad del siglo XX se inicia la reubicación de la filosofía como concepción que proporciona la metodología del conocimiento científico. Se inicia también el debate entre la verdad lógica y como representación, el determinismo y la causalidad contra el probabilismo, además de la discusión de la racionalidad. Así, se recurre a la explicación del desarrollo y progreso de la ciencia, articulando su historia como un laboratorio epistemológico.

La historia de la ciencia es de lagunas, vacíos e inconsistencias en el saber, así como de brillantes anticipaciones, deslumbrantes avances metodológicos, refinamientos instrumentales acumulativos y, de progresivas aproximaciones a la verdad en el conocimiento.

EL CONCEPTO DE CIENCIA

La ciencia se comienza a definir actualmente y se precisa su ámbito de acción. En la noción más actualizada su acepción se da a partir de los conceptos que son comunes para la mayoría de los investigadores, denotando su estructura y sus funciones en relación con sus objetivos, su metodología o proceder. De ahí, su definición resulta más que todo convencional, en tanto que es un acuerdo de quienes están involucrados con ella, sobre todo los estructural-funcionalistas.

La convención se puede precisar en el siguiente cuadro:

	¿Qué es?	¿Cómo se hace?	¿Para qué?
Como estructura	Conocimiento objetivo y racional expresado en postulados, fundamentos, leyes y teorías	Métodos científicos	Explicar objetivamente el orden que existe en la naturaleza
Como proceso	Construcción de explicaciones	Investigación científica	Explicar, predecir y controlar los fenómenos

Al respecto, Albert Einstein (1982) desde el punto de vista del conocimiento define a la ciencia como un pensamiento metodológico dirigido a encontrar las conexiones regulativas entre nuestras experiencias sensoriales.

La caracterización de la ciencia actualmente responde a una concepción dominante de los científicos, pero se habrá de considerar que para entenderla es necesario establecer en qué paradigma se encuentra quien así la define.

El estudio de los paradigmas es imprescindible para establecer cuáles son las perspectivas actuales y las alternativas de conceptualización que existen, pero por nuestro acostumbramiento no somos capaces de transformarlos. Por ello es necesario abordar el tema.

PARADIGMAS

Es común durante un amanecer, que algunas personas digan "ya salió el sol", sin embargo muy pocas veces alguien indica la imprecisión del comentario. Imaginemos a Tycho Brahe y a Copérnico sentados observando ese amanecer, exactamente el mismo desde el mismo lugar, y podremos entender el concepto de "paradigma". Brahe seguramente ve al sol saliendo sobre el horizonte, en tanto que Copérnico se sentiría transportado en la rotación de la tierra hacia el oriente. El sol aparece una vez más, estático en el centro del sistema solar y cada uno está en un paradigma diferente.

La polémica de las teorías geocéntrica y de la heliocéntrica que hoy nos parece irrelevante, ya había sido iniciada muchos siglos antes, cuando Aristarco en el Siglo III a.n.e. propuso que la tierra se desplazaba alrededor del sol al igual que los demás planetas; no obstante, su observación no se consideró seria, dado que para todos era evidente que el sol salta sobre el horizonte. Tolomeo, el ilustre astrónomo egipcio fundamentó la creencia popular de que el sol giraba alrededor de la tierra y así lo hacían los demás astros.

En su *Índex de los libros prohibidos*, de 1620, la curia romana condena la obra de Copérnico donde habla sobre su teoría heliocéntrica y respalda la teoría geocéntrica. Tuvieron que pasar 18 siglos para que Copérnico mostrara la razón que tuvo Aristarco, y pasaron muchos más años para que la verdad se generalizara.

Los científicos también se encuentran literalmente comprometidos con su visión del mundo. Así, el orden de la naturaleza sólo pueden apreciarlo cargados de sus compromisos ontológicos, sus ideologías y sus perspectivas teóricas. Dos científicos verán cosas diferentes aun observando lo mismo, porque ya están cargados de "teoría". Están viendo la realidad con lentes que la deforman de acuerdo al matiz de sus compromisos ontológicos preconcebidos.

En la pretensión de originalidad, la búsqueda de los paradigmas existentes o la generación de los mismos, es un requisito para todos los investigadores que se encuentren anomalías y problemas recurrentes en los campos ya excesivamente cargados de explicaciones, ya como síntomas de una crisis.

El concepto de paradigma en la ciencia se discute formalmente desde los sesentas, y tiene dos sentidos básicos de acuerdo a T. Khun (1969):

- a) Como matriz disciplinaria o paradigma en sentido estricto, definido como "un cuerpo característico de creencias y concepciones que abarcan todos los compromisos compartidos de un grupo científico", y como
- b) Ejemplares (exemplars), considerados como "soluciones típicas de problemas concretos que el grupo científico acepta como característicos de una teoría".

El autor además menciona que "...cuando un paradigma domina la actividad de una comunidad científica, no sólo determina cuáles son las teorías y leyes que se sostienen como válidos, sino también cuáles problemas y métodos de solución son reconocidos como científicos", de que se deriva la necesidad de aprender a ver la realidad con nuevos enfoques, si se quiere apreciar el fenómeno en una nueva dimensión.

Para Laudan (1981) al parecer los cambios de paradigmas no presentan rupturas totales, sino que algunos rasgos se conservan en la transición como hilos conductores en el nuevo paradigma. En el análisis del modelo de funcionamiento de la ciencia, menciona que el cambio teórico es progresivo y que en la coexistencia de teorías rivales que hacen evolucionar hacia un mayor progreso científico, se busca como objetivo un mayor valor de verdad, por lo que la evaluación de teorías es un asunto comparativo con criterios que no son permanentemente fijos.

Aunque los paradigmas no son totalmente explícitos —la mayoría de las veces hay que desbrozarlos de la práctica profesional o de las investigaciones—, se constituyen como telón de fondo de los modelos que surgen en la explicación de una realidad específica.

Así, el modelo es una representación de la estructura parcial de la realidad, que permite ver las relaciones entre los constituyentes y operar con poder de explicación y predicción. Al respecto, Bunge (1972) indica que el descubrimiento científico es una reconstrucción y no un reflejo, un proceso de construcción de modelos de la realidad y no una copia de ella, precisando además que el establecimiento de leyes exige la construcción de modelos teóricos.

Los atributos básicos de los paradigmas y modelos, a partir de los cuales puede ser trazada una delimitación del campo conceptual y los niveles de acción e influencia, pueden ser esquematizados de muchas maneras, que incluyen sus características especiales y distintivas. No obstante, en todos los casos, la exigencia de su génesis en la realidad condiciona la construcción del modelo y lo ubica entre ella y el paradigma. De hecho, un paradigma puede tener varios modelos que representen a la realidad, con diferentes contenidos y aproximaciones a la verdad.

Considerando que los modelos se construyen a partir de los elementos constituyentes de la realidad, cuando un elemento en todos los modelos posibles del paradigma no aparece relacionado, vigente o válido, por medio de un proceso de selección que pueda constatar la congruencia, pertinencia, necesidad y consistencia, entonces es eliminado del paradigma y éste se depura denotando sus atributos.

La elaboración de modelos de explicación pudiera quedar más clara si consideramos que el modelo surge en el hombre a partir de la reconstrucción de la realidad, como único origen válido de elaboración, en cuyo caso se procede a elucidar los atributos constituyentes del paradigma.

El paradigma tiene sólo elementos comunes a todos los modelos y por lo tanto a la propia realidad, y se reconstruye a partir de elementos, explicitando los que hay, eliminando los no comunes e incorporando los que puedan existir y ser consistentes.

Para encontrar los paradigmas, se considera necesario identificar los atributos irreductibles mediante la investigación de carácter inductivo y fenomenológico. El paradigma compartido por un conjunto de personas como telón de fondo o esquema normativo de aproximación, aprehensión y acción en la realidad, domina por medio de una serie de conceptos, premisas, formas de percepción y compromisos ontológicos, que muchas veces no son sistemáticamente abordados y explicitados.

PARADIGMAS DECADENTES DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO

La ciencia actual —incluidas dentro la biología, la física y la química— está contaminada por falsas ideas y conceptos que impiden al investigador ser un verdadero científico. Ello quiere decir que para desbrozar el camino de la ciencia, es necesario explicar los contaminantes conceptuales, que limitan la creatividad al hacer imposible percibir la realidad sin las cargas conceptuales de teorías que muchas veces no lo son.

Relativo a ello se presentan enseguida algunos ejemplos de los errores más comunes de la expresión científica.

Causalismo y determinismo contra probabilismo y condicionalidad

Uno de los problemas comunes de los científicos e investigadores, es el de creer que el mundo es una inmensa máquina donde todos los engranes unidos por cohesión y covarianza, se mueven de forma concatenada e interactuante. El mundo newtoniano está presente en sus ideas y piensan que cosas como la caída de una roca aquí, tendrá necesariamente un efecto en China tarde o temprano.

Si consideramos que existe razón de causa-efecto en todas las cosas, entonces los efectos resultantes serán las causas de otros fenómenos posteriores y el mundo estará determinado por un destino ineludible, donde para conocer sólo es necesario que el investigador pueda concatenar causas y efectos.

El problema para ellos será medir cuidadosamente las causas para predecir el futuro, y en una civilización con una capacidad creciente para manejar altos volúmenes de información compleja, es cuestión de tiempo prever todos los hechos. Para muchos de estos científicos, sólo es verdad lo que se apega a la teoría y a lo predicho, pudiendo descalificar la realidad cuando contradice la teoría.

En la actualidad, el concepto de causalidad está sustituido por el de condicionalidad, asumiendo que el número indeterminado de condiciones que interactúan en la realidad, tienen un peso diferencial para que ocurra un fenómeno; muchas de las condiciones que se presentan son fortuitas o contingentes, no previstas, y por lo tanto la realidad nos puede sorprender. El investigador que aparta sus teorías o compromisos conceptuales siempre está atento y se libera de prejuicios que le impiden la observación primaria y libre de un hecho, por lo que está mejor preparado para lograr nuevos desarrollos.

Las condiciones contingentes o previstas participan con un cierto nivel de probabilidad en la explicación de los fenómenos, lo que se puede precisar —si es necesario— al final de la investigación. La propia verdad que el investigador enuncia, tiene un cierto contenido de verdad y otro de error, por lo que la probabilidad de error, medida estadísticamente, es recíproca del contenido de verdad. El desarrollo de la teoría de la probabilidad y su medición estadística, es fundamental para legitimar la investigación.

En la actualidad, cuando se habla de ciencia se procura hablar de condicionantes, de niveles de significancia y de probabilidades de error, en tanto que las explicaciones científicas y sus predicciones están precisadas en su contenido de verdad, enfatizando que es una aproximación cada vez más cercana a ella y que persisten algunas cosas sin una total explicación.

El causalismo y su determinismo se han desplazado para dejar el

camino a la condicionalidad y el probabilismo.

Teleologismo

Otra de las tendencias de los científicos doctrinales, puede ubicarse en explicar la naturaleza como si ésta fuese una entidad que tiene motivos, o como si las plantas y animales los tuvieran. Es común escuchar en los legos, cosas como: “los animales usan el mimetismo para esconderse de sus predadores”, con ello se le asigna una voluntad al espécimen, que le faculta a dirigir el rumbo de la evolución por medio de la adaptación.

Antropomorfismo

Otro de los errores comunes de las expresiones pseudocientíficas, es asignar a los fenómenos naturales un animismo humanoide. Decir frases para referir eventos cíclicos como *la naturaleza tiene memoria*, o ante una catástrofe natural: *es una venganza de la naturaleza*, corresponde a la más antigua mentalidad helénica, en cuyas explicaciones, los fenómenos, las artes, los sentimientos y las emociones, eran encarnados en personajes humanizados de la mitología.

Otros errores consisten en expresar: *la ciencia dice que...*, como si ella fuera un personaje que hablara o *vamos a mejorar la ecología*, en lugar de referirse al ambiente, como si esta ciencia tuviera una naturaleza material.

Legislación natural contra teoresis

Otros tropiezos de expresión pseudocientífica consisten en intentar descubrir las leyes, asumiendo que ellas ya existen. Las leyes en realidad son enunciados que expresan los comportamientos regulares de los fenómenos, pero como enunciados al fin, son elaboradas a partir de una cuidadosa integración conceptual de hechos, postulados y teoremas que tienen su base misma en la realidad.

Las leyes no se descubren tras la puerta del laboratorio ni se inventan con la ayuda de la iluminación divina; las leyes reconstruyen la realidad explicitando sus regularidades, muchas veces con una pretensión predictiva. La construcción de teorías (teoresis) se fundamenta en las leyes y es un proceso mucho más elaborado de lo que el investigador común supone.

Algo similar ocurre con la elaboración de las hipótesis; para la mayoría consisten en enunciados causalistas que como regla deben contener las variables de la investigación como primera norma, y en seguida redactados como *Si... entonces...*, lo que deja el espacio propicio para lanzar una suposición o conjetura audaz. En la investigación actual, la hipótesis es confundida con un supuesto previo que es necesario comprobar. De hecho, la hipótesis surge de una o varias investigaciones previas que denotan el peso, la concordancia, las diferencias y las relaciones de las variables en el fenómeno que se explica.

Con el asire de las falsas ideas pseudocientíficas, los investigadores no podrán aproximarse al conocimiento objetivo, ni siquiera plantear adecuadamente un problema y la metodología para resolverlo.

LOS MÉTODOS DE LA CIENCIA

Desde Aristóteles se han reconocido y buscado los métodos más adecuados para conocer y generar nuevos conocimientos. Los métodos de la ciencia han caído presos de un reduccionismo que mejor apunta a una

técnica instrumental para investigar, que a un método de la ciencia.

En el origen de la ciencia moderna, con Galileo se precisa la necesidad de plantear un problema, recabar información sobre el hecho estudiado, establecer hipótesis y llevarlas a la verificación mediante un experimento, todo con el apoyo de la matematización. Ello ha desarrollado una lamentable confusión entre el experimento y la investigación y ha llevado a considerar erróneamente que una investigación no es tal sin el experimento.

Esta investigación llamada por algunos cuantitativa, y propia de las "ciencias naturales y exactas", ha dejado fuera de sus estrechos límites a otros tipos de investigación que se desarrollan en la mayoría de los casos sin lograrlo, procurando el rigor, la racionalidad y objetividad de la ciencia.

Muchos investigadores de las llamadas ciencias sociales, como la educación y la sociología, rechazan tanto la experimentación como el uso de las matemáticas, pues se niegan a reconocer su analfabetismo numérico y tienden a insertarse en lo que llaman "investigaciones cualitativas"; que con el uso de la lógica y la experiencia, propenden a validar los fenómenos sociales por la consonancia de las demostraciones lógicas, sin la comprobación fáctica o la constatación.

Atributos de los paradigmas	
Paradigma cualitativo	Paradigma cuantitativo
Fenomenologismo (comprensión) "interesado en comprender la conducta humana desde el propio marco de referencia de quien actúa".	Positivismo lógico, "busca los hechos o causas de los fenómenos sociales, prestando escasa atención a los estados subjetivos de los individuos".
Observación naturalista y sin control.	Medición penetrante y controlada.
Subjetivo.	Objetivo.
Próximo a los datos, perspectiva "desde adentro".	Al margen de los datos, perspectiva "desde afuera".
Fundamentado en la realidad, orientado a los descubrimientos; exploratorio, expansionista, descriptivo e inductivo.	No fundamentado en la realidad, orientado a la comprobación, confirmatorio, reduccionista, inferencial e hipotético deductivo.
Orientado al proceso.	Orientado al resultado.
Válido: datos "reales", "ricos" y "profundos".	Confiable, datos "sólidos", repetibles ("hard data").
No generalizable: estudios de casos aislados.	Generalizable: estudios de casos múltiples.
Observacional.	Experimental
Holista (integral) sistémico.	Particularista, Analítico, Reduccionista.
Supone una realidad dinámica.	Supone una realidad estable.
Etnometodología.	Encuestas
Conceptos por definirse en la propia investigación.	Conceptos definidos a priori y luego medir indicadores.
Descubrimiento de teoría.	Comprobación de teoría.

Los paradigmas de la investigación cuantitativa y cualitativa no son en la medida en que cada uno tiene aproximaciones distintas al objeto de estudio, aunque se les ha procurado precisar para demostrar su insuficiencia tipológica, de acuerdo a la tabla de Méndez Ramírez (1989).

El autor denota además, que tampoco debemos caer en la trampa de afiliarnos a uno de estos esquemas dualistas de investigación excluyendo cualquier otra posibilidad.

Se recomiendan normas de carácter general, cuya observación puede apoyar un mejor desarrollo de la investigación, como las propuestas de Sindermann (1983) en las que establece como guías o consejos no escritos y los científicos usan casi inconscientemente en la investigación, las cuales se mencionan a continuación:

- Tener un plan o estrategia de investigación, tanto a largo como a corto plazo.
- Leer la literatura, incluyendo las revistas extranjeras o *abstracts*, para saber dónde está la frontera del conocimiento.
- Seleccionar los problemas sustantivos que parezcan posibles de solución en tiempos aceptables; considerar todas las hipótesis, pero comenzar con la prueba (contrastación) de las más razonables.
- Realizar trabajos exploratorios o piloto en una escala modesta para exponer las desventajas en técnicas y otras áreas problemáticas, antes de iniciar los estudios cuantitativos.
- Colectar más datos de los que se necesitarán, pero determinar por anticipado que es una muestra estadísticamente válida.
- Evitar la "preferencia inconsciente" en la investigación personal, en la cual los experimentos y datos que favorecen una conclusión particular, pueden recibir un peso excesivo en la evaluación del conjunto de los resultados.
- Recordar que la repetición es una característica esencial de la experimentación; la no repetición de los resultados provee sugerencias sobre la intromisión de factores extraños no controlados.
- Esperar que el experimento definitivo surja lentamente; usualmente no "brincará detrás de la primera puerta".
- Hacer una regla absoluta de que si varios laboratorios participan en los análisis, se debe hacer intercalibración y estandarización de técnicas.
- Estar preparado, cuando el peso de la evidencia lo dicte, para desechar o modificar una hipótesis aunque ésta pueda haberse convertido en una "mascota".

Además de lo anterior, la técnica de la investigación recetaria puede ser seguida por esquemas convencionalmente aceptados que salvan a los jóvenes aprendices de la ciencia del penoso proceso de pensar, marcando rutas definidas como la que se adjunta en el anexo I, tomado de Sproull, N. L. (1988).

Pero más allá de la investigación rutinaria para resolver los problemas de investigación del catálogo de una disciplina particular, está la investigación original, la que en realidad hace transforma-

ciones en la ciencia y su metodología, la que puede cambiar el planteamiento de los problemas y sus soluciones. Cuando llegamos a ella, nos damos cuenta de que probablemente estuvimos resolviendo adecuadamente los problemas equivocados.

Con relación al método y a la metodología de referencia, se puede afirmar que por su condición de requisito de originalidad y de generación de paradigmas, necesariamente tendrá un fuerte carácter inductivo en el análisis y el tratamiento de la información, esto implica el adoptar una perspectiva en la que se pretende ir al objeto de estudio sin un marco teórico, elucidar sus atributos y analizarlos a la luz de sus propias condiciones de dimensionalidad y continuidad en el tiempo.

A este respecto es conveniente ejemplificar la importancia de replantear el problema sin las cargas teóricas o hipótesis subyacentes. Stanley A. Cain (1955) en su libro de *Fundamentos de fitogeografía*, refiriéndose al centro de origen de las plantas cultivadas, indica que:

...las ciencias que forman la geobotánica [...] y la geozoología, llevan un pesado lastre de hipótesis y suposiciones, resultado de un excesivo empleo de razonamiento deductivo. Lo que hace falta en primer lugar en estos campos, es un completo retorno al razonamiento inductivo con las suposiciones reducidas a un mínimo, e hipótesis basadas sobre los hechos demostrables y propuestas solamente cuando sean necesarias. En muchos casos, las suposiciones que nacen del razonamiento deductivo, han penetrado tan profundamente en la ciencia geográfica y han formado parte de su estructura durante tanto tiempo, que los investigadores de este campo sólo difícilmente pueden distinguir los hechos reales de la ficción.

Coincidiendo con Cain, podemos afirmar que tanto los modelos de la ciencia como la educación que se promueve en su consecuencia, al igual que la educación en general, ya poseen explicaciones que se basan en un creciente número de supuestos y conjeturas validadas por creencia, por consonancia y por demostraciones lógicas, sin abrir el campo en toda su amplitud para explorar otros puntos de vista y enfoques de la problemática.

Este hecho es particularmente importante como lo menciona Khun (*op. cit.*), al indicar que la naturaleza de las revoluciones científicas no se da precisamente por la solución de los problemas existentes, sino por su distinto planteamiento.

Es necesario establecer claramente los fundamentos metodológicos de la investigación creativa, dado que la aproximación al fenómeno estudiado y sus atributos requieren originalidad, tanto en el planteamiento del problema como en la metodología y en los resultados, para dar un aporte diferente a los tratamientos tradicionales, sobre todo donde se tiene como en toda ciencia formal, un catálogo de problemas de la disciplina y métodos establecidos de tratamiento que son considerados aceptables, y por tanto, se rechazan las innovaciones metodológicas.

Tanto en las investigaciones educativas como en las científicas tradicionales, se toma como paradigma de investigación el modelo galileano. No obstante, en el análisis de la información para cons-

truir el marco teórico, se parte de un conjunto de conocimientos dados previamente por otros autores y se les asigna un criterio de verdad aceptada, es decir, se cree en ellos y luego se deduce.

El problema metodológico, como lo afirma Cain (*op. cit.*) es que se llega al punto de no poder separar las hipótesis de las conjeturas o supuestos planteados por los investigadores precedentes, y la verdad se transforma en un conocimiento dudoso, muchas veces difícil de aceptar, pero que se valida porque ya está escrito.

El hecho de partir de premisas dadas como verdaderas y de ahí construir o reconstruir el conocimiento conjeturado como hipótesis para acercarse a la realidad y someterla a prueba, es el más puro deductivismo que contamina la información y perjudica la investigación. Partir de un marco teórico es ubicarse en la creencia y la deducción.

La recomendación hecha por Stanley Cain, de reducir las suposiciones al mínimo y usar las hipótesis sólo cuando son necesarias y basadas en hechos demostrables, es una tendencia totalmente inductivista que pretende partir de nuevo de la realidad y sus atributos para reconstruir el conocimiento. Las teorías y compromisos ontológicos del investigador y de su comunidad científica, son una peligrosa fuente de contaminación que es necesario eludir si se pretenden resolver añejos problemas de un campo, los que aparentemente no tienen solución, a pesar de que han sido abordados continuamente resaltando sólo anomalías.

El método inductivo requiere la garantía del trabajo con la realidad, vista de nuevo en sus manifestaciones con otros enfoques apartados de los esquemas teóricos y conjeturales preformados, sin las cargas o compromisos ontológicos que inducen a ver lo que se quiere ver, sin el prejuicio de las premisas dadas como verdades y aceptadas sólo por su consonancia lógica.

En la metodología que se necesita utilizar, el problema de base es desbrozar primero la realidad de las manifestaciones que no son precisamente sus atributos o los fenómenos puros, o al menos, denotar los atributos que tienen la garantía de pertinencia al fenómeno. La investigación original se enfrenta a un segundo problema: el de la reconstrucción de la realidad con los elementos obtenidos de nuestra aproximación a ella.

No es necesario ser filósofos de la ciencia para poder desarrollar apropiadamente la metodología, sin embargo sí es importante fijar claramente los esquemas fundamentales que nos den la garantía de racionalidad y objetividad para aproximarnos a la realidad que se busca.

Con la anterior orientación general, la aproximación más adecuada se localiza en la fenomenología como método, no precisamente como filosofía, aunque ello la implique, para la aproximación y obtención de los atributos, los fenómenos o elementos de los modelos y los paradigmas buscados, de acuerdo tanto a la recomendación de Cain (*op. cit.*) y Husserl (1988), que trata este método.

En las Conferencias de París, E. Husserl (*op. cit.*) indica que "Nos conformamos con colocarnos en el interior del proceder de las ciencias y extraer de él su ideal de científicidad como aquello a lo que la ciencia aspira. Según su propósito, no debe valer como realmente científico nada que no esté fundamentado mediante evidencia perfecta, esto es, que no pueda acreditarse MEDIANTE RETROCESO A LAS COSAS [Sachen] O ESTADOS DE LAS COSAS MISMAS EN LA EXPERIENCIA Y LA INTELECCIÓN

PRIMIGENIAS (mayúsculas del texto original) ...nos imponemos el principio de juzgar sólo con evidencia y de revisar críticamente la evidencia misma, y con esto también, como se pretende de suyo, con evidencia”.

Con lo anterior, el autor citado pretende fijar en primer lugar, al menos el principio de objetividad, el cual no es suficiente si el investigador o científico aborda la realidad con preconcepciones, a lo cual argumenta “...no basta poner fuera de validez a todas las ciencias que nos son predadas y tratarlas como prejuicios; también tenemos que despojar de su validez ingenua a su base universal: la de la experiencia del mundo”. Además precisa que

...todo permanece como era, sólo que yo no lo tomo simplemente como existente, sino que me abstengo de toma de posición respecto del ser y la ilusión. También me abstengo del resto de mis menciones, juicios, de mis tomas de posición valorativas referentes al mundo, puesto que presuponen el ser del mundo, y tampoco para ellos el abstenerme significa su desaparición, a saber, como meros fenómenos... esta inhibición universal de toma de posición sobre el mundo objetivo, que llamamos EPOJÉ FENOMENOLÓGICA (mayúsculas del texto original), se convierte precisamente en el medio metódico mediante el cual me aprehendo puramente como aquel yo y aquella vida de conciencia en los cuales y mediante los cuales el mundo objetivo en su totalidad es para mí y es precisamente para mí.

Con lo anterior, Husserl plantea una aproximación diferente al mundo concreto, cuidando además lo que no pudo evitar: que la fenomenología fuera usada por tendencias idealistas dentro de la metafísica especulativa. El mismo autor indica con respecto a las cogitaciones cartesianas que “...gracias a nuevas investigaciones, y especialmente a las bellas y profundas de los señores Gilson y Koyré, nosotros sabemos cuánta escolástica se desliza en secreto y como prejuicio no aclarado en las meditaciones de Descartes”. Con ello pretende liberarse del prejuicio en las cogitaciones, lo que en el fondo es reconocer el partir de lo dado como premisa general aceptada por verdadera, el marco teórico que prefigura el investigador, y prejuzga las investigaciones y la realidad misma.

La fenomenología, menciona M. Heidegger (1988):

...significa primariamente el concepto de un método ...expresa una máxima que puede formularse así: ¡a las cosas mismas!, frente a todas las construcciones en el aire, a todos los descubrimientos casuales, frente a la adopción de conceptos sólo aparentemente rigurosos, frente a las cuestiones aparentes que se extienden con frecuencia a través de generaciones como problemas.

En la aplicación de la fenomenología como método de investigación, lo que se pretende es precisar los atributos del fenómeno, los llamados elementos constitutivos de los modelos y paradigmas, denotando aquellos que le son característicos y le dan consistencia e identidad, o mejor dicho, los que constituyen su quiddidad [...] (evito intencionalmente el concepto de *esencia*), sin los cuales el fenómeno, modelo o paradigma deja de serlo. El trabajo consiste en

tonces en depurar los elementos, quitando los que no son constituyentes. Además, se deben retirar o suspender los juicios o esquemas teóricos tradicionales, revisar el fenómeno para reconstruir en lo posible la realidad y precisar sus posibles tendencias.

Resumiendo con palabras del propio Heidegger

...el verdadero movimiento de las ciencias es el de la revisión de los conceptos fundamentales, que pueda ser más o menos radical y ver a través de sí mismo también más o menos... Y justo el problema ontológico de trazar una genealogía de los distintos modos del ser que no proceda deductivamente ni constructivamente. ...toda ontología, por rico que sea y bien remachado que esté el sistema de categorías de que disponga, resulta en el fondo ciega y una desviación de su mira peculiar, si antes no ha aclarado lo suficientemente el sentido del ser, por no haber concebido el aclararlo como su problema fundamental.

La fenomenología como método, es una necesidad fundamental de la investigación original y descansa en la necesidad de aproximarse a la realidad procurando sus atributos quidditarios o elementos constituyentes, sin cargas teóricas previas, para reconstruir sus modelos y paradigmas inductivamente.

SABER Y CREER

En algunos casos, aceptando el conocimiento dado como verdadero, se rompe convencional o arbitrariamente la línea de demarcación entre los términos observacionales y la metafísica especulativa para caer en la creencia, como ya lo han planteado Carnap (1989) y Shapere (1989).

El conocimiento pierde su relación con los términos observacionales, aun respetando o forzando las reglas de correspondencia, y la creencia se afirma como verdad, no obstante que no sea sujeta a comprobación fáctica; se acepta porque se hace una demostración lógica que puede no ser verdad. Lo lógico no siempre es verdadero, recordemos el dilema del espartano: *Lo que digo es falso*, entonces el científico se enreda peligrosamente en un esquema pseudocientífico donde caben el creer y el saber indiscriminadamente. En ellos el rito científico tiene mucho de religión y el investigador de fanático. (Véase la figura 1)

El saber es característico del pensamiento científico, en tanto que el creer lo es de las ideologías. Indudablemente que todos tenemos derecho a creer, pero existen creencias de tal importancia por su amplitud en las explicaciones de la vida, y de tal profundidad en la existencia del hombre, que deben ser sujetas a constatación y comprobación fáctica.

Así como existe el derecho inalienable de cualquiera para creer, también hay una responsabilidad ética de las creencias, que nos empuja a someterlas a prueba. Pasada esta confrontación con la realidad, la creencia deja de serlo y se busca saber si su contenido de verdad es suficientemente constatado.

Muchos de los científicos creen todo lo considerado como científico en las lecturas, por el solo hecho de que aparece en una publicación de este tipo, así se convierten en fanáticos creyentes de la religión llamada ciencia y no se diferencian de los creyentes de otras religiones.

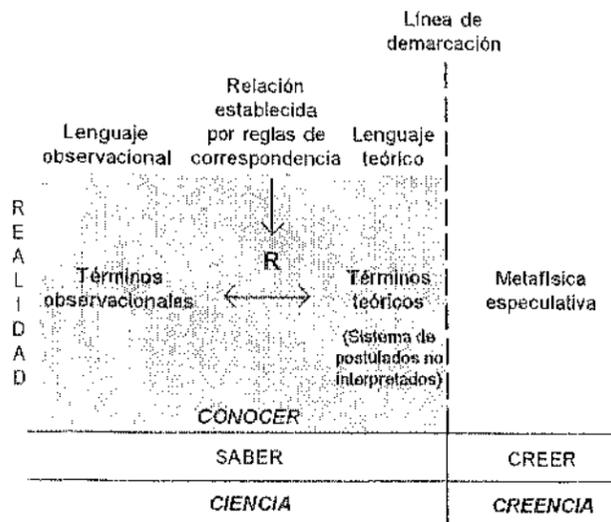


Figura 1. La relación entre los términos teóricos y los términos observacionales, elaborada por el autor con información según Rudolph Carnap (1989) y Dudley Saphere (1989).

Podemos afirmar que el científico que rechaza a priori la confrontación de un hecho que puede ser demostrable por vía de la razón para que no se le considere científico o supone que está fuera del catálogo de sus problemas de investigación, está fanatizado y cierra las puertas a los avances de su ciencia. Para ellos como para los religiosos, las creencias no se discuten.

TIPOLOGÍAS DE LA INVESTIGACIÓN

En los tiempos más cercanos a las comunidades científicas actuales, se consideró que la investigación podía tener una tipología dualista para precisar su prioridad o utilidad, así se habló de investigación horizontal y vertical, o de pura y aplicada. Los niveles de precisión se hicieron más complejos y se llegó a indicar que la misma no podía ser tipificada.

No obstante, la precisión operacional de las metodologías, requiere definir el tipo de investigación que se realiza para controlar el ámbito de acción y los alcances de cada proyecto. Entre los desarrollos más recientes podemos incluir una tipología que es más comprensiva, elaborada de acuerdo a los propósitos de la investigación por González Alanís (1994), y se indica a continuación.

TIPOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Por la proposición del objetivo:

Diagnóstico: Refiere integralmente y con sentido comprensivo los acontecimientos en la sucesividad o secuencialidad temporal.

Hallazgo: Indica expresamente anomalías, vínculos o relaciones encontradas fuera de norma o expectativa.

Innovación: Supone un cambio, transformación o asociación en función de insumos que proporcionan novedad en elementos, formas, relaciones o estructuras.

Experimental: Manipulación del antes y el después con objeto de probar, comprobar o disprobar. Requiere hipótesis explícitas. Es

deductiva.

Construcción de modelos: Implica la asociación coherente de elementos atributivos que permitan plantear una descripción y explicación probabilística o estructural. Es de carácter inductiva.

Desarrollo teórico: Se apoya en leyes científicas y relaciona constatada y objetivamente cuando menos tres de ellas en una función macroexplicativa.

Generación de paradigmas: Construcción de una nueva perspectiva que da una visión diferente y sin precedente. Es de carácter inductiva.

Por la orientación funcional:

Teórica: Relaciona teorías con apoyo en las leyes científicas que las constituyen, con objeto de generalizar e interrelacionar dimensiones explicativas. Es inductiva y deductiva.

Aplicada: Interviene en la realidad concreta con objeto de ejecutar modelos, efectuar cambios o transformaciones en la misma. Es deductiva.

Básica: Es la que sustenta de origen las premisas de trabajo científico.

Derivada: Es aquella que se realiza con apoyo en investigaciones previas, modificando escenarios, ubicación o universo.

Original: Es aquella que deriva de un nuevo paradigma y genera dimensiones de explicación, sustentación o complementación sin precedente.

Trasuntiva: Es copia o repetición de otra en un escenario diferente.

Fáctica: Trabaja con hechos, cosas, objetos y sus relaciones.

Conceptual: Trabaja con ideas, nociones, conceptos o definiciones.

Por la orientación operacional:

Sincrónica: Lo concomitante a breve período en el tiempo, simultánea temporalmente.

Diacrónica: Exploración sucesiva y explícitamente secuencial en relación al tiempo.

Longitudinal: A lo largo del fenómeno en su integralidad.

Transversal: Un corte, sección o parte del fenómeno integrado.

Fenomenica: Observación mostrativa de atributos en su quiddidad.

Análogica: Es comparativa a través de las concordancias y diferencias en los atributos del fenómeno.

Inductiva: Articulación coherente e integradora de las partes en un todo-construcción, síntesis.

Deductiva: Descomposición de las partes de un todo a partir de los elementos que lo constituyen.

Por la forma de ejecución:

Histórica: Presenta relacionabilidad y secuencialidad temporal en tres dimensiones: pasado y/o presente y/o futuro.

Genética: Explora el origen, el antecedente más remoto de algo.

Evolutiva: Articula las etapas de un proceso; es diacrónica.

Conflicto: Implica una dimensión de *shock* o confrontación para romper o alterar alguna condición específica.

Participativa: Los investigados y el investigador forman una misma interacción.

Estructural: No trabaja con elementos simples, sino con estruc-

luras delimitantes.

Prospectiva: Es una parte de la historia, pero no toma el pasado ni el presente, proyecta a dimensión de futuro. Su eje principal radica en la probabilidad.

Por la derivación expositiva:

Mostrativa: Enseña, muestra o presenta los atributos en cuanto tales o, en su caso, el fenómeno a manera de origen comprensivo.

Enlistativa: Sólo enumera, no les da orden o jerarquía. Solamente registra atributos.

Enunciativa: Representa un trabajo conceptual en donde se construye un juicio o premisa que hace las veces de enunciado categorial.

Enumerativa: Ordena, enumera los atributos del fenómeno observado.

Narrativa: Se articulan los elementos buscando precisión entre la parte sintáctica y semántica, connotativa y denotativamente en el acontecer de lo investigado.

Demostrativa: Muestra los elementos atributivos o sus relaciones en función de un contexto previo.

Especificativa: Implica agrupación, genera especies, agrupa, aglutina, tipifica o clasifica.

Descriptiva: Quita lo oculto a lo investigado, ya sean atributos, relaciones y estructuras.

Exegética: Explica en función de un marco de referencia previamente aceptado.

Explicativa: No requiere de un marco de referencia, necesita de la relación coherencial explícita entre los elementos atributivos y sus relaciones con capacidad predictiva.

REFERENCIAS

Apóstel, Leo. *Interdisciplinaridad, terminología y conceptos*. Fotocopia de documento de trabajo. Azcapotzalco, México: Universidad Autónoma Metropolitana, 1982.

Bunge, Mario. *Causalidad. El principio de causalidad en la ciencia moderna*. Buenos Aires: Ed. Universitaria de Buenos Aires, 1972.

Cain, Stanley A. *Fundamentos de fitogeografía*. Buenos Aires: ACME AGENCY, 1951.

Carnap, Rudolph. "El carácter metodológico de los conceptos teóricos". En Olivé, León y Ana Rosa Pérez Ranzans. *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*. México: Ed. Siglo XXI, 1989.

Einstein, Albert. *Ideas and opinions. Religion and science: irreconcilable?* New York: Crown Trade Paperbacks, 1982.

González Alanís, Ariel H. *Tipología de la investigación científica*. Apuntes del Doctorado en Ciencias de la Educación, Facultad de Ciencias de la Educación y Humanidades: Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, 1994.

Heidegger, Martín. *El ser y el tiempo*. Quinta reimpresión de la segunda edición revisada. México: Fondo de Cultura Económica, 1988.

Husserl, Edmund. "Las conferencias de París". *Cuaderno 48*. México: Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNAM, 1988.

Khun, Thomas S. (1969). *Second thoughts on paradigms*. Symposium on the structure of scientific theories. In F. Soppes (comp.), *The structure of scientific theories*. University of Illinois Press, 1977.

Khun, Thomas S. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1991.

Laudan, Larry. "Un enfoque de solución de problemas al progreso científico". En Pérez Ranzans, Ana Rosa. *Modelos de cambio científico* (fotocopia de texto sin referencias incluida en bibliografía de análisis del programa doctoral). México: 1981.

Marcuse, H. "Notas para una nueva definición de la cultura". *Cuadernos de formación docente*, núm. 13, México: 1978. Pp. 50-71.

Méndez Ramírez, I. "El paradigma cuantitativo vs. el cualitativo en la investigación". *Comunicaciones técnicas*, núm. 110. México: Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM, 1989.

Shapere, Dudley. "El problema de los términos teóricos y términos observacionales". En Olivé, León y Ana Rosa Pérez Ranzans. *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*. México: Ed. Siglo XXI, 1989.

Sundermann, Carl J. *The joy of science. Excellence and its rewards*. New York and London: Plenum Press, 1985. P. 259.

Sproull, N. L. *Handbook of research methods: a guide for practitioners and students in the social sciences*. Metuchen N. J. and London: The Scarecrow Press Inc., 1988.

Ravaglioli, Fabrizio. *Perfil de la teoría moderna de la educación*. México: Ed. Grijalbo, 1981.

EL DESIERTO CHIHUAHUENSE. ¿Qué sabemos de él?

Ana B. Gatica¹

En el presente trabajo se destaca la importancia del país por su gran biodiversidad, y el número de especies en algunas de las categorías de la NOM-059-ECOL-94. Se describen aspectos abióticos y bióticos del desierto chihuahuense, así como la problemática asociada. Una medida alternativa es la creación de la escuela de biología, que tiene como objetivos principales la formación de recursos humanos en el manejo de recursos naturales.

INTRODUCCIÓN

El concepto de desierto aunque está definido en función de la aridez, no siempre es respetado, debido a la comparación o sinonimia errónea con el término de "nada". Para los conocedores del área, esto es totalmente incierto, debido a que en los ecosistemas desérticos es posible realizar diversos estudios, entre ellos, destacan los de ecología animal y vegetal. Claro que la composición biótica de estos sistemas no es comparable con la existente en los bosques tropicales, pero por ello, no se debe descartar el interés por desarrollarlos.

Las regiones desérticas se encuentran localizadas en latitudes aproximadas a los 30° al norte y sur, caracterizadas por una precipitación menor a 25 centímetros de lluvia anual. Son ecosistemas sencillos, por ello son sistemas relativamente fáciles de estudiar. Representan una baja productividad neta de 90 g/m² en promedio, comparado con el bosque tropical lluvioso con 2 200 g/m², de acuerdo a Terborgh (1992).

El 5 por ciento de la superficie de Norteamérica corresponde al denominado bioma desértico, el cual se clasifica en cuatro tipos de desiertos: el de la Gran Cuenca, que comprende a los estados de Utah y Nevada, es considerado un desierto frío; el de Mohave, con una porción de California, Arizona y Nevada, ahí se encuentra el Valle de la Muerte, que es el punto más bajo de todo el continente (90 metros bajo el nivel del mar), ambos desiertos son exclusivos de los Estados Unidos; el sonorense, compartido por Arizona, Sonora y Baja California, con el Sahuaro como especie representativa, y por último, el gran desierto chihuahuense con una pequeña porción estadounidense integrada por Nuevo México y Texas, sin embargo en México incluye varios estados: Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Nuevo León.

El interés particular de este documento es la caracterización del desierto chihuahuense, para ello se realizó la presente revisión bibliográfica, en la que se consideraron principalmente los aspectos bióticos y abióticos. Se adicionó información de la biodiversidad

de la nación con respecto a otros países, para revelar la importancia de los recursos naturales del país, también se anotaron algunos datos históricos y arqueológicos.

DIVERSIDAD BIOLÓGICA DEL PAÍS

Es conveniente presentar la situación existente de la diversidad de especies a nivel mundial y regional, ello nos proporcionará un panorama de la importancia biológica de la nación.

A nivel mundial, México se encuentra en el primer lugar en diversidad de reptiles, segundo lugar en mamíferos y cuarto en anfibios.

Comparado a nivel de región neotropical, se tiene un primer lugar en diversidad de reptiles, un primero en mamíferos y cuarto en anfibios.

La importancia de la biodiversidad a nivel mundial, se detalla en la siguiente tabla:

México: diversidad de especies a nivel mundial y regional			
Concepto	Número de especies	Posición a nivel mundial	Región neotropical
Mamíferos	449	2°	1°
Aves ⁽¹⁾	1 150	-	7°
Reptiles	717	1°	1°
Anfibios	282	4°	4°
Mariposas ⁽²⁾	52	10°	6°
Angiospermas	25 000	4°	3°

⁽¹⁾ La posición de México a nivel mundial está en el lugar número 11 ó 12, ya que el 10 lo ocupa China con 1 195 especies

⁽²⁾ Mariposas de la familia Papilionidae

Fuente: Modificado de McNelly y otros. "Amazonia sin mitos", Comisión Amazónica de Desarrollo y Medio Ambiente, 1992. En SEDESOL/INE. "Información de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente", 1991-1992, México, 1993.

¹ Maestra en Ciencias del Centro de Estudios Biológicos, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Una vez conocida la situación de la biodiversidad en México, y analizando la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-94), en la cual varias instancias gubernamentales, no gubernamentales y académicas definieron a las especies y/o subespecies, de acuerdo a alguno de los siguientes estatus: peligro de extinción (P), protección especial (Pr), amenazada (A), rara (R), y endémica.

Tenemos que existen 1 471 especies de fauna y 950 de flora en las diferentes categorías, siendo el valor de 477 correspondiente al grupo de los reptiles el mayor, y en segundo lugar las aves.

México: Especies y subespecies de flora y fauna silvestre (terrestre y acuática), según diferentes grados de sobrevivencia ⁽¹⁾					
Especies	Total	A Amenazadas	R Raras	P En peligro de extinción	Pr Protección especial
Flora	950	336	433	130	51
Fauna	1471	465	697	204	105
Mamíferos	265	118	91	45	11
Aves	339	122	144	56	17
Reptiles	477	111	308	16	42
Anfibios	199	42	134	7	16
Peces	140	61	20	59	-
Invertebrados	51	11	-	21	19

⁽¹⁾ Con base en la "Norma Oficial Mexicana NOM-059-Ecol-94, que establece especificaciones para la protección y determinación de las especies y subespecies de flora y fauna tanto silvestres, terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial". Fuente: Poder Ejecutivo Federal, Secretaría de Desarrollo Social, *Diario Oficial*, México, 16 de mayo de 1994.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE

Físicas

Límites del desierto chihuahuense.

Uno de los principales temas controversiales es la distribución correspondiente al desierto chihuahuense, el cual tiene por lo menos 12 descripciones de los límites de su área, una de ellas incluye masas montañosas que son muy altas, y por lo tanto, muy frías y húmedas para considerarlas como desierto, de acuerdo a los índices de aridez que definen a los verdaderos desiertos. Sin embargo, Schmidt (1979) reconoce que los límites no pueden delimitarse a satisfacción de todas las ciencias involucradas en esta región, y que los desiertos son básicamente regiones climáticas y por ello, los elementos del clima representan el factor más significativo para definir las zonas áridas.

El desierto chihuahuense, de acuerdo a Shreve (1951), y Rzedowski (1978), se ubica en la altiplanicie mexicana, entre las Sierras Madre Oriental y Madre Occidental, comprende a estados estadounidenses y mexicanos descritos con anterioridad.

Las sierras son en su mayoría de origen sedimentario y se manifiestan en forma discontinua (García-Castañeda, 1978).

Briones (1994), describe al desierto chihuahuense con una altitud

que varía entre 1 000 y 2 000 metros sobre el nivel del mar (msnm), a lo largo de su eje norte-sur, y debido a esto es notoria la influencia de las bajas temperaturas comparadas con el desierto sonorense, la precipitación de verano es más importante que la de invierno.

Biológicas

Vegetación

En 1936, Brand realizó un estudio de la vegetación del noroeste de México, dicha información fue depositada en un mapa, como antecedentes, refiere la recolección de material botánico del estado de Chihuahua hecha por investigadores extranjeros, entre ellos: Adolf Wislizenus en 1846; Josiah Gregg en 1830; Charles Wright, 1847-1851; C. V. Hartman y F. D. Lloyd, 1890-1893.

Florísticamente, la zona árida chihuahuense es única y muy importante en México, ya que presenta un alto grado de endemismos (Rzedowski, *op. cit.*).

García-Castañeda (*op. cit.*), define algunas características del desierto chihuahuense de acuerdo a la región fisiográfica que corresponde al estado de Chihuahua, según se presenta en el "Marco geográfico de la desertificación en México".

A) Tierras extratropicales

I. Tierras extratropicales subhúmedas de Baja California.

II. Tierras extratropicales áridas y semiáridas.

a) Baja California

b) Desierto de Sonora

c) Pastizales del borde oriental de la Sierra Madre Occidental

d) Altiplanicie del Norte

e) Pastizales del Noroeste

f) Sierras transversales

g) Altiplanicie Central

La altiplanicie o mesa del norte, se encuentra en la clasificación de tierras extratropicales áridas y semiáridas, está constituida por el llamado desierto de Chihuahua, que es una prolongación de la provincia fisiográfica de montañas y bolsones o cuencas cerradas de los Estados Unidos de América.

La vegetación es de matorrales: desértico micrófilo, crasicaulo y rosetófilo, así como de pastizales, estos tienen una afinidad bien marcada por tipos específicos de suelo, así en los terrenos salados de los lagos-playa se presentan comunidades halófitas con pastos, por ejemplo, la sabaneta *Hilaria mutica*, *Hilaria berlandieri* y chamizo *Atriplex canescens*. En los lomeríos de rocas sedimentarias se presenta el matorral rosetófilo de lechugilla *Agave lechugilla*, yuca *Yucca treculeana* o yuca *Yucca carnerosana* y el nopal cegador *Opuntia microdasys*, sobre los lomeríos de origen ígneo se desarrolla el matorral crasicaulo formado por cardenches y nopales *Opuntia* spp., sangregado *Jatropha dioica* y gobernadora. El matorral desértico micrófilo está representado por la gobernadora *Larrea divaricata*, que suele estar asociada con cactáceas *Opuntia* spp., y con gramíneas como *Scleropogon brevifolius*, *Bouteloua* spp., *Sporobolus* spp., entre otras. La candelilla *Euphorbia antisyphilitica*, el guayule *Parthenium argyretatum*, la lechugilla y la pal-

una ixtlera o palma samandoca *Yucca carnerosana*. Las especies son abundantes y los lugareños han logrado descubrir la utilidad alimenticia, medicinal y en algunos casos ritual.

Se consideran por lo menos mil especies de plantas con énfasis especial en la región del desierto chihuahuense (Johnston, 1984).

Briones (*op. cit.*) comenta que el patrón de precipitación durante el invierno favorece a las especies anuales que germinan principalmente en este período. Las especies de gramíneas tienen una proporción mayor en la composición de la vegetación que en otros desiertos. Las cactáceas son generalmente abundantes, dominan los arbustos perennes y varias especies de *Agave* y *Yucca* que son comunes y conspicuas. En algunos lugares ocurren cactáceas columnares como *Myrtillocactus geometrizans* y especies arborescentes de *Yucca*. La vegetación predominante consiste de matorrales xerófitos, aun cuando también son frecuentes los pastizales y bosques espinosos de *Prosopis* spp.

Actualmente existen varias instituciones nacionales que participan en estudios de vegetación en la zona desértica, algunas son: el Centro de Estudios Biológicos de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, la Universidad Autónoma de Chihuahua y el Instituto de Ecología.

Fauna silvestre

Peces

La ictiofauna del desierto chihuahuense es de aproximadamente unas 100 especies nativas (Miller, 1984), esta información fue presentada en el simposium de recursos biológicos de la región del desierto chihuahuense (Brown, 1984). La existencia de especies en diferentes cuerpos de agua en la región es atribuida a la introducción por la práctica de actividades acuícolas en el país vecino a principio de siglo. Aunque la actividad acuícola en el norte del estado no se realiza por tradición cultural, empieza como una actividad potencial generadora de ingresos, con futuro.

En el Ordenamiento Ecológico Territorial de los médanos de Samalayuca (1997), se registraron dos peces *Gambusia affinis* y *Carassius auratus* en los cuerpos de agua (ojos de agua).

Reptiles y anfibios

La herpetofauna está representada por especies como el gecko bandeado de Texas *Coleonyx brevis* y las lagartijas cola de látigo del género *Cnemidophorus*, de especial interés son las especies *C. neomexicanus* y *C. tessellatus*, que son clones de hembras partenogenéticas que se encuentran en hábitats con presencia de disturbio (Wright y Lowe, 1968). Algunas especies de víboras de cascabel como *Crotalus scutulatus* y *C. abax*, son comunes en el desierto.

El Instituto de Ecología, realizó un libro acerca de la Ecología del desierto chihuahuense (1981), en el cual se trabajó el área del bolsón de Mapimí, y el objetivo fue la organización de algunas comunidades de vertebrados, como es el caso de la tortuga del bolsón *Gopherus flavomarginatus* y algunas lagartijas.

Los estudios en herpetología han sido realizados por varios investigadores como: Smith, Williams y Moli (1963); Williams, Smith y Chrapliwy (1960); Tanner (1985, 1987 y 1989); Smith y colaboradores (1995); Campbell y Lamar (1989); Leinos-Espinal y colaboradores (1994a, 1994b y 1997), entre otros, que han trabajado la

porción norte del estado de Chihuahua.

En el Ordenamiento Ecológico Territorial de los médanos de Samalayuca (*op. cit.*) se registraron 45 especies de reptiles en el área de estudio, entre ellos destacan la lagartija de costado manchado *Uta stansburiana*, la lagartija cola de látigo *Cnemidophorus tigris* y la lagartija sorda *Holbrokia maculata*. Seis especies se encuentran en algún estatus en la NOM-059-ECOL-94.

Avifauna

La avifauna del desierto se compone de especies como el corre-caminos *Geococcyx californicus* y el oriol de Scott *Icterus parisorum* (Wright y Lowe, 1967)

La ornitofauna registrada en el área de los médanos de Samalayuca es de 59 especies, entre ellas destaca el halcón cola roja *Buteo jamaicensis*, el corre-caminos *Geococcyx californianus* y la paloma *Zenaida macroura*. Siete especies se encuentran en algún estatus en la NOM-059-ECOL-94.

De acuerdo a las 35 provincias bióticas utilizadas por Escalante y colaboradores (1998) presentan la diversidad de aves y endemismos en la República Mexicana. Para la región 26 denominada Desierto de Chihuahua Norte, el número de especies es de 95 con dos endémicas; la región 27: Desierto de Chihuahua Sur presenta 149 especies y un total de 14 endémicas.

Mamíferos

Anderson (1972), realizó un estudio de la taxonomía y distribución de los mamíferos de Chihuahua, en este documento se concentra la información correspondiente a ocho órdenes, con 25 familias, 63 géneros y 123 especies nativas, algunas especies son las siguientes: rata de maderas *Neotoma albigula*; murciélago pálido *Antrozous pallidus*; coyote *Canis latrans*; zorrillo *Mephitis macroura*; gato montés *Felis rufus* y el venado burro *Odocoileus hemionus*, entre otros.

Las especies domésticas en el estado son ocho y son las siguientes: perro *Canis familiaris*, gato *Felis catus*, caballo *Equus caballus*, burro *Equus asinus*, cerdo *Sus scrofa*, cabra *Capra hircus*, oveja *Ovis aries* y el ganado *Bos taurus*. El avestruz *Struthio camelus*, que ha sido utilizado históricamente por sus plumas en Sudáfrica, es actualmente una especie de gran importancia avícola en la región, utilizando las plumas, la piel, la carne y como pie de cría.

Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1993), presentan los resultados de un estudio acerca de la diversidad mastozoológica en México, en el cual se analizó la distribución geográfica de 448 especies terrestres nativas, en 121 cuadrantes, con un área de 20 mil km² cada uno, identificaron tres regiones de riqueza mastozoológica:

Región	Área	Número de especies	Promedio/ cuadrante
1	1 040 000km ²	311	24.2
2	660 000km ²	372	59.9
3	300 000km ²	302	101.0

La región 1 corresponde a las tierras más planas y bajas del país y coincide con las provincias Bajacaliforniana, Del Cabo, Sonorense, Chihuahuense, Coahuilense, Tamaulipeca, el extremo sur de la Del Golfo, el sur de la Yucateca, la Del Balsas, la Guerrerense y la porción costera de la Chiapaneca; y es ésta la zona más extensa del país, la que presenta el promedio menor por cuadrante, en asociación con vegetación tipo matorral xerófilo, bosque tropical perennifolio y subcaducifolio.

De acuerdo a los resultados obtenidos del Ordenamiento Ecológico Territorial de los Médanos de Samalayuca (*op. cit.*) se registraron 35 especies de mamíferos para la zona de estudio, entre ellos tenemos el murciélago *Tadarina brasiliensis*, la liebre *Lepus californicus*, la rata de maderas *Neotoma albigula*, el coyote *Canis latrans*, el gato montés *Felis rufus* y el venado *Odocoileus hemionus*; cuatro especies se encuentran en algún estatus de la NOM-059-ECOL-94.

ALGUNOS ASPECTOS PALEONTOLÓGICOS Y ANTROPOLÓGICOS

El primero en registrar los fósiles de vertebrados existentes en Chihuahua fue el capitán Castañeda, mientras avanzaba el grupo de la expedición Coronado en el año de 1540 (Winship, 1896).

Flores-Villela (1998) presenta el registro fósil de la herpetofauna mexicana de los grupos recientes, los taxa comprendidos en el estado de Chihuahua son los siguientes:

Taxa	Edad	Distribución anual
<i>Bufo campi</i>	Plioceno	Especie extinta y registro fósil dentro del área de distribución actual
cf <i>Gopherus sp.</i>	Plioceno-Pleistoceno	Especie extinta

En la sierra de Samalayuca existen petrograbados que representan figuras antropomorfas y zoomorfas, que evidencian el respeto y utilidad hacia los recursos existentes en esos tiempos, en ellas es posible identificar especies animales como carnívoros, serpientes y ranas, asimismo vegetales como el ocotillo y el peyote.

PROBLEMÁTICA

Con respecto a la desertificación del área correspondiente al desierto chihuahuense (García-Castañeda *op. cit.*), describe que la erosión eólica e hídrica, por las violentas pero escasas precipitaciones, ha denudado áreas importantes dejando al descubierto las corazas calcáreas (horizonte pretrocálcico), gípsicas o dúricas, habituales de estas regiones áridas, que se están extendiendo por la apertura de tierras de cultivo, que al poco tiempo son abandonadas por improductivas y por la explotación intensa de lechuguilla, guayule y candelilla.

La vulnerabilidad a la desertificación es moderada en cuanto a erosión y sedimentación; es elevada la salinización de las tierras bajo riego. La presión demográfica es de baja a moderada, con excepción de la Comarca Lagunera donde se eleva y ha ocasionado un importante abatimiento de los mantos freáticos.

Es conocido el saqueo de especies fósiles en estratos de roca

sedimentaria de la región de Chihuahua, esto dificulta las investigaciones de especialistas nacionales y/o extranjeros en la realización de estudios paleontológicos que auxiliarían a explicar la biota existente en tiempos pasados.

Ciudad Juárez es el centro urbano más grande en la región norte del estado, miles de cruces fronterizos ocurren diariamente por sus varias garitas internacionales, ello es muy atractivo para las personas que practican actividades de tráfico ilegal de especies nativas y exóticas; así como la introducción de especies no nativas podría causar un riesgo a la salud, debido a que posiblemente estas especies sean reservorios de parásitos dañinos al hombre; por otro lado, una inadecuada alimentación puede causarles la muerte por desconocimiento de la dieta para especies tropicales.

ALTERNATIVAS

- La carrera de Biología recién abierta, es una opción académica que se presenta ante la urgencia de preparar especialistas en el manejo de fauna y flora silvestre.
- Para el conocimiento de los recursos naturales de la región, es necesaria la participación de especialistas, que auxiliarían en la generación de inventarios biológicos y bases de datos que posteriormente podrían integrarse en un sistema de información geográfica; esto es indispensable en la planeación de centros urbanos, áreas naturales protegidas, simulación de eventos catastróficos, entre otros.
- Colaborar con los propietarios de predios con especies de interés cinegético, para que sea una fuente alternativa de ingresos, esto mediante las unidades de manejo y aprovechamiento (UMA's), que el Instituto Nacional de Ecología (INE), presenta como opción al desarrollo de la nación. Otras actividades pueden ser: acuicultura, apicultura, cunicultura y propagación de especies vegetales silvestres en viveros.
- Apoyar la creación de un zoológico que funcione como sitio de resguardo de especies decomisadas por las autoridades, además de que funcionaría como sitio alternativo de esparcimiento y educación a la comunidad.
- Incrementar la capacitación en la práctica de manejo de viveros y en la reforestación de especies nativas, esto con el objetivo de reintroducir las especies de acuerdo a las zonas y disminuir el gasto de agua.
- Implementar procedimientos de identificación y evaluación en procesos de desertificación con acciones tendientes a minimizar este fenómeno que perjudica el desarrollo de la región.
- Participar en campañas de educación ambiental, capacitación, administración, legislación y manejo de los recursos naturales de las zonas áridas de la región, involucrando los diversos sectores y niveles de educación.

CONCLUSIONES

La formación de recursos humanos es necesaria para realizar los estudios de los recursos naturales de la región, así como en la participación en campañas de divulgación a los diversos sectores de la

comunidad. Es indispensable que el conocimiento de los recursos naturales regionales se integre en un sistema de información geográfica, ya que esto apoyaría en la adecuada toma de decisiones con respecto a los mismos. Es importante que los habitantes de esta región conozcan las características de la misma, para lograr transmitir a las generaciones siguientes el legado de la naturaleza.

REFERENCIAS

- Comisión Amazónica de Desarrollo y Medio Ambiente, 1992. "Amazonia sin mitos", en *SEDESOL/INE, Información de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente, 1991-1992*, México: 1993.
- Anderson, S. 1972. "Mammals of Chihuahua Taxonomy and Distribution". *Bulletin of the American Museum of Natural History*. Volumen 148: article 2. New York.
- Brand, D. D. "Notes to accompany a vegetation map of northwest Mexico". *The University of New Mexico Bulletin. Biological Series*, vol. 4., num. 4, 1936.
- Briones, Oscar. "Origen de los desiertos mexicanos". *Ciencia* 45, 1994. Pp. 263-279.
- Brown, D. E. *Biotic Communities Southwestern United States and Northwestern Mexico*. 1984.
- Diario Oficial. 1994. Poder Ejecutivo Federal, Secretaría de Desarrollo Social, México: NOM-059-ECOL-94.
- Barbaud, R., y G. Halliter (ed.). *Ecology of the chihuahuan desert*. México: Instituto de Ecología, A. C., 1981.
- Escalante Pliego, P., A. G. Navarro Sigüenza y A. Townsend Peterson. "Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México", en *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot, y J. Fa. Instituto de Biología, UNAM, 1998. 792 pp.
- Flores-Villela, O., y A. G. Navarro S. "Un Análisis de los Vertebrados Terrestres Endémicos de Mesoamérica en México". *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* vol. esp. (XLIV), 1993. Pp. 387-395.
- Flores-Villela, O. "Herpetofauna de México: distribución y endemismo", en *Diversidad Biológica de México: orígenes y distribución*. Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot, y J. Fa. Instituto de Biología. UNAM, 1998. 792 pp.
- García-Castañeda, Fausto. "Marco geográfico de la desertificación en México", en *La desertificación en México* Fernando Medellín-Leal (ed.), 1978.
- Barraza, L. R. Díaz, A. Gatica, I. Enrique, R. Rivas, P. Olivas, R. Durón, J. Molinar, y J. Vázquez. *Ordenamiento Ecológico Territorial de los médanos de Samalayuca*. Gobierno del Estado de Chihuahua-UACJ, 1997.
- Johnston, M. C. "Brief resume of botanical, including vegetation, features of the Chihuahua Desert region with special emphasis on their uniqueness", en *Transactions of the Symposium on the biological resources of the Chihuahuan Desert Region: United States and México, National Park Service Transactions and Proceedings Series 3*. US: Department of the Interior, 1984. Pp. 335-359.
- Miller, R. R. "Composition and derivation of the fish fauna of the Chihuahuan desert region", en *Transactions of the Symposium on the biological resources of the Chihuahuan Desert Region: United States and México, National Park Service Transactions and Proceedings Series 3*. US: Department of the Interior, 1984. Pp. 335-359.
- Ramírez-Pulido, J., y A. A. Castro Campillo. "Diversidad Mastozoológica en México". *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, vol. esp. (XLIV), 1993. Pp. 413-427.
- Rzedowski, J. *Vegetación de México*. México: Limusa, 1978.
- Schmidt, R. H. Jr. "A climatic delineation of the 'real' Chihuahuan Desert". *Journal of Arid Environments*, 2, 1979. Pp. 243-250.
- Shreve, F. "Vegetation of the Sonoran Desert". *Carn. Inst. Wash. Publ.* 591, 1951. Pp. 1-192.
- Terborgh, J. *Diversity and the Tropical Rain Forest*. NY: Scientific American Library, 1992.
- Winship, G. P. *Coronado Expedition of 1540-42*. Part LXIV. Ann. Amer, 1896.
- Wright, J. W., and C. H. Lowe. "Hybridization in nature between parthenogenetic and bisexual species of whiptail lizards (*genus Cnemidophorus*)". *Amer. Mus. Novitates*, 2286. Pp. 1-36.

MÉDANOS DE SAMALAYUCA. UN URGENTE RECLAMO, Una estrategia emergente

Raymundo Rivas Cáceres¹

En los médanos de Samalayuca urge conservar importantes recursos naturales, arqueológicos y geológicos, flora, fauna y petrograbados a través de la identificación de áreas sobresalientes y peculiares como la sierra El Presidio, la sierra Samalayuca y el sistema de dunas, determinando zonas estratégicas de protección, conservación, rehabilitación, aprovechamiento intensivo y limitado. Por lo tanto, se describe un manejo adecuado de los recursos naturales, culturales e históricos con la finalidad de conformar algún estatus que garantice el equilibrio de los ecosistemas y protección de la zona arqueológica en la región de Samalayuca para el beneficio de las presentes y futuras generaciones.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo integral y sostenido de una región es posible, si se respeta el papel que la estructura ecológica tiene, y en base a ella se define una estrategia de uso de la tierra y sus recursos. Lamentablemente para Samalayuca, esto no siempre ha sido tomado en cuenta, por lo que se requieren conservar importantes recursos naturales, como los materiales geológicos: caliza, yeso, sílice, sulfato de sodio, cristales de selenita, flora y fauna.

El crecimiento económico de Ciudad Juárez y sus alrededores (médanos de Samalayuca) ha tenido siempre un significativo efecto adverso en el aprovechamiento de sus recursos, provocado por el desconocimiento de la necesaria interrelación entre los procesos productivos, la ecología de una región y la consecución de una mayor productividad a largo plazo que evite la degradación de los recursos naturales.

En el caso de los médanos de Samalayuca, que representan ecosistemas frágiles en sus zonas áridas y semiáridas, la sequía que se ha dado en los últimos años, ha causado daños irreversibles a la capacidad biológica de sustentación, así como a la de renovabilidad de los recursos.

La anterior situación no sólo se refleja en una serie de impactos negativos en el medio ambiente (desmontes de la cobertura vegetal, extracción de material geológico, erosión, pérdida del recurso agua y desplazamiento de la fauna nativa, entre otros efectos antropogénicos), sino en la reducción de la diversidad biológica de esta zona.

Este problema requiere de un urgente programa estratégico donde se implementen alternativas que incorporen no sólo propuestas de desarrollo económico, sino también de protección, conservación y rehabilitación de los médanos de Samalayuca.

A continuación realizaré una breve descripción de las características naturales del área, que serán de gran importancia para detectar zonas sobresalientes y peculiares.

Las dunas, que presentan un atractivo natural de gran belleza, se

clasifican como dunas tipo aklé, porque presentan crestas sinuosas orientadas perpendicularmente en la dirección de los vientos predominantes. Este patrón es típico de dunas grandes sujetas a vientos unidireccionales (Schmidt and Marston, 1981).

La sierra Samalayuca y sus alrededores poseen vestigios arqueológicos muy importantes, que muestran el desarrollo social y cultural de los grupos humanos que habitaron esta zona hace muchos años (Uribe, 1995).

Las dunas móviles y matorrales poseen plantas capaces de sobrevivir en un ambiente tan poco propicio por la falta de precipitación durante gran parte del año. Algunas de ellas, incluyendo las hierbas anuales y ciertas dicotiledóneas diminutas, evitan las condiciones extremas reduciendo su ciclo vital a la corta estación de lluvia y pasan el resto del año en forma de frutos o de semilla que yacen en el suelo en estado de vida latente.

Cuando dichas semillas y frutos son arrastrados por el viento, forman la base de las redes alimenticias en las regiones más áridas, en donde no crece planta alguna (sistema de dunas). Las semillas son recogidas y almacenadas por las hormigas, mientras que la acumulación de material vegetal alimenta a las larvas de los escarabajos, que son a su vez presa del grupo de arácnidos y otros depredadores (Arnold, 1977).

También se encuentran plantas (matorrales) que poseen características biológicas de importancia relevante, pues sirven de refugio para muchos animales que interactúan con esta vegetación (Barbault and Halfiter, 1981).

De acuerdo a las peculiaridades ya mencionadas, es necesario que se describa un programa estratégico de esta área, determinando y priorizando así las necesidades de protección, conservación y rehabilitación, estableciendo además acciones a realizar para su cumplimiento y buen funcionamiento que derive en un mejor manejo de las dunas de Samalayuca.

¹ Investigador del Centro de Estudios Biológicos, UACJ.

JUSTIFICACIÓN

1. Mantenimiento de ciclos biológicos que aseguren la conservación de los ecosistemas que albergan los procesos evolutivos propios de la región.

2. El área representa una zona arqueológica que es fundamental para la revalorización cultural e histórica de la interrelación hombre-naturaleza.

3. Representa zonas de desarrollo económico que deben ser sustentables basadas en un programa estratégico de conservación.

OBJETIVOS

Definir zonas estratégicas para la preservación y conservación de áreas con valor ecológico y arqueológico, determinando a su vez el manejo racional de los recursos naturales, reglamentando adecuadamente las actividades de explotación de los recursos naturales y coordinando entre los interesados en esta actividad, las medidas de mitigación en las zonas que se requieran.

RESULTADOS

A) Zonificación de manejo

Zona de protección (zona núcleo)

Área delimitada exclusivamente a las actividades que estarán dirigidas hacia la investigación, uso del turismo especial y selectivo, así como relacionadas con la interpretación ambiental y arqueológica.

Esta área abarca toda la sierra de Samalayuca, comprendiendo una zona arqueológica.

También las dunas móviles de mayor extensión se contemplan, ya que se forman a partir de un proceso natural de desertización que se da a partir de la composición eólica de las rocas de arenisca, principalmente.

Este proceso es muy lento, ya que la acumulación del material tarda miles de años, el cual al ser arrastrado por el viento —que en esta región es más o menos constante a lo largo del año— que orienta su dirección hacia la sierra Presidio, produce el fenómeno de retención de arenas (dunas), lo cual conforma un atractivo natural de gran belleza escénica.

De ahí la importancia de El Presidio, pues funciona como barrera geográfica en gran parte del sistema de dunas móviles, determinado en conjunto con las faldas de la sierra. En consecuencia, la vida silvestre ha venido registrándose y adaptándose bajo estas condiciones especiales.

Se recomienda que en estas zonas no se autorice el uso extractivo de los recursos.

Zona de rehabilitación (zona de recuperación natural)

Esta área rodea la zona núcleo en el sistema de dunas y gran porción de zonas de transición, enmarcadas por ecosistemas de dunas móviles, las sierras, matorral de dunas con vegetación y matorral de gobernadora.

La importancia de esta zona se caracteriza por la diversidad de funcionalidades que posee cada uno de estos ecosistemas, como:

- La sierra El Presidio forma una cuenca cerrada que aporta agua a las áreas más altas que se escurren y drenan en

las partes más bajas.

- Dunas móviles que se caracterizan por la escasa vegetación existente, permitiendo la acumulación de las arenas y la retención de agua en largos periodos de tiempo, siendo de gran importancia para la recarga del acuífero desde hace miles de años.
- Matorral de dunas y de gobernadora: se caracterizan estos sitios como de gran diversidad biológica, funcionando como áreas de refugio, descanso, cobertura, reproducción y anidación; formando corredores biológicos de relevante importancia para la permanente continuidad de los procesos evolutivos.

Esta zona deberá de ser restaurada por todos los responsables del uso extractivo de la materia prima, asignando el Gobierno del Estado de Chihuahua y la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología (DGDUE), la responsabilidad en las actividades de remediación, restauración y recuperación ecológica.

Se recomienda que en estas zonas no se autorice el uso extractivo de los recursos.

Zona de conservación (zona de uso restringido).

En esta zona el uso de los recursos está limitado a un programa que deberá sujetarse a las especificaciones, procedimientos, obligaciones, remediaciones, criterios, cantidades y tiempo de recuperación; además se deben presentar estudios previos de Impacto Ambiental y Manejo de Recursos Naturales que para tal efecto establecerá la DGDUE.

Zona de aprovechamiento (zona de uso intensivo).

Esta área promueve el desarrollo para zonas productivas, bienes y servicios, reconociendo las actividades económicas prioritarias de la región. Todo esto dirigido bajo el concepto de sustentabilidad (desarrollo integral).

En esta área el uso de los recursos es permisible.

Zona de aprovechamiento limitado (zona de amortiguamiento).

En esta área el uso de los recursos es permisible con base en el esquema de sustentabilidad de los recursos con el menor impacto en la conservación y mantenimiento de los ecosistemas. Dicha región rodea a todas las zonas anteriores (Torres, 1996).

B) Estrategias de manejo

Protección del recurso:

- Darle su importancia a las sierras (zona núcleo) que rodean y protegen gran parte de las zonas de dunas como sistema ecológico fundamental.
- En la zona de conservación se recomienda autorizar el uso restringido de extracción de los recursos naturales, contemplando la necesidad de un tiempo de recuperación que será rotatoria en toda la zona. Todo este proceso estará sujeto a las especificaciones, procedimientos, criterios,

cantidades y tiempo de recuperación que para tal efecto establezca la Dirección General de Desarrollo Urbano y Ecología del Estado de Chihuahua.

- En las zonas de amortiguamiento y de uso intensivo, el aprovechamiento de los recursos es permisible con base en su esquema de sustentabilidad, que facilitará la conservación y mantenimiento de los ecosistemas de estas zonas.

En la zona de recuperación natural, se recomienda comprometer a todos los responsables de la extracción de los recursos naturales a implementar las siguientes acciones en la región de Samalayuca:

- Rehabilitar áreas frágiles con actividades de reforestación de vegetación nativa en las zonas alteradas y de gran impacto.
- Otorgar porciones de tierra para la recuperación ecológica.
- Construir bebederos en lugares estratégicos para el mejoramiento del hábitat animal y contrarrestar la escasez de agua en las estaciones más secas.
- Poner vigilancia en las áreas de mayor incidencia de cacería furtiva.
- Instalar un mínimo de dos estaciones climatológicas en puntos de mayor y menor precipitación respectivamente, a fin de estimar la escasez de estos recursos y su evolución estacional. El monitoreo climático incluirá por lo menos temperatura máxima y mínima y precipitación, incluyendo también evaporación y vientos.
- Asignar fondos para identificar y estudiar la red hidrológica.
- Eliminar fuentes contaminantes que afecten a los alrededores de la zona de recuperación, debido a las actividades conducidas por la extracción de los recursos naturales y actividades industriales ya establecidas.
- Eliminar todo tipo de objetos no biodegradables producto de actividades humanas que se localizan en los alrededores del área.
- Eliminar cualquier fuente contaminante que se encuentre dentro de la zona núcleo y de recuperación natural.
- Limitar y regular la entrada del ganado al interior de la zona de recuperación natural y zona núcleo.
- Cerrar las vías de acceso a vehículos cuando no se cuente con casetas de vigilancia para evitar saqueos clandestinos.
- Destinar fondos para desarrollar investigación en:
 - a) Estudios de manejo de recursos naturales.
 - b) Estudios de impactos ambientales.
 - c) Estudios geohidrológicos.
 - d) Estudios sobre aspectos socioeconómicos para el desarrollo comunitario en el poblado de Samalayuca.
 - e) Realizar trabajos de relaciones públicas y educación ambiental, de sensibilización y concientización de los ejidatarios, a fin de administrar, armonizar y organizar el desarrollo de las actividades de la explotación de los recursos naturales, con las necesidades de conservación del área.
 - f) Realizar un programa de educación ambiental que

incluya el establecimiento de senderos interpretativos y un centro histórico-ecológico de Samalayuca, identificando los sitios históricos, arqueológicos y/o de interés cultural, así como sitios naturales de observación de paisajes escénicos como flora y fauna silvestre.

Operaciones recomendadas:

- Construir sitios idóneos para la instalación de casetas y torres para vigilancia y detección de saqueo clandestino de los recursos naturales en todas estas zonas.
- El sistema de vigilancia debe contar con personal uniformado y autorizado por la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología.
- Se recomiendan rondas en cada sector de extracción de material, para llevar la inspección con su respectivo control en bitácoras oficiales donde se registre la cantidad de material que se extrajo durante la operación; de igual forma se cuantificarán las fechas adecuadas de extracción como de suspensión de la operación, para rotar a otro sector de extracción y dejar en recuperación por un tiempo valorado el que ya ha sido explotado, hasta los límites establecidos. Así será sucesivamente con todos los sectores de extracción.
- Las casetas de vigilancia deben contar con sistema de comunicación (radios o teléfonos celulares), donde se recomienda 5 vigilantes, quienes deberán hacer rondas por todos los sectores y zonas de 2 en 2, sin olvidar que al menos uno de ellos debe permanecer en la caseta.
- Las rondas las realizarán a caballo sin portar armas.
- También se deberá tener personal de apoyo ejidal asignando responsabilidades de ayuda en caso de siniestro. Es importante señalar que la estrategia al momento de realizar sus tareas, consiste en cambiar frecuentemente el rumbo de los recorridos, todo con previo aviso en las casetas y en cada uno de los cambios de ruta, anotando todos los movimientos en la bitácora.

Administración:

- Para el manejo de esta zona se recomienda realizar convenios con los propietarios ejidales de la tierra y los gobiernos municipales, estatales y federales, así como con los centros de investigación y educación, tomando como base la normativa del estado y la federación, bajo la operación de los organismos no gubernamentales y en coordinación con la comunidad de Samalayuca (Altamirano y Luévano, A. 1994).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

La región de los médanos de Samalayuca cuenta con características propias, formadas por las sierras El Presidio y Samalayuca que contrastan con el sistema de dunas y determinan corredores biológicos que van desde las mencionadas sierras, hasta las partes más altas de las dunas, siendo los médanos de Samalayuca un posible sitio de dispersión y de protección de la flora y la fauna.

La zona arqueológica (sierra Samalayuca) es de gran relevancia y debe protegerse para asegurar la permanencia y cantidad de los elementos naturales que forman su patrimonio cultural e histórico.

Por lo tanto, todo esto va a integrar más el fundamento para aportar una serie de elementos que deben de conformar algún estatus de protección que garantice el equilibrio de los ecosistemas y protección de la zona arqueológica, integrando una propuesta de manejo que permita el aprovechamiento sostenido de los mismos en beneficio de las presentes y de las futuras generaciones.

RECOMENDACIONES

Programa de ecoturismo

Para que esta propuesta de manejo funcione con su aprovechamiento sostenido, se recomienda que se desarrolle un programa de ecoturismo en el que deberá participar la población local de estas zonas, basada en la información que se obtenga de un diagnóstico que incluya los siguientes componentes para obtener objetivos exitosos:

- a) Programa informativo comunitario sobre estas zonas.
- b) Importancia de la conservación.
- c) Ventajas económicas y ecológicas.
- d) Reuniones informativas periódicas con autoridades de la zona.
- e) Elaboración de folletería dirigida a habitantes locales (personalizado) y foráneos (impacto al exterior).
- f) Programa alternativo de desarrollo en las zonas de amortiguamiento y uso intensivo con base en la planeación participativa comunitaria (recuperar la costumbre de realizar asambleas periódicas).
- g) Organización de eventos anuales masivos, relacionados con las zonas.
- h) Recuperación de información sobre usos tradicionales de los recursos naturales, dando énfasis a la información aportada por personas de la tercera edad.
- i) Plan anual de educación ambiental (periódico y sistemático). Pretende provocar en los pobladores un mejor conocimiento de sus recursos naturales y su importancia integral, priorizando aquellos elementos ambientales más significativos. El impacto debe involucrar a adultos, jóvenes y niños.
- j) Talleres magisteriales de capacitación en historia, recursos naturales, uso sustentable, conservación, visitas guiadas y conocimiento de las zonas (Oviedo y Charvet, 1994).

Manejo de visitantes

- Realizar un plan de visitantes que refleje sitios de interés, rutas, senderos, distribución de instalaciones, mecanismos de financiamiento y todo aquello que permita ordenar las actividades turísticas (Wells and Brandon, 1994).
- Diagnóstico de mercado para el ecoturismo.
- Promover la participación local para la formulación, ejecución y evaluación de proyectos ecoturísticos de medio y bajo impacto, así como para conformar un reglamento de ecoturismo especializado.

- Establecer en coordinación con la comunidad local, senderos interpretativos y rutas históricas culturales (capacitación de guías, rutas atractivas, uso de valores culturales atractivos, etcétera).
- Acondicionar un centro de visitantes, con la finalidad de brindar información del área, así como concentrar, controlar y administrar recursos turísticos.
- Establecer tres sitios para visitantes, con reglamento y vigilancia especial:
 - 1) Visitas del turismo especializado limitados al tiempo (dunas móviles).
 - 2) Área de turismo especializado, aprovechando toda la zona arqueológica (faldas de la sierra Samalayuca).
 - 3) Área para campamento y observación de flora y fauna silvestre (matarral de dunas y gobernadora).

REFERENCIAS

- Altamirano, F. y A. Luévano. *Estudio ecológico del aprovechamiento de las arenas de Samalayuca*. DGDUE, Gobierno del Estado de Chihuahua, 1994.
- Arnold, Edward. *Man and biology of arid zones*. Cloudestley-Thompson, 1977.
- Barbault, R. and G. Halffter. *Ecology of the chihuahuan desert*. México: Instituto de Ecología A.C., 1981.
- Oviedo, G. y P. Charvet. *Áreas silvestres protegidas y comunidades locales en América Latina*. Santiago, Chile: FAO, 1994.
- Schmidt Jr., Robert H. and Richard A. Marston. "Los Médanos de Samalayuca, Chihuahua, México". *New Mexico Journal of Science*, vol. 21, num. 2, 1981.
- Torres, H. "Descripción de las zonas de manejo". *The Nature Conservancy*, Washington: 1996.
- Uribe, G. *Plan estratégico para Samalayuca*. Red de Educadores Ambientales del Estado de Chihuahua, A.C., 1995.
- Wells, M. y K. Brandon. *People and parks*. Washington: The World Bank, 1994.

LA VEGETACIÓN DE NUESTRO DESIERTO DE Samalayuca, un ambiente fascinante

Irma Enríquez Anchondo y Martha Patricia Olivas Sánchez¹

La región de los médanos de Samalayuca se ubica en el municipio de Juárez, dentro del desierto chihuahuense, aproximadamente a 50 kilómetros rumbo al sur de México. Su cuerpo de dunas ofrece un paisaje sumamente atractivo para el visitante, además de constituir un ecosistema desértico con atributos de gran importancia en los conceptos de ecología, flora, fauna e hidrología, así como su extenso y rico banco de material (arenas) lo convierten en un importante proveedor para la industria, sobre todo de la construcción. Aunque parezca a simple vista que el desierto no es productor de nada, los organismos que en él viven, tanto animales como vegetales, integran un ecosistema que provee de materia prima a las actividades productivas agrícolas, ganadería, medicina tradicional, minería, investigación científica, arqueología, industria y turismo, entre las más importantes; por este motivo, es objeto de estudio y se encuentra en la mira de las diferentes dependencias gubernamentales para lograr su protección, conservación y en su caso, la restauración de algunas áreas. En este artículo se pretende ilustrar al lector acerca de las cualidades y bondades del desierto, tomándolo como ejemplo de supervivencia ante lo agreste y hostil del medio ambiente en que se desarrolla.

INTRODUCCIÓN

Aquellos que han estado en el desierto y han captado las maravillas que encierra, lo catalogan como un lugar con un ambiente fascinante que despierta la curiosidad por conocer sus misterios característicos, entre ellos la supervivencia de los seres vivos en condiciones climáticas tan extremas, enfrentando además la escasez de agua.

Los desiertos son tierras solitarias, secas, inhóspitas, azotadas por las inclemencias del clima; caracterizados por índices extremos de temperaturas elevadas y fríos intensos.

El fresco nocturno es un factor vital en la supervivencia de plantas y animales, en cuanto a la vegetación, aparentemente se observa poca densidad, sin embargo los desiertos son zonas con una gran diversidad biológica, en ellos existe una enorme variedad de especies de plantas y animales.

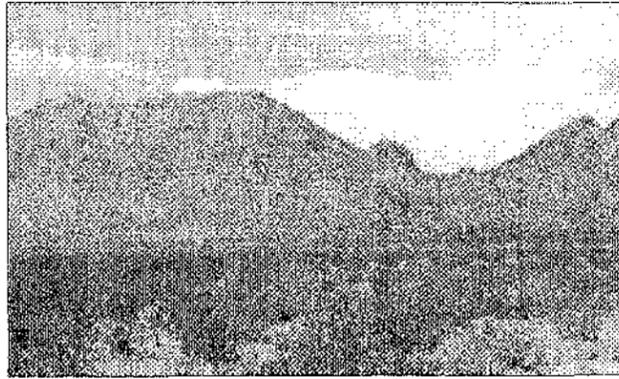
Las épocas de sequía prolongadas son características, y durante la temporada de lluvias, los chubascos torrenciales que en ocasiones caen en un solo día, llegan a precipitar toda el agua que correspondiera a uno o dos años (Starker, 1979).

La vegetación desértica, aunque escasa y efímera, muestra su imponente capacidad de supervivencia ante un medio ambiente tan adverso y complejo, creando abundantes formas de protección y defensa, que le permite salir airosa al caer las escasas lluvias, erigiéndose en formas, colores y aromas tan bellos y exquisitos que maravillan al hombre que tenga la capacidad de ver más allá de un agreste panorama de arbustos. Estos arbustos se mantienen alerta y en actitud de defensa ante la adversidad, blandiendo las miles de espinas en sus ramas, que les permiten protegerse del ataque de insectos u otros animales, además de presentar hojas pequeñas para

evitar la evaporación del agua, estos constituyen el paisaje dominante del desierto.

En este panorama, los médanos de Samalayuca —los que conocemos como la región de las montañas de arena— son un ejemplo extraordinario de formas de vida adaptadas a condiciones ambientales extremas, los cuales nos resultan muy familiares para los que hemos vivido en la frontera.

La zona de Samalayuca se localiza aproximadamente a 50 kilómetros al sur de Ciudad Juárez, en esta área encontramos matorrales de gobernadora, los que haciendo honor a su nombre dominan y pintan su territorio, impidiendo que se desarrollen otras plantas bajo sus ramas, creando hojas cerosas para reducir la pérdida de agua por evaporación, pero aportando con sus raíces el soporte del inestable suelo y refugiendo bajo su sombra a animales silvestres.



Matorral de gobernadora, típico del desierto chihuahuense.

¹ Investigadoras del Centro de Estudios Biológicos, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Existen además otras plantas perennes como el mezquite, tan cosmopolita, tan conocido y tan persistente, que se mantiene siempre en pie y con su permanente coloración verde, para envidia de algunos de sus compañeros, porque bajo su extenso sistema de raíces tanto superficiales como subterráneas, capta, mantiene, explora y almacena una gran cantidad de agua que le permite vivir y ser el primero en rebrotar al primer indicio de calor en la primavera. Es también generoso en sus aportes, brindando forraje verde y tierno de sus hojas y sus ramas, entre otras cosas. Por otro lado, estabiliza las dunas tan móviles que el viento caprichosamente difunde, asimismo alberga bajo sus ramas cientos de nidos que sirven de hábitat de la fauna silvestre y si es su interés, el hombre puede obtener una gran cantidad de leña de buena calidad de sus profundas y esparcidas raíces.

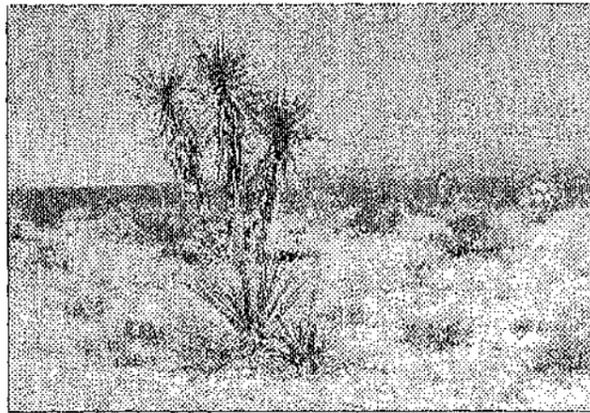
Por otro lado, el chamizo, mejor conocido como "la planta forrajera del desierto", convive con el mezquite en perfecta armonía, ocupan mismos espacios y otorgan alimento al ganado que día con día inicia su peregrinar por las extensas llanuras desérticas.

Cuando se producen las lluvias de verano, emerge el zacate, tan ansiosamente esperado por las vacas y los caballos, que cambian en esta época su dieta por el pasto fresco y tierno de la temporada.

Existe otro ejemplar típico, bello y formal, una familia prolifera de apariencia singular: el cactus del desierto, con su sorprendente proceso vital; tiene espinas para defenderse, tiene tallos succulentos donde almacena humedad, y cuando siente peligro de sequía forma pliegues para que no escape el agua, luego cuando la tiene se expande con rapidez. Por otro lado, sus flores son objeto de adorno, por lo estético de sus formas.

Estas son las plantas dominantes en los matorrales desérticos de Samalayuca, hay otras muchas plantas anuales que un año están y el otro tal vez no, esto depende de la lluvia y de su capacidad para sobrevivir. Hay aquellas como el tofoache, que durante el día cierra sus flores para autoprotegerse cuando las temperaturas son altas, o como el ocotillo, que al primer indicio de sequía tira sus hojas rápidamente y cubre su tronco de resinas para formar un escudo y no perder humedad. Es así como el desierto posee esta extraordinaria organización que le permite el sostenimiento de sus propias formas de vida.

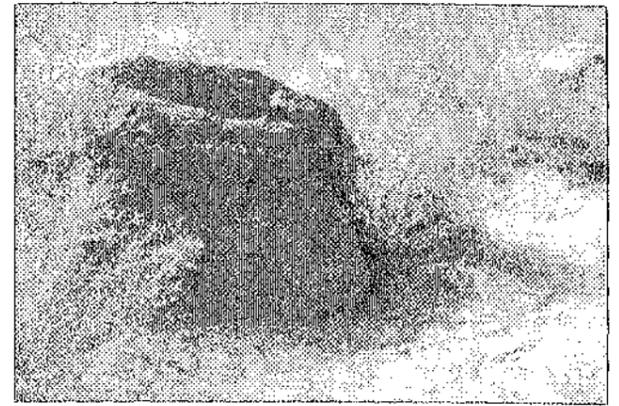
Por otro lado, desde el punto de vista ecológico, esta zona cobra un alto valor al tomar en cuenta los endemismos. De acuerdo a la



La yuca es una planta característica de la zona, la cual recuerda el nombre de "Samalayuca", posiblemente asociado a su definición.

Comisión Nacional para la Conservación de la Biodiversidad de México (CONABIO), se considera a los médanos de Samalayuca como una zona prioritaria de conservación y la cataloga como una región que sólo puede sostener formas de vida altamente especializadas para extremos de sequía, salinidad y temperaturas, lo que hace que su flora y fauna sean escasas, pero que exista un alto nivel de endemismo.

El suelo de esta zona es a su vez objeto de un uso intensivo. En esta región, se concentran diversas actividades productivas como son la industria (termoeléctrica y extractiva), agrícola, ganadera y silvicultura. El lugar es considerado un rico banco de materiales, lo que ha propiciado la explotación de su extensa sierra y de las arenas de sus médanos, en esta área opera una planta termoeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad y está proyectada otra para 1998. Por otro lado, la empresa Cementos de Chihuahua cuenta con un complejo donde produce cemento hidráulico (Núñez, 1994).



Petrograbados de aproximadamente cinco mil años de antigüedad, localizados sobre la sierra de Samalayuca. La foto ejemplifica al peyote, planta alucinógena utilizada en rituales ceremoniales.

El impacto de las actividades económicas tanto en el medio ambiente como en los habitantes del poblado, ha generado un efecto antropogénico en el estado natural de esta área y ha modificado sus formas de desarrollo.

Desde el punto de vista histórico, este lugar tiene como antecedente principal el haber sido la ruta de viaje de los primeros exploradores en el año 1598, quienes fueron encabezados por don Juan de Oñate en su travesía procedente de la ciudad de México con destino a Santa Fe, en Estados Unidos. Los médanos se convertían en la barrera más importante para los viajeros que intentaban llegar por el sendero del Camino Real a El Paso del Norte (actualmente Ciudad Juárez). En el presente, el Camino Real es paralelo a las vías de ferrocarriles y carreteras, permaneciendo como una puerta entre las montañas de la sierra de Presidio y cuya historia e importancia se reconoce en nuestra cultura (Fushville, 1989).

Desde el punto de vista arqueológico, la sierra de Samalayuca posee una gran cantidad de petrograbados dentro de aproximadamente 44 sitios arqueológicos que hasta la fecha han sido detectados en esta zona por el Instituto Nacional de Antropología e Historia. Los vestigios de su ocupación datan de los años 690 hasta 1521 de nuestra era (INAH, 1996).

METODOLOGÍA

En los últimos años, la región de Samalayuca ha llamado la atención de las autoridades y del público en general por las diferentes actividades que en esta zona se han desarrollado, ya que por tratarse de un desierto, se considera como un ambiente frágil.

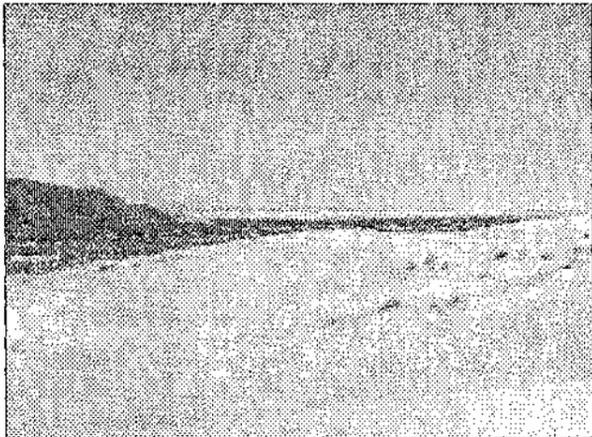
De esta preocupación surge en el estado de Chihuahua el Plan de Ordenamiento de esta zona, desarrollado por el Centro de Estudios Biológicos de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), con apoyo del Gobierno del Estado.

Este proyecto trata de establecer las áreas que puedan ser empleadas para cuatro políticas ambientales: aprovechamiento, conservación, protección y restauración. Para este fin fue necesaria la participación de varias disciplinas y se utilizaron diferentes parámetros, como por ejemplo la distribución de la hidrología subterránea, hidrología superficial, fisiomorfología, distribución de flora y fauna silvestre, etcétera. En particular lo que nos compete en este espacio es hablar sobre lo que se realizó en relación al estudio de la flora.

La metodología para llevar a cabo el estudio de la vegetación con sus características, fue inicialmente basada en una exhaustiva revisión bibliográfica de estudios previos desde el siglo pasado hasta nuestros días, con mayor énfasis en una interpretación cartográfica de publicaciones del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI) sobre mapas geológicos, topográficos, hidrológicos y de uso del suelo y vegetación, así como también se utilizaron las fotografías aéreas de 1974 y 1994, para evaluar la dinámica que ha sufrido la vegetación durante ese período.

Igualmente, entre otros criterios, se indagó el uso que da la población a las plantas, sobre todo en el aspecto medicinal. Además se realizaron varias inspecciones de campo en las que se colectaron ejemplares botánicos y se depositaron en el Herbario de la UACJ.

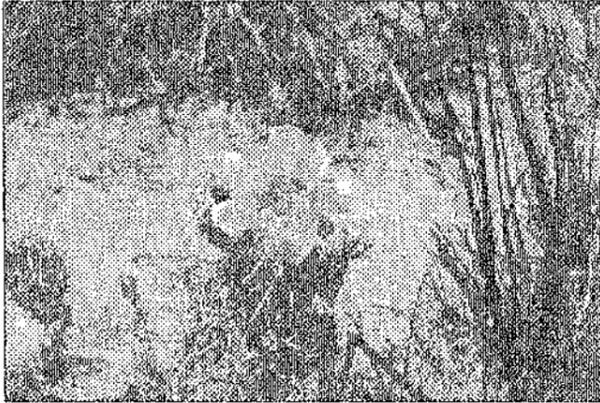
Por otro lado, se determinaron "in situ" los tipos de vegetación, cobertura vegetal y condición de agostadero, entre otros criterios. Una vez obtenida la información cartográfica, se elaboró la regionalización ecológica por unidades naturales, haciendo una descripción del estado de la flora con los parámetros requeridos, para efectuar una evaluación ambiental.



Las dunas de los médanos de Samalayuca representan un paisaje con gran atractivo turístico, catalogado como "maravilla natural".

RESULTADOS

Se encontraron cinco tipos de asociaciones, determinadas por los factores edafológico, topográfico y geológico, descritos como: Matorral inerme parvifolio en planos con gobernadora (*Larrea tridentata*) y hojasa (*Flourenzia cernua*), matorral de médanos en planos de suelo profundo arenoso, con mezquite (*Prosopis juliflora*) y chamizo (*Atriplex canescens*); matorral de médanos subinermes con mezquite (*Prosopis juliflora*) y gobernadora (*Larrea tridentata*), Pastizal amacollado abierto en laderas y lomeríos altos de las sierras El Presidio y Samalayuca con banderilla (*Bouteloua curtipendula*) y navajita roja (*Bouteloua trifida*) y pastizal inducido en áreas que se utilizaron en agricultura y se abandonaron; se localiza con mayor frecuencia en el ejido Villa Luz que en la zona aledaña al poblado Samalayuca.



Existe en la zona una gran variedad de plantas suculentas como el nopal.

Además se encontraron un total de 132 especies de plantas distribuidas en 36 familias botánicas. Dentro de esta lista florística existe una planta que ha captado la atención en esta región, se trata de un cactus *Echinocactus parryi* conocida como "biznaga", esta es una especie que se cataloga como "amenazada", de acuerdo a lo que establece la Norma Oficial Mexicana ECOM- No. 059-094.

En la actualidad se observa que ha aumentado a nivel mundial el grado de extinción de las especies, por lo tanto ha disminuido la diversidad biológica. Una especie se considera en peligro de extinción cuando el número de sus individuos es tan drásticamente reducido, que es muy probable que no pueda reproducirse. Cuando la extinción es menos inminente, pero la población de la especie es muy pequeña, se dice que está amenazada de extinción o simplemente amenazada. Esto representa una declinación de la variabilidad genética, lo que implica que éstas sean más propensas a desaparecer en la tierra, a pesar de que la extinción es el destino de todo ser vivo (Pearl, 1996).

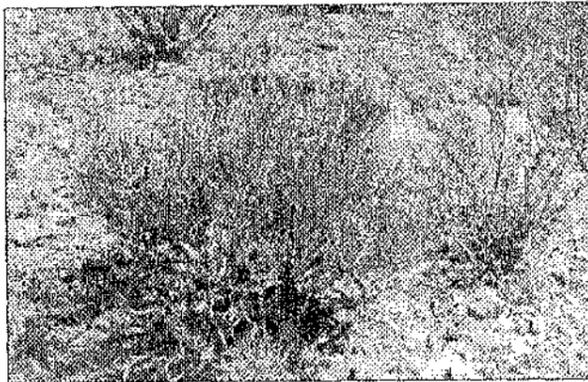
PLANTAS MEDICINALES, UN RECURSO DE SUPERVIVENCIA

Para quienes el desierto ha sido su cuna y su casa, este medio ambiente les ha ofrecido una gran variedad de recursos que pueden aprovechar, como es el alivio para algunas de sus enfermedades.

En tierras áridas existe gran variedad de plantas que se emplean como medicina, particularmente en Samalayuca se encuentran algunas que se han desarrollado bajo condiciones extremas de sequía y que han permanecido evolucionando, adaptándose al medio ambiente y resultando de especial interés para los habitantes de la región.

Hay algunas plantas a las que se les atribuyen propiedades curativas, como la famosa "gobernadora" de uso muy variado, empleada para el tratamiento de afecciones del riñón y de la piel. Entre otros de sus usos se encuentra el tratamiento de heridas y dolor de estómago, dolores reumáticos. Asimismo, se reporta que el té de la planta activa la circulación (Aguilar A., J. P. Camacho, 1994).

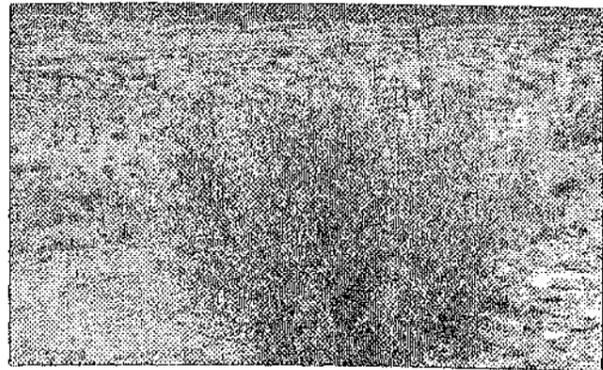
Otra planta que llama la atención es la conocida como "girasol" o "maíz de Texas", mide hasta tres metros de alto, el tallo es erecto y cubierto de vellosidades, las flores son amarillas, ésta se emplea en tratamiento de reumas, se prepara una infusión de alcohol con las semillas y se frota la parte afectada. Otros de sus usos menos frecuentes es el tratamiento de heridas, nervios, dolor de cabeza y catarro, además existen comunidades indígenas al suroeste de Estados Unidos como los Tewa y Dakota que la utilizan para tratamiento de bronquitis. Los indios Zuñi de Nuevo México lo utilizan para tratamiento de las mordeduras de serpientes. También se considera una planta ceremonial, los indios del sureste de Texas y Arizona la emplean en un rito en el que un danzante se pinta los brazos, las piernas, la cara y el cuerpo con el polen de esta flor. También se conoce que los indios Hopi hierven los pétalos secos para la elaboración de un colorante para pintar su cerámica (Curtin, 1965).



Ephedra trifurca conocida como "popotillo". Planta medicinal utilizada en general para el tratamiento de enfermedades respiratorias.

La calabacita loca o hedionda, es otra planta medicinal del desierto. El fruto, cocido junto con un trozo de raíz, se usa como purgante; para el tratamiento de inflamaciones, se corta la raíz, se ralla y se aplica en fomentos.

Por otro lado, se ha demostrado que esta planta contiene sustancias que la hacen útil como sustituto de jabón. La pulpa del fruto se emplea para lavar y limpiar el cabello y para promover su crecimiento, se utilizan las semillas tostadas, extrayendo un aceite para aplicarse en la cabeza (Argueta, 1994). Por otro lado, se ha reportado que el género *cucurbita*, al que pertenece esta planta, tiene un principio a base de nitratos que resulta tóxico para el ganado (Blanco, 1982).



Tecomna stans (L.) Juss, conocida como "tronadora". Planta medicinal utilizada principalmente para el tratamiento de diabetes.

El famoso popotillo no se queda atrás —sus tallos simulan un popote, de ahí su nombre popular—, se emplea en el tratamiento de los resfriados, dolor de cabeza, fiebre, reducción de erupciones por envenenamiento de la sangre y para tratamiento de afecciones del riñón (Aguilar A., Argueta, 1994).

El ocotillo, es un arbusto de tallos suculentos, sus usos van desde el tratamiento de malestares renales hasta la expulsión de parásitos intestinales. Los indios Apaches alivian el cansancio dándose un baño con la cocción de las raíces, también lo utilizan para el dolor que ocasionan las inflamaciones.

El trompillo se emplea para dolores musculares, se machaca la raíz y se aplica como cataplasma. Los indios de Nuevo México utilizan los frutos para cuajar la leche, también los emplean cuando están verdes en la fabricación de cigarrillos que sirven como remedio contra el catarro y dolor de cabeza (Curtin, *op. cit.*).

El diente de león en general se utiliza para problemas inflamatorios, trastornos del hígado, riñones y para bajar la presión. Para el dolor de muelas se usa el látex de la planta, aplicándose directamente en el diente afectado. Se dice que en ensalada sazonada con vinagre, purifica la sangre. Esto puede ser atribuido a que se conoce como una planta con alto contenido de vitamina "A" (Martínez, 1993).

El tronador o tronadora, es una planta de amplia distribución en todo el país, de ahí el motivo por el que presenta una variada gama de usos, el más frecuente es para tratamiento de diabetes (Rodríguez, 1991) y así podríamos seguir mencionando una cantidad extraordinaria de plantas empleadas en la medicina.

CONCLUSIONES

Este tipo de estudios constituyen una eficaz herramienta para implementar todo tipo de programas y estrategias de desarrollo para los pueblos, puesto que se involucran los diversos autores de las decisiones públicas, como lo son los gobiernos federal, estatal y municipal. Estas decisiones además llevan implícita la conservación y preservación del medio ambiente.

Es necesario estudiar los recursos naturales como base para la planeación de su uso correcto, que nos permita obtener beneficios de su aprovechamiento y al mismo tiempo conservar, restaurar y proteger esos recursos, que en la actualidad representan una prioridad a nivel mundial.

Desde el punto de vista ecológico, esta zona cobra un alto valor al tomar en cuenta los endemismos. De acuerdo a la Comisión Nacional para la Conservación de la Biodiversidad de México (CONABIO, *op. cit.*), se considera a los médanos de Samalayuca como un zona prioritaria de conservación y se le cataloga como una región que sólo puede sostener formas de vida altamente especializadas para extremos de sequía, salinidad y temperaturas, lo que hace que su flora y fauna sean escasas, pero que exista un alto nivel de endemismo.

Samalayuca, es una de las regiones prioritarias para conservación, desde el punto de vista ecológico, puesto que su ecosistema desértico es de condición frágil y el sobreuso de los recursos naturales que posee, puede ocasionar la fragmentación del mismo, propiciando cambios irreversibles o de largo plazo de recuperación en el medio ambiente, la salud humana y en las plantas y animales que allí subsisten en un marco armónico y natural. Es además un bello paisaje de dunas formadas por el viento, lo que le proporciona un atractivo natural de especial interés turístico, así como científico y de diversas índoles.

Independientemente de los intereses políticos, económicos y sociales de nosotros los seres humanos, el hecho de que existan este tipo de regiones con tan clásicas e interesantes características, merece nuestra atención y protección, ya que significa el patrimonio de estas y de futuras generaciones de mexicanos.

REFERENCIAS

- Aguilar A., J. P. Camacho, S. Chino, P. Sánchez y M. A. López. *Herbario medicinal*. Instituto Mexicano del Seguro Social, 1994.
- Aguilar A., A. Argueta, L. Cano (coord.). *Flora medicinal indígena de México*. México: tomo I, Instituto Nacional Indigenista, 1994.
- Argueta A., L. M. Cano, M. E. Rodarte (coord.). *Atlas de las plantas de la medicina tradicional*. México: tomo I, Instituto Nacional Indigenista, 1994.
- Blanco E., I. Enríquez y E. Siqueiros. *Manual de plantas tóxicas del norte de México*. Chihuahua, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Gobierno del Estado de Chihuahua, 1982.
- Cheatham S. and M. Johnston et. al. *The useful wild plants of Texas, The southeastern and southwestern United States, the southern plains and northern Mexico*. Austin, Texas: vol. 1, Published by useful wild plants Inc., 1995.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad en México. Consulta Internet: <http://www.conabio.gob.mx/>
- Curtin, L. *Healing herbs of The Upper Rio Grande*. Los Angeles, California: Southwest Museum, Rydal Press, 1965.
- Diario Oficial, Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, Poder Ejecutivo, Secretaría de Desarrollo Social, lunes 16 de mayo de 1994.
- Foxx, T. and D. Hoard. *Flowering plants of the southwestern Woodlands*. Los Alamos, New Mexico: Otoowi Crossing Press, 1965.
- Fushville, J. J. *The Jornada de Cantarrecio*. El Paso, Texas: Senior thesis, Department of Geological Sciences, UTEP, 1989.
- Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). *Inventario de sitios arqueológicos del estado de Chihuahua*. Chihuahua: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro INAH, 1996.
- Martínez, M. *Las plantas medicinales de México*. México: Ed. Botas, 1993.
- Núñez, F. *Dictamen sobre la posible afectación de la explotación de las arenas eólicas en el ejido Villa Luz, ubicado en el desierto de Samalayuca, Municipio de Juárez, Estado de Chihuahua*. Chihuahua, Ciudad Juárez, Chihuahua: JMÁS, 1994.
- Pearl, S. E., R. Berg I., W. Martin D., Villee C. *Biología de Villee*. México: Ed. Interamericana, McGraw-Hill, 1996.
- Rodríguez, M., E. Lazcano, G. Sánchez, P. Olivas. *Flora útil de los estados de Puebla y Tlaxcala*. Puebla: Gobierno del estado de Puebla, Universidad Autónoma de Puebla, 1991.
- Starker, L. A. *El desierto*. Colección de la Naturaleza, Time Life, 1979.

WASTEWATER TREATMENT: Ciudad Juárez, a case study

Felipe Adrián Vázquez Gálvez¹

Por más de un siglo, el tratamiento de las aguas negras ha sido un desafío para los que están a cargo de la salud pública. Por otra parte, las aguas negras no tratadas se han vinculado con la difusión de enfermedades. Más recientemente el interés sobre el impacto ambiental de instituciones para el tratamiento de las aguas negras ha incrementado el problema y de este modo ha subido el costo de dicho tratamiento, convirtiéndose en una preocupación financiera para los gobiernos locales. Ciudad Juárez ha experimentado un ritmo acelerado de inmigración que la hizo crecer de 60,000 habitantes en los años cuarenta a una población de casi un millón de habitantes en los noventa. Las fuentes de agua tradicionales para la ciudad se están agotando rápidamente y las alternativas actuales han creado un desafío financiero. Un segmento grande de la población de Juárez no está unido al sistema de drenaje de la ciudad y la descarga de aguas negras está conducida por canales abiertos al valle más bajo para el riego agrícola, donde está mezclado con agua del Río Bravo y agua subterránea. Las casi 400 industrias y los centenares de talleres mecánicos han afectado las características tóxicas de las aguas negras, además la erupción reciente de cólera en el Continente Americano ha aumentado la preocupación sobre la vulnerabilidad de la comunidad fronteriza a la difusión de la enfermedad debido a medidas sanitarias inadecuadas.

WASTEWATER TREATMENT²

Every community produces both liquid and solid wastes. The liquid portion—wastewater—is essentially the water supply of the community after it has been fouled by a variety of uses. From the stand point of source generation, wastewater may be defined as a combination of the liquid or water-carried wastes removed from residences, institutions, and commercial and industrial establishments, together with such groundwater, surface water, and stormwater as may be present.

Background

Although the collection of storm water and drainage dates from ancient times, the collection of wastewater can be traced only to the early 1800s. The systematic treatment of wastewater begun in the late 1800s and early 1900s. Development of the germ theory by Koch and Pasteur in the latter half of the nineteenth century marked the beginning of a new era in sanitation. Before that time, the relationship of pollution to disease had been only faintly understood, and science of bacteriology, then in its infancy, had not been applied to the subject of wastewater treatment.

If untreated wastewater is allowed to accumulate, the decomposition of the organic material it contains can lead to the production of large quantities of malodorous gases. In addition, untreated wastewater usually contains numerous pathogenic, or disease-causing, microorganisms that dwell in the human intestine

tract or that may be present in certain industrial waste. Wastewater also contains nutrients, which can stimulate the growth of aquatic plants, and it may contain toxic compounds. For these reasons, the immediate and nuisance-free removal of toxic wastewater from its sources of generation, followed by treatment and disposal, is not only desirable but also necessary in an industrialized society. In the intent to liberate treated water of its pathogenic properties, disinfection is now considered an inseparable part of the wastewater treatment even though cancer risk had been associated with traditional disinfection procedures as chlorination.³

Other environmental concerns arise such as: VOC emission associated with these facilities and sludge handling due to more stringent landfill regulations. These and other environmental concerns have to be considered in the environmental assessment that must be completed before construction.

On the economical side, the construction, operation and maintenance of wastewater facilities has been a mayor issue for traditionally underbudget local governments. The concession to private enterprises has since long been regarded as the most achievable solution to the financial and environmental burden of dealing with wastewater treatment facilities. However, concession of treatment of large cities wastewaters has prove to be controversial since at one point regulation have to be impose to limit profitability of the projects since the public is the end payer. Therefore, governments will have to cope with the increasingly environmental

¹ Mr. Vázquez has a B.S. and a M. S. from the University of Texas at El Paso. Since 1986 he has work with different a number of local industries and currently he is the director and principal of ECM Environmental, Inc. His firm is currently assisting the city of Juárez on wastewater treatment and the design of the new municipal land fill. He also chairs the Environmental Committee of COPARMEX in Ciudad Juárez.

² For comprehensive information on wastewater treatment see "Metcalf & Eddy".

³ C & EN, July 13, 1992. Article refers to a publication on the *American Journal of Public Health*, 82, 955, 1992.

concerns of the community and at the same time passing the additional cost of complying with stringent environmental standards to its political constituents.⁴ Unlike the United States where EPA is the driving force in the wastewater industry by funding up to 75 percent of each project,⁵ México has decided to move toward the "turn-key" system which is currently seen as the only feasible way to achieve the goal of provide every community larger than 80,000 with wastewater treatment. Of course, the obvious reason to adopt this financial scheme is the unavailability of government funds due to the deficit reduction and inflation control programs currently underway, but also because of the lack of train professional to design and operate such complex facilities.

THE CITY OF JUAREZ CASE

History

The spaniards knew the crossing point between the mountains during their first exploration of the north of New Spain. The natural crossing point was fertile valley where hunt and fish were abundant. The first community to settle down in the area called the area "Paso del Norte". Chronicles refer back to this crossing point first in 1535 when Alvar Núñez Cabeza de Vaca cross it to return to New Spain. Juan de Oñate (1598) borough more settlers to the lower valley. It was until 1659 that fray García de San Francisco y Zúñiga found the Misión of *Nuestra Señora de Guadalupe* were today is Ciudad Juárez.⁶ The area become knows for its good wines and brandies.

Today the area is divided by the Río Bravo in two communities adding more than 1.5 million people (refer to Table 1). The basic activity evolve into industrial and commerce, fundamentally from the establishment of the "maquila" program in the late sixties. In the 25 years since the Mexican government established the "maquiladora" program to attract labor-intensive employment, the border economy has become more industrialized. There are more than 2,000 "maquiladora" in Mexico—most are located in the border area and are U.S. owned. The plants make every thing from furniture, and sporting goods to electronics. As January 1993, there were 581 "maquiladoras" along the Texas-México border employing 229,000 workers. A little more than half, or 130,000 workers, are in Ciudad Juárez.⁷ Upgrading of the water and sewer systems has become a primary concern since the number of "colonias", the unincorporated communities along the border that are characterized by substandard housing, road and drainage, water and sewer system has dramatically increased. Lack of potable water and proper sewage

disposal have led to severe health problems along the border, including hepatitis/dysentery and tuberculosis. In January 1991, cholera, the most feared epidemic disease of the 19th century, characterized by severe, often fatal diarrhea, made a dramatic and unexpected reappearance in the Americas after a 100-year absence.⁸ During the epidemic in London in the 1850s, John Snow laid the groundwork for control by linking the transition of disease with consumption of fecally contaminated water. Its reemerge has breathed new life into the issues both of public health—the need to provide quality water and sewage treatment and address food hygiene—and of science—the need to apply epidemiologic and molecular techniques to examine disease transmission, identify environmental reservoirs, and develop improved vaccines. An alternative to confront this epidemic disease and other environmental health problems in Latin America was proposed by the Pan American Health Organization. The almost \$115 million proposal called *Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud* will focus on provide infrastructure improvements in the areas of water and wastewater treatment.⁹

Table 1. Population growth for the City of Juárez¹⁰

	Total		Total
1850	4,000	1872	10,000
1881-1883	—	1887	12,000
1895	6,917	1900	8,218
1910	10,621	1921	19,457
1930	39,669	1940	48,881
1950	122,566	1960	252,119
1970	424,135	1971	446,388
1972	456,722	1992	857,026

Drinking water is drawn from an aquifer underneath the city. As illustrated in Figure 1 the city is over three major aquifers: Hueco, Conejos Médanos and the River Alluvion. Drinking water extraction in 1992 was reported to be 127 million cubic meters. Since the aquifers are rapidly depleting, the *Comision Nacional del Agua* has banned the drilling of new wells in the mexican side of the aquifer. Therefore an aqueduct from the west part across the *Sierra de Juárez* is consider as the most immediate action to diminish the imminent shortage of water on the next years.

⁴ Additional reading on the experience operating privatized water systems in England is Rose, Julian. "The Water Industry's Privatization Pains". *Environ. Sci. Technol.*, vol. 27, num. 8, 1993.

⁵ Berger, Charles. "Treating Wastes". *The Construction Specifier*, September 1993. This article includes under Table 1 a typical table of content for a wastewater treatment manual as per CSI specifications nomenclature.

⁶ For additional historic background on the city of Juárez, refer to Chávez, Armando B. *Historia de Ciudad Juárez, Chihuahua*.

⁷ Redwine, Augustin. *Fiscal Notes*. April 1993.

⁸ Pan American Health Organization. "Epidemiol. Bull.", 12, (No. 1), 1 (1991); As cited on *Science*, vol. 256, June 1992.

⁹ *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, vol. 113, núm. 4, octubre 1992.

¹⁰ Martínez, Oscar. *Ciudad Juárez: el auge de una ciudad fronteriza a partir de 1848*. México, Fondo de Cultura Económica, and Gobierno del Estado de Chihuahua: Información Estadística, núm. 1, septiembre, 1982.

"Las aguas negras"

Aguas negras or black waters are also the source of income for other sector of the area. the lower valley farmers use them to irrigate their crops, mostly cotton, and wastewater is the cheapest way to fertilize the land. Nevertheless, it has been notorious that the incidence of fungal infection on the cotton crops is higher on those lands irrigated with wastewater in comparison to those irrigated with mixed or underground water. It is estimated that wastewaters constitute the 15% of all the irrigation water used in the lower valley as show in Table 2.

Table 2. Sources of irrigation water for the Mexican lower valley averaged for ten years (1978-1988)¹¹

Source	m ³ x 1000	Percentage
Wastewaters	38,225.3	15.5
Rio Bravo (1906 treaty)	80,794.2	32.7
Government wells	48,868.0	19.8
Private wells	79,168.3	32.0

Potentially the most important route for transport of contaminants into aquifers is through the permeation of the wastewater during the superficial transportation to the lower valley. Very little has been written on this topic and research in this area has not been conclusive on whether or not contaminants from wastewaters have impacted the aquifer.¹² Nevertheless it is, after all, through these mechanisms that the Rio Bravo recharges the aquifer. The clays that overlie much of the Hueco aquifer have been considered an effective barrier to downward migration of water and surface contaminants. Thus the main aquifer has been considered hydrogeologically closed to contamination that originate in the surface or at the water table. The reliance on the clays to act as an efficient barrier to contaminants is based in large part on the assumption that clays act hydrogeologically as relatively homogeneous, impervious unit. However, there are at least two ways by which the integrity of the clays may have been breached: human activities and natural fracturing. Over the years a number of wells have been drilled on the area completely penetrating the clay layer with the purpose of providing the city with drinking water. At the same time wastewater from industrial and household was conducted over the years through open canals. In addition a considerable breakage of pipes occurs every year throughout the city. An issue of potential importance is the downward migration of contaminated water from these sources along the outside of wells that were installed without the now common procedures (grouting and sealing) to prevent this problem.

CONCLUSIONS

The city of Juárez has been required by the *Comision Nacional del Agua* (CNA) to treat their wastewater before discharging to the lower valley irrigation district. However, more stringent requirements and increased public concern regarding environmental issues have caused residual management to become an increasingly difficult task for the city. On May 12, 1993 the city of Juárez, received the proposals for the design, construction and operation of two wastewater treatment plants under the "turn-key" financial system. The north plant will process 2,500 lps (57 mgd) and the south on its first stage 1,000 lps (23 mgd). The cost for the north facility will be close to 20 million dollars and for the south 11 million dollars. The company awarded for the "turn-key" operation of both plants is Degremont de México and will have to finance approximately 60% of the total cost of the plant. The rest of the money comes from the federal government and a contribution from the local industry is also expected. Additional money will be required to build the infrastructure required, acquire the necessary land, and to lay the conduction piping to the facility increasing the bill in almost 2 million dollars more. Important enough to mention is the fact that neither odor or VOC emissions from these facilities has been assessed and therefor, additional modification may be required in the short run to comply with future regulations.

¹¹ Vázquez Mancinas, Felipe. *Problemática distrital*. Unpublished work, contain statistic information from the irrigation district, SARH, 1989.

¹² Mazari, AMarisa and Douglas M. Mackay. "Potential for Groundwater Contamination in Mexico City". *Environ. Sci. Technol.*, vol. 27, num. 5, 1993. Discussion on aquifer vulnerability may be applicable to the Juárez case.

GENERACIÓN, TRATAMIENTO Y REUSO DE Aguas residuales en América Latina¹

Victoriano Garza-Almanza,²
Hdefonso Fernández-Salas, Mohammad Badii, Leticia Hauad-Marroquín³

En América Latina los servicios de drenaje y alcantarillado colectan por día un promedio de 40 millones de metros cúbicos de aguas residuales, las que en su mayoría son vertidas directamente en aguas superficiales. Únicamente el 10 por ciento de esa cantidad recibe algún tipo de tratamiento. Debido a la escasez del recurso en algunos países de la región, las aguas residuales son empleadas en la agricultura y en menor medida en acuicultura. México es el país de la región latinoamericana que más hace uso de las aguas residuales no tratadas con fines agrícolas. La calidad de estos efluentes representa un factor de riesgo para la salud pública y el medio ambiente. Existen varios tipos de tratamiento para las aguas residuales que reducen esos riesgos, entre los cuales se menciona el de lagunas de estabilización, que es de los más comunes en América Latina.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de crecimiento y progreso de una sociedad conllevan un uso del agua proporcional al estado de industrialización, desarrollo sectorial y social de las naciones. Existe una estrecha relación entre el grado de desarrollo y el uso del agua: a mayor desarrollo, más agua empleada. De hecho, por la misma necesidad de agua, los principales centros urbanos del mundo se fundaron y crecieron a las márgenes o en las desembocaduras de los ríos (Johnson, 1994).

El suministro de agua segura es vital para preservar la salud pública de los pobladores de una localidad o nación, pero también lo es el tratamiento de los residuos líquidos generados en los hogares, comercios e industrias para proteger la integridad de los ecosistemas.

Se estima que en los países en vías de desarrollo las necesidades domésticas y municipales de agua representan el 7 por ciento de la extracción total; en países industrializados de Europa, Estados Unidos y Canadá esas extracciones suponen un 16 por ciento (OPS/OMS, 1993).

Es evidente que para sostener la producción de alimentos se debe mantener un abasto de agua suficiente. La demanda del recurso hídrico aumenta en el agro a medida que la población crece. De tal forma, cada vez se hace más urgente reusar el agua residual, lo que permitirá proteger los abastos de agua que son cada vez más insuficientes.

La escasez del agua que impele al reuso de las aguas residuales, se debe a cuatro causas diferentes (OPS/OMS, *op.cit.*):

1. *Aridez*: Escasez permanente de agua causada por el clima seco.
2. *Sequía*: Fenómeno irregular que ocurre en años en que

no llueve.

3. *Desertización*: Deseccación del paisaje y degradación de los recursos naturales como consecuencia de actividades humanas (deforestación, sobrepastoreo, excavaciones mineras) más la sequía.
4. *Sobrepoblación*: Aumento del número de personas que demandan agua para sus necesidades personales o de trabajo.

Existe una notoria diferencia entre los países de América Latina en cuanto a los servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento (disposición de excretas) y, en general, es mejor la cobertura de estos servicios en los centros urbanos que en el área rural (PAHO/WHO, 1990).

Se calcula que el 49 por ciento de la región latinoamericana tiene servicios de alcantarillado que colectan cotidianamente alrededor de 40 millones de m³ de aguas negras que se vierten en ríos, represas, lagos y mares. De este volumen colectado por las redes de alcantarillado, menos del 10 por ciento recibe tratamiento antes de ser dispuesto para recarga de acuíferos, riego o bien, para liberarlo en aguas superficiales (Moscoso y León, 1995).

En países como México, que está cada vez más próximo a sufrir una crisis de agua en sus regiones árida y semiárida (Seager, 1995), es conveniente reutilizar sus aguas residuales en provecho de la comunidad. Para ello es indispensable someter a tratamiento esas aguas con el propósito de reducir los riesgos a la salud pública (Moscoso y Flórez, 1991).

¹ Este trabajo forma parte de una investigación más amplia sobre el impacto del reuso de las aguas residuales de Ciudad Juárez en el Valle de Juárez, financiada por SIMULAI/CONACYT. Grant N° 9702072.

² Especialidad en Ingeniería Ambiental, Doctor en Ciencias, Coordinador de la Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

³ Maestro en Ciencias, Ph. D.; Maestro en Ciencias, Ph. D.; Maestra en Ciencias, Ph. D., División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son variables, dependiendo de lo que se pretende remover y la calidad de agua deseada al final del proceso. En los países latinoamericanos son pocas las plantas tratadoras construidas debido al alto costo de la tecnología, al mantenimiento especializado y a la necesidad de personal certificado. No obstante, existen opciones económicas, incluso algunas rentables, que podrían tomarse en cuenta en la búsqueda de soluciones.

GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son aguas usadas. También se les denomina aguas servidas o aguas negras y contienen sustancias y materiales tan diversos como excreta humana, desperdicios alimenticios, aceites, jabones, agentes químicos diversos, etcétera.

Las aguas residuales municipales provienen básicamente de tres fuentes (GVRD, 1997):

1. Residencias habitacionales y edificios públicos:

Genera dos tipos de agua residual; las llamadas "aguas negras" —que comprenden las heces fecales y aguas de lavabos—, y las "aguas grises" —provenientes del agua de ducha, lavado de ropa, aseo personal.

2. Industrias o parques industriales conectados a la red municipal de drenaje:

Comúnmente, las plantas industriales están conectadas directamente al drenaje municipal, por lo que arrojan todo tipo de materia contaminante al sistema. Lo apropiado es que las descargas de las fábricas, sobre todo las de aquellas que trabajan con sustancias tóxicas, fueran tratadas *in situ* en plantas propias y después hacer la descarga en la red de alcantarillado.

3. Lluvia:

Aunque en este caso no se trata de aguas usadas, la precipitación pluvial generalmente llega al suelo contaminada por el aire. Escurre desde las casas, negocios, parques, estacionamientos y calles, arrastrando consigo todo tipo de desechos y sustancias que se encuentren sobre las superficies llovidas.

El agua entubada que abastece a las comunidades se desperdicia de dos maneras:

- a) Por fugas en la red de abastecimiento —se calcula que de esta forma se pierde hasta un 50 por ciento del recurso. En este caso, el agua se pierde en el subsuelo; y
- b) Por derroche del agua en la ducha, en el jardín, en el lavado del auto. Cuando el agua desperdiciada llega al drenaje, se mezcla con las aguas negras.

El agua residual colectada por la red de drenaje elimina un problema de sanidad inmediato en la comunidad que lo generó; pero si esas aguas no son tratadas para reducir sus cargas contaminantes, úni-

camente estaremos trasladando el problema sanitario de la ciudad al río o al campo, sobre todo si esas aguas son empleadas para regar.

Cuando se descargan aguas residuales en un cuerpo hídrico, hay una transformación de sus componentes en materiales más simples; es decir, hay una autodepuración. Esta transformación puede ser de dos tipos:

1. *Aerobia*: que se hace en presencia de oxígeno
2. *Anaerobia*: se hace sin presencia de oxígeno

Toda vez que estas aguas llegan a un cuerpo hídrico provocan contaminación y producen inconvenientes respecto al sabor, olor y daños a la vida vegetal y animal.

TIPO DE CONTAMINANTES EN AGUAS RESIDUALES

1. Materia fecal

Si la presencia de oxígeno es suficiente para que la aerobiosis se realice, la materia fecal se oxida sin ningún tropiezo y produce: NO_3 , CO_2 , PO_4 y SO_4 .

Si el oxígeno es insuficiente, la flora microbiana anaerobia actuará y provocará un proceso de descomposición de tipo putrefacto, con producción de gases malolientes como CH_4 , NH_3 , PH_3 , H_2S .

La diferencia principal entre la descomposición aerobia y la anaerobia, es que los productos del primer proceso son relativamente inofensivos, mientras que los del segundo proceso son nocivos.

2. Materiales inertes en suspensión

Sólidos inertes en suspensión arrastrados del suelo o que proceden de minas e industrias, y que se pueden sedimentar en el fondo del cuerpo hídrico.

3. Aceites libres emulsionados

El caso de algunos hidrocarburos cuya solubilidad es baja en el agua, y que interfieren con el paso del oxígeno de la atmósfera al agua y con la penetración de los rayos solares en el agua.

4. Sustancias orgánicas no naturales

Provenientes de las sustancias utilizadas en la industria química orgánica y farmacéutica y tiene casi siempre efectos tóxicos.

5. Sales disueltas tóxicas o nocivas

Aquellas que provienen de los metales pesados como el cadmio, mercurio, cobalto, cromo y plomo. Los fosfatos que se encuentran en muchos detergentes y los nitratos que están en la mayoría de los fertilizantes. Los fosfatos y nitratos son sustancias "nutritivas" que producen la llamada eutroficación.

6. Ácidos y bases fuertes

Problema típico de las descargas industriales. Altera el pH.

7. Calor

Problema típico de algunas descargas industriales.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Por razones de salud pública y para proteger al ambiente, se precisa eliminar las sustancias químicas y microorganismos peligrosos del agua residual mediante tratamientos especiales.

El agua limpia es crítica para el sostenimiento de la vida acuática, así como para el riego sano de cultivos hortícolas y horto-frutícolas que usualmente se comen crudos. Además, los valores escénicos y recreacionales de ríos y embalses son importantes en algunas regiones para el desarrollo turístico, y para la vida misma de la comunidad.

El tratamiento de las aguas residuales es sólo una parte del sistema de limpieza del agua. La producción de lodos y el manejo del agua tratada es otro aspecto de esta actividad (las aguas pueden ser inyectadas al acuífero, vertidas al sistema de riego, dispuestas en un río).

El tratamiento de las aguas negras parte de varias premisas:

Premisa 1

La disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua es el punto crucial de la sobrevivencia de la vida acuática. Al metabolizarse la materia orgánica contenida en el agua residual se genera una demanda de oxígeno mayor que la que produce el sistema y que ocasionará una crisis.

Impacto: abatimiento de poblaciones de organismos acuáticos aeróbicos.

Indicador: identificación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (BOD).

Objetivo del tratamiento en este aspecto: remover los sólidos suspendidos antes de descargar el agua en los cuerpos receptores.

Premisa 2

Algunos subproductos resultantes de la descomposición, como las sales inorgánicas de fósforo y nitrógeno, tienen importancia nutritiva para la flora de microorganismos saprófitos y pueden provocar el fenómeno de la eutroficación cultural. Esto ocasiona un desbalance en el ecosistema acuático y afecta el uso del agua para abastecimiento.

Impacto: Abatimiento de poblaciones de invertebrados, vertebrados y plantas acuáticas.

Indicador: Sobreproducción de algas cianófitas, variaciones del pH

Objetivo del tratamiento en este aspecto: Evitar la eutroficación.

Premisa 3

Las aguas residuales municipales están contaminadas

biológicamente con parásitos intestinales y enteropatógenos. La exposición del hombre o animales domésticos y silvestres a esa agua, los pone en riesgo de contraer múltiples enfermedades, algunas compartidas entre sí, pero otras exclusivas del hombre.

Impacto: Epidemias de parasitosis y enfermedades gastrointestinales.

Indicador: Coliformes fecales, huevecillos de helminto
Objetivo del tratamiento sobre este aspecto: Reducir la cantidad de microorganismos patógenos.

Premisa 4

Las aguas residuales municipales están contaminadas químicamente con sustancias tóxicas que pueden afectar a los organismos acuáticos que viven en los cuerpos receptores, a los que beban el agua o a quienes se expongan por contacto a ella, ya sea bañándose en ella o usándola para regar.

Impacto: envenenamiento, inmunodeficiencia, esterilidad, malformaciones congénitas, cambios de conducta y otros síndromes en organismos acuáticos y no acuáticos que beban el agua.

Indicador: mercurio, plomo, cadmio, plaguicidas, solventes, otros.

Objetivo del tratamiento sobre este aspecto: reducir la presencia de uno o más agentes contaminantes.

TIPOS DE TRATAMIENTO

Existen varios métodos para el tratamiento de las aguas residuales. De acuerdo al grado de complejidad y al espectro de sustancias, materiales y organismos removidos, se les clasifica en los niveles primario, secundario y terciario, siendo este último el de mayor dificultad técnica y el más caro (Branco, 1984; GVRD, *op.cit.*; Wagner, 1996).

Tratamiento primario

Este tipo de tratamiento remueve alrededor del 60 por ciento de sólidos suspendidos en las aguas residuales, un 30 por ciento de materia orgánica y de un 5 a un 15 por ciento de nutrientes. Hay una aereación del agua que reduce la demanda bioquímica de oxígeno en un 35 por ciento. El tratamiento primario comprende las siguientes fases: tamizaje, bombeo, aereación, remoción de lodos, remoción de espuma y tratamiento antibacterial.

1. Tamizaje

Cuando el agua negra llega a la planta de tratamiento, entra cargada de todo tipo de residuos sólidos como trozos de madera, piedras, pañales, toallas sanitarias, ropa y otras cosas. Estos materiales son retenidos por mallas y removidos para evitarle problemas a la planta. Muchos de estos materiales son "molidos" y regresados a las aguas negras. Cualquier cosa que no se pueda hacer pedazos es mandada al relleno sanitario.

2. Bombeo

El sistema de alcantarillado mueve las aguas negras por

fuerza de gravedad desde los hogares, comercios o industrias a la planta tratadora. De tal manera, las plantas se ubican a desnivel. Al recibir el agua negra, la bombea a los tanques de aireación. Luego, de aquí continúa su movimiento por gravedad.

3. Aireación

El agua residual entra en una serie de tanques de concreto, largos y paralelos. Cada tanque se divide en dos secciones. En la primer sección se bombea aire al agua.

A medida que la materia orgánica se transforma, hay una mayor demanda de oxígeno, la aireación reaprovisiona el faltante. Mientras esto ocurre, la arena se asienta y se extrae de los tanques.

4. Remoción de lodos

El agua entra a la segunda sección de los tanques de sedimentación. En este punto, los lodos (porción orgánica del albañal) se extraen y se pasan a unos tanques llamados digestores.

5. Remoción de espuma

Mientras que los lodos se depositan en el fondo de los tanques de sedimentación, materiales más ligeros flotan en la superficie. A eso se le llama espuma y contiene grasas, aceites, plásticos, jabón. La espuma es adelgazada con agua y reenviada a los digestores con el lodo.

6. Tratamiento antibacterial

Por último, el agua fluye a través de un tanque donde se clora. Se le agrega dióxido de azufre para neutralizar el cloro remanente. Entonces, el efluente es descargado a los cuerpos receptores.

Sistema no efectivo para la remoción de helmintos.

Tratamiento secundario

El tratamiento secundario remueve más del 90 por ciento de los sólidos suspendidos y alrededor de un 90 por ciento la demanda bioquímica de oxígeno.

Este tipo de tratamiento incluye ajustes al pH y reposición de oxígeno. Tiene una fase de desinfección. Con este tratamiento se elimina entre un 30 y un 50 por ciento de los nutrientes. El efluente de las plantas de tratamiento secundarias puede ser reutilizado para el riego de praderas para animales de granja.

Tratamiento antibacterial (cloro).

Sistema no efectivo para la remoción de helmintos.

Tratamiento terciario o avanzado

Consiste en la remoción de amonio, nitratos, fósforo y la mayoría de la materia suspendida que queda del tratamiento secundario a

saber: sustancias orgánicas refractarias, metales pesados y sólidos disueltos (De Koning, 1992). En este tratamiento se extraen alrededor de un 90 por ciento de precursores de nutrientes.

Las aguas residuales industriales usualmente requieren de este tipo de tratamiento. El efluente de las plantas avanzadas se usa para el riego de parques, campos de golf, lavado de vehículos, etcétera.

Tratamiento antibacterial (cloro)

Sistema efectivo para la remoción de helmintos.

Lagunas de estabilización

Método más apropiado para el tratamiento de aguas servidas en climas cálidos. Su principal limitante es la falta de espacio que dé cabida a las lagunas. Este tratamiento de las aguas residuales es el más utilizado en América Latina.

Consiste en una serie de lagunas —anaeróbicas, facultativas y de maduración— a través de las cuales fluyen las aguas en un periodo de 10 a 15 días, dependiendo de la temperatura. Tienen la ventaja de que pueden ser diseñadas para producir efluentes que remuevan bacterias y helmintos.

Cloración

La desinfección de las aguas servidas mediante la aplicación de cloro, es un método poco exitoso en la práctica si se aplica solo. Para efluentes primarios o secundarios es común su uso.

LÓDOS RESIDUALES

Al final del proceso de depuración de las aguas servidas, se genera un desecho que queda en forma de lodo, el cual está constituido en un 90 por ciento por agua y el restante 10 por ciento por sólidos que en su mayoría son materia orgánica y nutrientes. También puede contener altas concentraciones de metales pesados (mercurio, plomo, selenio, cadmio, cromo), plaguicidas domésticos, sustancias químicas domésticas usadas como limpiadoras, aceites, compuestos orgánicos volátiles, desechos tóxicos industriales, etcétera.

Los lodos provenientes de aguas domésticas son secados y usados como fertilizantes o dispuestos en el suelo (Tabla 2); los provenientes de aguas industriales, por lo general, se disponen como residuo tóxico en confinamientos de alta seguridad, o se incineran.

A principio de los noventa, en la República Mexicana se producía un volumen aproximado de 100 m³/seg de aguas residuales. Este volumen tenía un promedio superior a 4,000 ppm de carga orgánica que era vertida a cuerpos receptores, lo que representaba un total de 12'614,400 toneladas anuales de lodos; esto significaba 406 g por habitante y por día (Colín Cruz, 1991).

Entre los parámetros de análisis que se muestran en la Tabla 2, no se encuentran los patógenos ni los huevecillos de helmintos, los cuales pueden sobrevivir en los lodos secos hasta por un año o más. Estos parámetros deben ser incluidos en los países en vías de desarrollo.

Cuando se trata del análisis de lodos industriales, se agregan otros parámetros a la lista anterior. Generalmente se buscan aquellas sustancias altamente tóxicas que se supone son generadas por la industria o se presume su presencia.

Nitrógeno total	% en peso seco
Fósforo total	% en peso seco
Potasio total	% en peso seco
Cadmio	mg/kg en peso seco
Cobre	mg/kg en peso seco
Plomo	mg/kg en peso seco
Níquel	mg/kg en peso seco
Zinc	mg/kg en peso seco
pH	unidades de pH
Sólidos totales	%

Fuente: Csuroz, 1994

AGUAS RESIDUALES: CASO MÉXICO

Los problemas ambientales de México en relación al agua son de tres tipos (World Resources Institute, 1993):

1. Calidad ambiental

Contaminación del recurso hidráulico en zonas urbanas, áreas industriales y de desarrollo agrícola.

2. Deforestación y desertificación

A causa del desarrollo industrial, el turismo y la demanda de tierra fértil.

3. Escasez de agua

Gran parte del territorio nacional y de su población carece del abasto necesario de agua.

En México, los asentamientos humanos no coinciden con las zonas ricas en agua, por ejemplo, en el norte y el altiplano —más del 50 por ciento del país— se capta el 19 por ciento de la precipitación media anual y concentra dos terceras partes de la población, el 70 por ciento de la industria y el 90 por ciento de la superficie de riego. Por otro lado, el sureste de México —Chiapas, Tabasco, Campeche, Quintana Roo— posee el 70 por ciento del caudal de agua superficial y una población que corresponde al 20 por ciento de la nacional (CNA/IMTA, 1994).

La población urbana del país recibe en promedio 170 m³/s y genera 115 m³/s de aguas residuales. De ese caudal de aguas servidas, solamente unos 17.25 m³ (15 por ciento) reciben algún tipo de tratamiento; el resto va a cauces de ríos, canales de riego, presas o lagunas. El sector industrial genera 82 m³/s de aguas residuales que sin tratamiento alguno son dispuestas en el medio. En cuanto a las zonas rurales, se calcula que producen un volumen de 265 m³/s, el cual va contaminado con agroquímicos (SEDESOL/INE, 1993).

La carga orgánica generada por las aguas residuales de origen industrial, es del orden de 3.3 millones de tm de DBO/año, y las aguas residuales municipales crudas tienen un promedio de 10⁴/100 ml coliformes fecales e infestaciones de huevecillos de helmintos y quistes de protozoarios (Cortés *et al.*, 1993).

Hasta 1993 había en los municipios 721 plantas de tratamiento de aguas residuales, de las cuales solamente estaban operando 464, es decir, el 64 por ciento (Garza, 1994).

DISCUSIÓN

Las aguas residuales municipales e industriales no tratadas generan un problema al entorno ambiental próximo a los centros de desarrollo urbano y un impacto a distancia sobre los cuerpos de agua superficial y profunda.

Continuar con la práctica de arrojar los residuos líquidos urbanos a los ríos o a los campos agrícolas no es la forma de resolver el problema de las aguas residuales. Tampoco es la solución construir sofisticadas y costosas plantas de tratamiento de aguas servidas.

Uno de los principales problemas que enfrentan los países en vías de desarrollo en relación al tratamiento de las aguas servidas, es de tipo económico (Sáenz, 1993). Cabría agregar también el problema técnico, ya que la mayoría de las tecnologías empleadas para este propósito fueron creadas y puestas en uso por los países altamente industrializados.

Contra la creencia general, las plantas de tratamiento de aguas residuales se integran al sistema de saneamiento de la ciudad y no es la ciudad la que se integra a esta infraestructura. Es decir, para que el diseño funcione correctamente, se requiere que en principio exista un servicio de drenaje que dé cobertura a la mayoría de la ciudad, que la red de drenaje se encuentre en condiciones de brindar servicio por un espacio considerable de tiempo, y que contemple la ampliación de dicha red a medida que crezca la ciudad.

Por ejemplo, en el caso de las dos plantas tratadoras (terciarias) que se comenzaron a construir en Ciudad Juárez, Chihuahua en 1998, se proponen tratar los residuos generados por el 80 por ciento de la comunidad que está actualmente conectada a la red.

El problema que se presenta, es que alrededor del 50 por ciento de esa red de drenaje tiene más de 35 años de servicio y el sistema está sufriendo numerosas fugas que van al subsuelo.

Considerando los estándares internacionales que estiman en 30 años el tiempo de utilidad de un sistema de drenaje antes de ser reemplazado, vemos que en el proyecto de estas plantas (Mendoza *et al.*, 1997) se contempla, entre muchas otras cosas, que el diseño de los constructores parte de la consideración de que el drenaje se encuentra en perfectas condiciones y que seguirá brindando servicio por los siguientes 24 años de vida útil de las plantas tratadoras.

Es preciso señalar que este tipo de proyectos de desarrollo social, cuya base de análisis es eminentemente técnico, previo a otro tipo de evaluaciones, son altamente costosos y no necesariamente representan la mejor alternativa para nuestras condiciones, pero actualmente se están proponiendo y desarrollando en muchas ciudades de México y Latinoamérica.

Hespanhol (1993), ex asesor de saneamiento básico de la OMS en Ginebra, consideraba que para los países en vías de desarrollo existían otras alternativas al tratamiento secundario y terciario, con parecidos resultados en el efluente, que eran menos onerosas y técnicamente más sencillas.

Sáenz (*op.cit.*), ex asesor de saneamiento básico de la OPS/OMS en Washington, estimó que el costo de tratamiento de aguas servi-

das a través de procesos de clarificación sucesiva, seguidos de una desinfección final, requeriría una inversión del orden de \$250.00 dólares por habitante. El costo por metro cúbico de agua tratada sería de \$1.00 dólar. Este tipo de plantas funcionaría en poblaciones cuyo Producto Per Cápita (PPC) anual fuese mayor a los \$16,000.00 dólares anuales.

La diferencia de PPC entre países desarrollados y en desarrollo, puede llegar a ser abismal. En el mejor de los casos, la economía de los países en vías de desarrollo es hasta diez veces menor a la de los países desarrollados (por ejemplo México), pero hay casos en América Latina en que esta diferencia es superior hasta por 34 veces (por ejemplo Nicaragua).

Como alternativa, Sáenz (*op. cit.*) propone el uso de lagunas de estabilización, con las que se obtienen buenos resultados en el tratamiento de las aguas residuales y una reducción en el costo de inversión de \$25.00 a 100.00 dólares, dependiendo del clima, costo del terreno (requieren de mayor área que otros métodos) y costo de construcción. El costo por metro cúbico será de entre \$0.10 y \$0.35 dólares.

Pero aun y cuando los países en desarrollo pudieran cumplir con el factor económico, faltaría otro requisito por llenar: la necesidad de personal profesional para el manejo y supervisión técnica y técnico medio capacitado para la operación de las plantas. Además, deberían crearse programas y centros de capacitación continua. Este aspecto ha sido una grave deficiencia en México, a pesar de los cientos de plantas de tratamiento que existen en el país y más las que hay por construirse (Romero Álvarez, 1996). Comúnmente, el personal profesional y técnico medio se hacen sobre la marcha y no tienen la capacidad técnica suficiente para resolver problemas de infraestructura o de proceso, para lo cual hay que llamar a expertos internacionales.

Grave es la deficiencia que hay en México respecto a la gestión de plantas de tratamiento de aguas residuales, tanto en el área de automatización como en el de certificación de ingenieros y técnicos operadores, que en lugar de buscar soluciones internas a estos problemas a menudo se buscan respuestas en el exterior. Por ejemplo, en el estado de Veracruz, con el apoyo de la Comunidad Económica Europea están desarrollando canales de cooperación con universidades españolas en una línea de investigación denominada *A real time distributed intelligent system for water treatment plants management*, orientada a la obtención de sistemas automáticos de diagnóstico y control para plantas depuradoras (Lania, 1993).

El tratamiento de las aguas residuales no es meramente un aspecto de ingeniería sanitaria o de salud pública. En cuanto a la búsqueda de alternativas apropiadas para los países en vías de desarrollo, existen estrategias biológicas para contender con el problema, éstas pueden ser objeto de estudio en la universidad o en centros de investigación; tal es el caso del uso de las plantas acuáticas o el empleo de los humedales.

REFERENCIAS

- Branco, S. M. *Limnología sanitaria: estudio de la polución de las aguas continentales*. Washington: OEA, 1984.
- CNA/IMTA Memorias del Taller Regional para las Américas sobre aspectos de salud, agricultura y ambiente vinculados al uso de las aguas residuales. México: CNA/IMTA/OPS/OMS/PNUMA/FAO/HABITAT, 1994.
- Colín Cruz, A. "Lodos residuales, ¿qué son y qué hacer con ellos?". *Ingeniería ambiental*, vol. 4, núm. 12, 1991.
- Cortés J, C. Tejeda y C. Sánchez. *Aprovechamiento de aguas residuales en la agricultura: situación actual en México*. Taller Regional para América sobre aspectos de salud, agricultura y ambiente vinculados al uso de aguas residuales, México: CNA/IMTA, 1993.
- Csuroz M. *Environmental sampling and analysis for technicians*. Washington: Lewis Publications, 1994.
- Garza, V. "La legislación ambiental en México en referencia a la generación y uso de aguas residuales". *Border Health*, X(1), El Paso, Texas: PAHO, 1994.
- GVRD. *Wastewater*, Canada: Greater Vancouver Regional District's, 1997.
- Hespanhol I. *Reuse of community wastewater: health and environmental protection research needs*. Taller Regional para América sobre aspectos de salud, agricultura y ambiente vinculados al uso de aguas residuales. México: CNA/IMTA, 1993.
- Johnson M. "Waterfront development". In R. A. Eblen y W. R. Eblen (eds.), *The Encyclopedia of the Environment*. Washington: Houghton Mifflin, 1994.
- Koning De H. W. *La salud ambiental y la gestión de los recursos de agua dulce en las Américas*. Washington: OPS/OMS, 1992.
- Lania, A. C. *Tratamiento y distribución de agua en el estado de Veracruz*. México: 1993.
- Mendoza R., S. Bustillos, A. Zamora, MD Azapico, A. Pérez y J. González. *Proyecto: plantas de tratamiento de aguas residuales, norte y sur de ciudad Juárez, Chihuahua*. Ciudad Juárez, Chihuahua: 1997 (comunicación personal).
- Moscoso, J. y A. Flórez. *Reuso en acuicultura de las aguas residuales tratadas en las lagunas de estabilización de San Juan*. Perú: CEPIS, OPS/OMS, 1991.
- Moscoso, J. y G. León. *Uso de aguas residuales*. Perú: CEPIS, OPS/OMS, 1995.

OPS/OMS. *Nuestro planeta, nuestra salud*. Informe de la Comisión de Salud y Medio Ambiente de la OMS, Washington: OPS/OMS, 1993.

PAHO/WHO. *Health Conditions in the Americas*. Washington: PAHO/WHO, 1990.

Romero Álvarez, H. 1996 (comunicación personal).

Sáenz, R. *Tratamiento de aguas residuales: consideraciones institucionales, económicas y socioculturales*. Taller Regional para América sobre aspectos de salud, agricultura y ambiente vinculados al uso de aguas residuales. México: CNA/IMTA, 1993.

Seager, J. *The new state of the earth atlas*. London: Touchstone, Simon & Schuster, 1995.

SEDESOL/INE. *Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente: 1991-1992*. México: SEDESOL/INE, 1993.

Wagner, T. *Contaminación, causas y efectos*. México: Gernika, 1996.

World Resources Institute Environmental Almanac. Washington: Houghton Mifflin, 1993.

EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL Aire y el suelo en el agua¹

Victoriano Garza-Almanza,² Lourdes Lozano-Vilano³

Los recursos físicos de la biosfera —el agua, el aire y el suelo— están inextricablemente asociados, de forma tal que el impacto de los procesos de desarrollo del hombre en alguno de ellos, repercute en los otros. Nunca antes el impacto del hombre sobre el medio ambiente había alcanzado niveles tan alarmantes de deterioro como en la actualidad, situación favorecida por la sobreexplotación de recursos naturales, desarrollo industrial, generación de residuos tóxicos, producción masiva de fertilizantes y plaguicidas químicos sintéticos, crecimiento demográfico acelerado y creación de mercados regionales que permiten el libre flujo de productos y servicios. En este esquema, los recursos de agua dulce están siendo severamente afectados por los procesos de desarrollo del hombre y están sufriendo una merma en su calidad y su cantidad. En este trabajo se presenta un análisis descriptivo de la interrelación agua-aire-suelo y de cómo la contaminación del aire o del suelo afecta al agua y la biota.

INTRODUCCIÓN

De todos nuestros recursos naturales, el agua es el más preciado, siendo ésta un elemento abundante en la Tierra, paradójicamente por la carga de sales marinas que tiene, la mayor parte de ella no puede ser empleada en el campo, la industria o el consumo humano (Carson, 1980). Su volumen global (Penman, 1982), es de 1 500 millones de km³. De ese volumen, el 97.41 por ciento lo constituyen los océanos y los mares. El 2.59 por ciento corresponde a casquetes polares, lagos, ríos, acuíferos, vapor atmosférico, humedad del suelo y biota, aunque su distribución geográfica no es homogénea (Mauritus la Riviere, 1990).

Tabla 1. Distribución del agua en la tierra

Océanos y mares	97.41%
Casquetes polares y acuíferos	2.576%
Lagos, ríos, humedad del suelo y biota	0.014%

Fuente: Mauritus la Riviere, 1990.

El agua es imprescindible a toda actividad realizada por el hombre. En los últimos 300 años, —los de mayor desarrollo científico y tecnológico en la historia de la humanidad—, el crecimiento de la población humana fue mayor que nunca, así como su demanda de agua dulce. Mientras que la población aumentó siete veces en ese tiempo, la demanda de agua creció 35 veces para el mismo período (L'vovich,

1990). La extracción del agua varía de una nación a otra, sobre todo si se trata de un país industrializado o en vías de desarrollo; por ejemplo, en Estados Unidos la extracción llega a ser hasta de 2 000 m³ persona/año, y en países como Pakistán o Chile varía entre 20 y 50 m³ persona/año (World Resources Institute, 1990).

Según la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1997), las labores agrícolas consumen alrededor del 70 por ciento del agua dulce utilizada por el hombre, cantidad que en una mínima parte es reciclada.

En 1995, veintiséis países que conjuntamente albergaban 232 millones de habitantes, estaban sufriendo una grave carencia de agua. México fue entonces clasificado en otro grupo, junto con la India y China, como un país en transición hacia a un estado de escasez crónica (Seager, 1995).

La cantidad de agua ha sido desde hace algunos años, recurso crítico para el progreso de pueblos y naciones; sin embargo, la calidad del recurso aun y cuando éste exista en un lugar, se ha convertido en elemento clave no sólo para el desarrollo social, sino para los organismos vivos que ocupen ese sitio. Según Carson (*op.cit.*), la sobreexplotación y contaminación del agua por el hombre, la han convertido en víctima de su indiferencia.

La dinámica cíclica del agua permite arrastrar consigo a través de sus diferentes estados físicos, a sustancias gaseosas, sólidos disueltos y sólidos suspendidos, lo que la constituye en un recurso impulsor de la vida y modelador de la geosfera (Vernadsky, 1998). La circularidad del agua a través de la atmósfera, la materia viva y el suelo, se ha transformado en un mecanismo dispersor de fenó-

¹ Este trabajo, realizado en el Valle de Juárez, ha sido posible en parte gracias al apoyo y financiamiento de SIVILLA/CONACYT Grant No. 9702072.

² Coordinador de la Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

³ División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

menos antropogénicos (cambio climático global o nubes radiactivas) y sustancias contaminantes (lluvia ácida) que están afectando por entero a la biosfera.

La contaminación del agua en el contexto de la contaminación del aire y del suelo permite comprender la interrelación de las partes en un todo.

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Las definiciones de contaminación reflejan la perspectiva de los diversos grupos de individuos que estudian el problema o que tienen algún interés en el mismo. El ecólogo, el industrial, el economista, el ingeniero, el funcionario público y hasta el ciudadano, todos tienen un enfoque propio del problema de la contaminación ambiental (Moomaw, 1994).

La contaminación es un cambio indeseable en las características físicas, químicas y biológicas del ambiente natural, producido principalmente por la actividad humana (Wagner, 1996).

La contaminación es un cambio en la composición química del aire, agua y suelo que reduce sus capacidades para sostener la vida (Chirás, 1991).

Los contaminantes pueden ser de origen natural —como las erupciones volcánicas—, o humano —como las emanaciones de humos de una chimenea industrial.

El impacto de la contaminación ambiental lo advirtió con claridad Carson (*op. cit.*) desde la década de los 50's, cuando preparó su obra *Primavera silenciosa*: "los nuevos problemas sanitarios que nos rodean son múltiples... creados por la radiactividad en todas sus formas, nacidos del inacabable torrente de sustancias químicas de que forman parte los plaguicidas y que actúan sobre nosotros directa e indirectamente, separada y colectivamente".

Las alteraciones que el hombre civilizado causa a la naturaleza se denominan "efectos ambientales".

Según Branco (1984), hay tres características en el hombre que son importantes para producir esos efectos contaminantes:

Hábitos gregarios

Tendencia a formar aglomeraciones en sitios reducidos. Por el contrario, las razas más salvajes mantienen el equilibrio de su población con el ambiente.

Hábitos depredadores

Organismo omnívoro. Además de comer animales y vegetales, el hombre es capaz de alimentarse y medicarse con preparados sintéticos (conservadores, medicamentos sintéticos, etcétera) y de utilizar una enorme variedad de productos naturales —del fondo del mar, de los polos o de las junglas— como materia prima.

Inteligencia

Capacidad que le ha permitido tomar iniciativas que van más allá del marco genético de su patrón conductual. La búsqueda del conocimiento, su aplicación práctica más el consumismo —como motor moderno de esa búsqueda— es lo que ha transformado el mundo.

Los agentes contaminantes pueden caracterizarse en cuatro grandes grupos:

Biológicos

- * Organismos causantes de enfermedades que pueden encontrarse en el agua; por ejemplo cólera, salmonelosis, ascariasis o criptosporidiosis.
- * Organismos introducidos en un nuevo territorio; por ejemplo trucha en ríos sudamericanos.
- * Cambios en el genoma de especies para debilitadas o fortalecerlas.

Físicos

- * Contaminación térmica: consisten en un aumento de temperatura en el agua, originada por plantas termoeléctricas o residuos industriales.
- * Turbidez: usualmente indicadora de partículas suspendidas en el agua.
- * Color: pigmentos o sustancias solubles en el agua.
- * Sedimentación: partículas mayores a 0.1 μ que se precipitan al fondo de los cuerpos de agua.
- * Viscosidad: propiedad del agua inversamente proporcional a su temperatura. Por ejemplo un aumento de temperatura puede ocasionar cambios en su viscosidad y determinar la precipitación de plancton por cambios en el coeficiente de fricción.

Químicos

Comprende compuestos inorgánicos y orgánicos.

* Inorgánicos:

- Sales (sodio y compuestos que causan dureza)
- Nitratos
- Sulfatos
- Metales pesados (Hg, Pb, Cd, otros)

* Orgánicos: asociados con actividades industriales y agrícolas, y con fuentes naturales

- Bifenilos policlorados (PCB's)
- Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC's)
- Compuestos Orgánicos Sintéticos (Plaguicidas y otros industriales)

Radiológicos

Asociados con minería de materiales radiactivos, energía nuclear y producción de materiales nucleares.

Desde el punto de vista hidrológico, un contaminante es una sustancia o cambio que interfiere con la utilidad del agua. Esa utilidad está en razón a:

- 1) su "calidad aceptable" para el uso en la industria, la comunidad y las actividades agrícolas, o a
- 2) su "calidad funcional" natural en el ecosistema.

La calidad del agua en términos de "aceptable" para el hombre moderno, es lo que se denomina agua potable. Esa aceptabilidad no es necesariamente conveniente al ecosistema, pues por el tratamiento que esa agua recibió, perdió muchas de sus propiedades que la harían "ecológicamente funcional".

CALIDAD AMBIENTAL

La obra de Rachel Carson, *Primavera silenciosa* publicada en los Estados Unidos en 1962 (*op.cit.*), llevó a la escena pública el problema de la contaminación ambiental y su impacto en los ecosistemas y la salud pública. Esto provocó la revisión de las actas de protección del agua y del aire y los programas de plaguicidas y de residuos sólidos, entre otros. En 1969, el presidente Richard Nixon constituyó el denominado Consejo de Calidad Ambiental (Environmental Quality Council), cuyo propósito fundamental fue el de preparar una estrategia integrada para hacer frente a los problemas ambientales. No obstante, el comité encargado fracasó en la elaboración de un plan estratégico, por lo que el presidente creó un nuevo grupo de trabajo especial para este propósito. Finalmente, en septiembre de 1970 quedó formalmente establecida la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency) (Landy *et al.*, 1990). Esta fue la primera institución gubernamental creada por país alguno para proteger al medio ambiente de la contaminación.

La protección ambiental se realiza dentro de un marco legal, que se establece en base a estándares de calidad, convencionalismos establecidos por el hombre en función de una calidad ambiental que desea proteger o alcanzar. Los estándares, también conocidos como normas ambientales, son determinados por la evaluación del efecto de los contaminantes sobre algunos organismos blanco y por la determinación de la carga de contaminantes que pueden ser liberados al medio sin que afecten adversamente al entorno (Eblen y Eblen, 1994).

Establecer protocolos de evaluación de las sustancias químicas que el hombre ha descubierto en la naturaleza o sintetizado en el laboratorio —que en conjunto rebasan los 8 millones de sustancias registradas—, es una labor menos que imposible que impediría a cualquier nación hacer frente a todos los problemas de contaminación en su territorio. Por tal motivo, el grupo de expertos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomiendan establecer prioridades aplicando cinco criterios (Koning, 1994):

1. Reconocer la gravedad y frecuencia de los efectos adversos observados o presuntos.
2. Determinar la ubicuidad y abundancia del agente en el medio.
3. Establecer la persistencia en el medio ambiente.
4. Encontrar la transformación ambiental o transformaciones metabólicas.
5. Observar el efecto sobre la población.

Es importante recordar que la mayoría de las normas de calidad ambiental están en relación directa a la salud humana y pocas veces se elaboran pensando en la protección de una o más especies de organismos.

CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y SUS EFECTOS EN EL AGUA

La contaminación del aire es una concentración de sustancias en la atmósfera que puede interferir con la salud del ecosistema (Franck y Brownstone, 1992). El estudio de la contaminación atmosférica se establece en relación a la liberación de sustancias peligrosas al aire: sus fuentes, dispersión, transporte y efectos nocivos sobre la salud humana y los ecosistemas (McClellan, 1994).

Los contaminantes en el aire se comportan de varias formas y pueden causar problemas locales, regionales o globales. Según Moonaw (*op.cit.*), gran parte de la contaminación atmosférica es resultado de la quema de combustibles derivados del petróleo, carbón y gas natural. En algunas naciones, la quema de basura es un problema permanente. Otros contaminantes, como los Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC's), compuestos clorofluorocarbonados (CFC's), solventes industriales o la grasa cocinada, se evaporan en el aire.

El aire atmosférico se conforma por cuatro compuestos principales, elementos traza y vapor de agua.

Tabla 2. Composición de la atmósfera

Nitrógeno	72%
Oxígeno	21%
Argón	0.93%
Dióxido de carbono	0.03%
Neón, metano, helio, hidrógeno, criptón, partículas suspendidas	Concentraciones traza

Fuente: Wagner, 1996.

Fuentes de contaminación atmosférica

Las fuentes de contaminación atmosférica se clasifican por sus emisiones y en función de cuatro categorías (Rossano y Rolander, 1980):

1. Fuentes de combustión estacionarias: en las cuales se quema combustible para la calefacción de locales, procesos productivos y generación de energía.
2. Fuentes de combustión móviles: vehículos de motor, trenes, barcos y aviones.
3. Incineradores de residuos: incineradores de basuras municipales (domésticas, comerciales e industriales no peligrosas), de residuos peligrosos (industriales y hospitalarios), fuegos abiertos (basuras, bosques).
4. Procesos industriales: emisiones generadas de procesos industriales y no propiamente de la combustión que da energía a dichos procesos.

Contaminantes atmosféricos

Los programas públicos para el control de la contaminación atmosférica han concentrado sus esfuerzos en un pequeño número de contaminantes que les denominan "críticos".

Las sustancias químicas y partículas críticas son las siguientes:

1. Dióxido de azufre
2. Óxidos de nitrógeno
3. Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC's)
4. Clorofluorocarbonos (CFC's)
5. Monóxido de carbono
6. Plomo
7. Ozono
8. Partículas y gases radiactivos

Algunos de estos contaminantes afectan gravemente la atmósfera y repercuten en otros niveles de organización de la Tierra, como en la Hidrosfera.

Ciertos fenómenos atmosféricos que ocurren como producto de la contaminación afectan los cuerpos de agua superficial a saber: la deposición o lluvia ácida.

Los países industrializados pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, tuvieron en 1987 un importante impacto sobre el ambiente (OCDE, 1991).

Óxido de nitrógeno	25%
Óxidos de azufre	40-50%
Aportaciones al efecto invernadero	50%

Fuente: OCDE, 1991.

Origen antropogénico de la lluvia ácida

La acidez atmosférica se deposita en el suelo o el agua superficial de dos maneras: de forma húmeda —como lluvia, nieve, niebla o rocío— o seca —como partículas ácidas—.

La principal fuente de lluvia ácida es la quema de combustibles fósiles que producen dióxido de azufre (SO_2) y óxidos de nitrógeno (NO_x). Estas sustancias reaccionan químicamente en el aire con el ozono y otros compuestos ácido sulfúrico y ácido nítrico.

Al conformarse estos ácidos en la atmósfera no se precipitan inmediatamente, usualmente son transportados por el viento a grandes distancias. La lluvia ácida puede originarse en un lugar y precipitarse en otro; por ejemplo la carbocéntrica Carbón II, ubicada en Piedras Negras, Coahuila, genera precursores de lluvia ácida que no solamente afectan al parque vecino del Big Bend, sino que su impacto se extiende hasta la región del Gran Cañón del Colorado (Garza, 1996a).

En algunas regiones de Estados Unidos, Canadá o los países escandinavos, la deposición ácida de la lluvia llega a tener un pH de 4.0. El daño biológico que causa en lagos ácidosensitivos, lagunas, ríos, arroyos y estanques es catastrófico; en principio, muchos organismos acuáticos pierden la habilidad metabólica de absorción y retención del sodio. A menudo afectan la reproducción de peces, pero los organismos más pequeños, como anfibios o invertebrados,

sucumben a la primera acidificación (Kirchner, 1994).

Los lagos y cauces de agua que reciban la misma lluvia ácida podrán ser habitables o inhabitables para los peces, dependiendo de su capacidad neutralizadora (*buffer*). La capacidad *buffer* de las aguas superficiales está en relación directa a las características geológicas del suelo donde se encuentren (Kirchner, *op. cit.*).

La lluvia ácida también está asociada a la muerte de los bosques de Europa porque entre otros efectos, acelera el lixiviado del calcio, potasio, magnesio y otros nutrientes del suelo.

Contaminación del suelo y sus efectos en el agua

Existe una estrecha relación entre el agua superficial y el agua subterránea. Sin embargo, desde el punto de vista biológico es mayor la importancia del agua superficial que la del agua subterránea (Penman, *op. cit.*). Esta perspectiva varía cuando se trata de abastecer de agua a una comunidad, generalmente adquiere mayor relevancia el agua subterránea que la superficial cuando el hombre tiene la opción de escoger.

El agua superficial, como la subterránea, está bajo intensa presión por los procesos de desarrollo y por la contaminación.

Las formas de contaminación del agua se clasifican en dos tipos (Black, 1994):

1. Formas puntuales o localizadas; se refieren al lugar exacto donde el agua contaminada o el agente contaminante es descargado desde una tubería.
2. Formas no-puntuales o difusas; consiste en la difusión superficial, por escorrentía o transmisión, de materiales contaminantes originados por varios usos de la tierra (agricultura, desarrollo urbano, minería, actividades forestales, disposición de residuos sólidos).

Las fuentes de contaminación del suelo, que directa o indirectamente tiene que ver con la contaminación del agua son de carácter: a) urbano, y b) rural.

Fuentes de contaminación urbana

Este problema se deriva, en gran medida, de la falta de infraestructura sanitaria para el confinamiento seguro de los residuos sólidos urbanos, desechos peligrosos industriales u hospitalarios, o de los lodos residuales de plantas tratadoras de aguas servidas.

Basureros

Llamanse así a los vertederos de basura que carecen de toda protección para la disposición segura de los residuos domésticos de una comunidad —caso contrario es el denominado “relleno sanitario”—. De tal forma, si el basurero está sobre un terreno poroso, los lixiviados se transmiten por el subsuelo hasta el manto freático contaminándolo. Si el basurero está sobre un terreno arcilloso, impermeable, los lixiviados escurrirán por gravedad y podrán alcanzar el cauce de un río o laguna. Por ejemplo en la ciudad de Asunción, Paraguay, el vertedero municipal se encuentra a un lado de la laguna Cateura, la que a

su vez se extiende en forma paralela al río Paraguay. Estudios realizados demuestran que el vertedero se comporta de forma puntual y que la contaminación del suelo alcanza la laguna y el río (Lima-Morra, 1997). Otra situación es que, en algunos lugares del sur de México (Chiapas por ejemplo), Centroamérica y América del Sur, es costumbre arrojar la basura por la puerta cuando en la temporada de lluvias el agua llena por momentos las calles.

Industrias y hospitales

Algunas industrias y todos los hospitales generan desechos peligrosos. También los lodos residuales de las plantas tratadoras de aguas servidas de aquellas industrias que manejan en sus procesos materiales peligrosos, pueden contener residuos tóxicos. Los residuos peligrosos son sustancias de desecho cuyas propiedades pueden ser explosivas, inflamables, tóxicas, infecciosas y corrosivas (Koning *et al.*, 1994). Los residuos peligrosos deben de ser manejados con seguridad y dispuestos en confinamientos especiales. En México únicamente existen dos de estos sitios: en Nuevo León y en Sonora. Se desconoce dónde se está depositando más del 80 por ciento de los residuos sólidos peligrosos generados por la industria en México (Carabias, 1998). Esta última situación basurreos clandestinos de desechos sólidos peligrosos. En tal caso, los desechos peligrosos dispuestos al aire libre en cualquier sitio, pueden ser transportados por el viento a cuerpos de agua superficial, arrastrados por la lluvia o infiltrados al subsuelo para contaminar el agua subterránea (CEPIS, 1987). Este último se trata de un caso de contaminación no-puntual.

Los países desarrollados generan el 90 por ciento de las sustancias tóxicas vertidas al agua (OCDE, *op. cit.*).

Fuentes de contaminación rural

Las actividades agrícolas, pecuarias, forestales y mineras, generan un problema de contaminación ambiental complejo y de amplias proporciones en el medio rural o en áreas silvestres aledañas. En muchas ocasiones, esas actividades tienen efectos importantes sobre las aguas superficiales y subterráneas.

Esta situación deriva del uso indiscriminado de agroquímicos, de la producción extensiva de ganado vacuno que produce toneladas de estiércol, de la deforestación de bosques y por las explotaciones mineras (a flor de tierra o profundas).

Los agentes o procesos contaminantes que afectan los cuerpos de agua son los siguientes:

Fertilizantes

Los fertilizantes o mejoradores del suelo pueden ser orgánicos o inorgánicos y se aplican durante el ciclo de producción para asegurar una nutrición adecuada y el buen crecimiento de los cultivos. Entre los fertilizantes orgánicos se cuenta con estiércol, excretas humanas, composta y harinas de sangre animal. Los fertilizantes inorgánicos más comunes y ne-

cesarios son el nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y minerales traza (cobre, magnesio, boro, zinc, calcio).

El uso indiscriminado de los fertilizantes, trae consigo la disposición excesiva de nutrientes en el suelo que generan la eutroficación de aguas superficiales.

Plaguicidas

Término general dado a un numeroso y diverso grupo de sustancias químicas desarrolladas para controlar poblaciones de organismos plaga que amenacen con dañar cultivos, bosques, producciones fabriles, residencias habitacionales y la salud de animales de cría o la del propio hombre.

Los plaguicidas más conocidos son los insecticidas, relacionados con la producción agrícola, pero también existen herbicidas, acaricidas, fungicidas, molusquicidas, rodenticidas, nematocidas y otros.

El manejo inadecuado de los plaguicidas es origen de múltiples intoxicaciones individuales o colectivas entre los trabajadores agrícolas y eventualmente, causa de tragedias masivas en comunidades (Garza, *op. cit.*). Por problemas de toxicidad de muchos de los plaguicidas, los gobiernos de la mayoría de los países han puesto en veto uno o varios de estos productos con el propósito de proteger la salud humana y en ocasiones el ambiente. Por ejemplo, de una lista de 275 plaguicidas usados en la región de las Américas, Estados Unidos tiene vetados 113, Surinam 1, Belice 94, México 34, Panamá 99, Perú 4 (OPS/OMS, 1993).

Tabla 4. Plaguicidas más prohibidos y restringidos en algunos países de la región de las Américas

Aldrin	Heptacloro
BCH/BHC Lindano	Mercuriales
Clordano	Metil paratión
Clordimeform	Paraquat
DDT	Paratión
Dioldrin	Pentaclorofenol
Eudrin	2-4-5-T
EDB	Toxafeno

Fuente: OPS/OMS, 1993.

Algunos de los países como Belice o Panamá, tienen por norma prohibir dentro de su territorio el empleo de plaguicidas cuyo uso no se permita en el mismo lugar que los fabrica. A esto se le denomina "prohibición de origen".

La utilidad de estos productos es incuestionable, pero también es factible la sustitución parcial de los plaguicidas químicos sintéticos por medidas ambientalmente más amigables. El riesgo que al ambiente representan los plaguicidas se incrementa por las violaciones que la seguridad de su manejo exige (uso irresponsable), y por la falta de preparación del usuario (analfabetismo técnico).

La contaminación de aguas superficiales por plaguicidas es un fenómeno ligado al envenenamiento de ecosistemas acuáticos y de la alteración de los ciclos de vida de muchas especies no blanco.

Deforestación

La deforestación se define como la conversión de zonas boscosas o selváticas en tierras de uso no forestal, ya sea para: a) pastos o cultivos, o b) para la construcción de represas, minas, carreteras, aeropuertos, residencias o desarrollo industrial.

Según Pardo (1994), a la vida en comunidad en los bosques, con el único propósito de explotarlos, no se le considera deforestación, aun y cuando haya un exceso de tala y destrucción del bosque. En tal caso se le denomina "degradación forestal". Las consecuencias de la deforestación más importantes son tres:

1. Severa erosión del suelo.
2. Agudizamiento del estado de pobreza de los habitantes de la zona.
3. Mayor riesgo de inundación en las poblaciones de zonas bajas.

La erosión del suelo juega un importante papel en la contaminación de aguas superficiales por permitir el deslave y arrastre de elementos —como el arsénico o el plomo— que pueden ser nocivos a los ecosistemas.

Minería

La minería es la extracción de recursos desde la superficie del suelo o por debajo del mismo. Los minerales son recursos no renovables que se usan más rápido de lo que los ciclos biogeoquímicos tardan en reponerlos (Franck y Brownstone, *op.cit.*).

Las actividades mineras pueden ser de carácter rudimentario o altamente tecnificadas.

La explotación minera remueve grandes cantidades de tierra para extraer pequeñas cantidades de mineral. A veces el mineral se obtiene directamente y se envía a lugares especializados para su procesamiento, pero otras veces hay que implementar *in situ* procesos de detección y aislamiento que involucran el uso de otras sustancias químicas. Como resultado quedan montañas de residuos a menudo tóxicos.

Los residuos de minas son focos permanentes de degradación y contaminación ambiental.

Impacto de la agricultura en los recursos hídricos:

Eutroficación

La eutroficación es el aumento en la concentración de nutrientes como el fósforo o el nitrógeno, en un ecosistema acuático. En ocasiones sucede como un fenómeno natural, cuando en los estadios tardíos de sucesión ecológica, un lago deviene nutritivamente rico; de hecho, a un lago de edad se le denomina *eutrófico*.

Lo más común actualmente es que las actividades humanas estén

acelerando este proceso al cual se le llama *eutroficación cultural*. Por ejemplo, las excretas humanas, estiércol de crías masivas de ganado, nitratos provenientes de los fertilizantes, fosfatos derivados de los detergentes, entre otros, son causantes de la eutroficación cultural.

Los países desarrollados generan el 60 por ciento de la demanda biológica de oxígeno y de las sustancias en suspensión (OCDE, *op.cit.*).

Al principio de la eutroficación hay un florecimiento vegetal y planktónico que demanda considerablemente oxígeno; luego se va echando a perder el agua; finalmente, esto provoca la muerte de los peces y otros organismos que habitaban el cuerpo de agua. Asimismo se altera la calidad del agua para su uso público, recreativo o de abastecimiento.

En América Latina numerosos lagos están pasando por este fenómeno, a saber: Chapala y Tequesquitengo en México; Salto Grande en Argentina; Funil, Cachoeira, Paiva Castro y otros, en Brasil; Ilopango en El Salvador; Ypacaraí en Paraguay, entre otros (Salas y Martino, 1990).

La eutroficación no afecta solamente a embalses naturales, sino que también impacta grandes represas como la de Yacyretá en América del Sur.

Impacto de la minería en los recursos hídricos. Caso: actividades garimpeiras en el Amazonas.

La búsqueda de oro en la selva del Amazonas, una de las regiones más ricas en oro en el mundo, es un fenómeno social del Brasil, por el cual miles de gambusinos (garimpeiros) han emigrado hasta lo profundo de la selva. En las peores condiciones de vida, la explotación que allí se realiza desde hace decenas de años es en gran parte rudimentaria.

Las tierras colonizadas son rápidamente taladas, desbrozadas y excavadas. Se estima que hay más de 600 mil garimpeiros buscando oro, y un contingente de más de 200 mil —desde cocineros hasta pilotos aviadores— relacionados con el movimiento de ese recurso y expuestos al material contaminado. Los garimpeiros utilizan riachuelos y arroyos o construyen canales y acequias para conducir el agua con la que se horadará la tierra y después se lavará con mercurio para concentrar las partículas del metal. A medida que los garimpeiros van agotando de oro las zonas, se movilizan a otras y repiten la operación. La relación oro/mercurio en esta actividad es de uno a uno; es decir, por cada kilo de oro encontrado, se utilizó un kilo de mercurio para concentrarlo.

El impacto de esta actividad en la salud de los trabajadores y de los habitantes de las poblaciones cercanas, así como en el entorno amazónico, es catastrófico e irreversible (Cámara y Corey, 1992). También existe otro grupo de garimpeiros, menor que el anterior, en busca constante de gemas y piedras preciosas.

CONCLUSIÓN

La contaminación del agua es hoy en día un problema mundial. Podría pensarse que el problema es mayor en los países desarrollados que en aquellos en vías de desarrollo, porque son los que más emplean plaguicidas, fertilizantes y sustancias peligrosas para la industria y porque generan más del 70 por ciento de los residuos peligrosos del mundo. Sin embargo, dada la integración biogeoquímica y ecológica de la biosfera, el impacto que estas sustancias pueden tener en una u otra

zona del planeta, es sólo cuestión de tiempo.

La crisis del agua, por el agotamiento del recurso en algunas regiones o por la contaminación del mismo en otras o por ambas cosas, es ya una realidad. En algunas naciones se advierte en forma de recurrentes crisis alimentarias, en otras como crisis de integridad biológica donde el deterioro de los ecosistemas acuáticos repercute en varias especies, principalmente peces, que se extinguen; y en otros, algunos países de África, las crisis se transforman en guerras por el agua. La crisis del agua es también un obstáculo al desarrollo y el progreso social.

Es evidente en la sociedad contemporánea, sobre todo en los países en vías de desarrollo como en América Latina, la falta de una cultura del agua. Si no se toman las medidas para cuidar el recurso y para protegerlo de la contaminación, las reservas existentes de agua dulce superficial y agua subterránea, disminuirían en los próximos años y los beneficios que de ella podrían desprenderse, causarían fuerte impacto.

Es importante destacar que en ciudades de la frontera norte de México, la escasez del agua dulce se agudiza con el tiempo. Tal es el caso de Ciudad Juárez, Chihuahua, donde se acentúa esta carencia, ya sea por efecto de la aridez inherente a la zona, a la sequía que es cada vez más recurrente y prolongada, al deterioro de los recursos naturales del Valle de Juárez y al excesivo crecimiento poblacional de la ciudad a instancias del desarrollo industrial.

Desgraciadamente este problema es desatendido en favor de otros más visibles pero menos importantes al del agua, como es el de la contaminación atmosférica.

Finalmente, es preciso implementar metodologías para el manejo de cuencas, recurrir a tecnologías agrícolas e industriales que protejan al ambiente y mejorar la infraestructura sanitaria de las comunidades para evitar mayores daños a la calidad del agua. Esto debe ir aparejado con una ética que valore el agua y la naturaleza.

REFERENCIAS

- Black, P. E. "Water pollution processes". In *The Encyclopedia of the Environment*. R. A. Eblen y W. R. Eblen (eds.). Washington: Houghton Mifflin, 1994.
- Branco, S. M. *Limnología sanitaria: estudio de la polución de las aguas continentales*. Washington: OEA, 1984.
- Cámara, V. M. y G. Corey. *O caso dos garimpos de ouro no Brasil*. México: OPS/OMS, 1992.
- Entrevista con Sarmiento. Televisión Azteca. 1998. Sergio Sarmiento, conductor. Carabias, Julia, entrevistada. México.
- Carson, R. *Primavera silenciosa*. Barcelona: Grijalbo, 1980.
- CEPIS. *Las aguas subterráneas: un valioso recurso que requiere protección*. Perú: CEPIS, OPS/OMS, 1987.
- Chiras, D. D. *Environmental science: action for sustainable future*. Washington: Benjamin/Cummings Publications, 1991.
- Eblen, R. A. y Eblen R. W. (eds.). *The Encyclopedia of the Environment*. Washington: Houghton Mifflin, 1994.
- FAO. *Hacer retroceder la corriente de agua sucia en la agricultura*. Roma: FAO, 1997.
- Franck, I. y Brownstone D. *The Green Encyclopedia*. Washington: Prentice Hall, 1992.
- Garza, V. *Integración del desarrollo y el ambiente en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte*. México: UACJ, 1996a.
- Garza, V. "Plaguicidas, salud y ambiente". *Bol. Epidemiológico*, vol. 2, núm. 7, Paraguay: 1996b.
- Kirchner, J. W. "Acid rain". In *The Encyclopedia of the Environment*. R. A. Eblen y W. R. Eblen (eds.). Washington: Houghton Mifflin, 1994.
- Koning, H. W. *Establecimiento de normas ambientales: pautas para la adopción de decisiones*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 1988.
- Koning, H. W., Cantanhede A. y Benavides L. *Desechos peligrosos y salud en América Latina y el Caribe*. Washington: OPS/OMS, 1994.
- Landy, M. K., Roberts M. J. y Thomas S. R. *The environmental protection agency: asking the wrong questions*. Washington: Oxford University Press, 1990.
- Lima-Morra, R. 1997 (comunicación personal).
- L'Lvovich M. I. y G. F. White. "Use and transformation of terrestrial water systems". In *The earth transformed by human action: global and regional changes in the biosphere over the past 300 years*. Turner, B. L. (ed.). Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- Mauritius la Riviere, J. W. "Threats to the world's water". In *Managing Planet Earth*, (Scientific American, ed.). Washington: W. H. Freeman and Co., 1990.
- McClellan, R. O. "Air pollution". In *The Encyclopedia of the Environment*. R. A. Eblen y W. R. Eblen (eds.). Washington: Houghton Mifflin, 1994.
- Moomaw, W. R. "Pollution". In *The Encyclopedia of the Environment*. R. A. Eblen y W. R. Eblen (eds.). Washington: Houghton Mifflin, 1994.
- OCDE. *The state of the environment*. París: OCDE, 1991.

- OPS/OMS. *Plaguicidas y salud en las Américas*. Washington: OPS/OMS, 1993.
- Pardo R. "Deforestation". In *The Encyclopedia of the Environment*. R. A. Eblen y W. R. Eblen (eds.). Washington: Houghton Mifflin, 1994.
- Penman, H. L. "El ciclo del agua". *La Biosfera*, (Scientific American ed.). Madrid: Alianza, 1982.
- Rossano, A. T. y Rolander T. A. *Preparación de un inventario de las fuentes de contaminación*. Washington: OPS/OMS, 1980.
- Salas, H. y Martino, P. *Metodologías simplificadas para la evaluación de eutroficación en lagos cálidos tropicales*. Perú: CEPIS, OPS/OMS, 1990.
- Seager, J. *The new state of the earth*. Atlas. London: Touchstone, Simon & Schuster, 1995.
- Vernadsky, V. *The Biosphere*. Washington: Copernicus, Springer-Verlag, 1998.
- Wagner, T. *Contaminación, causas y efectos*. México: Gernika, 1996.
- World Resources Institute. *World Resources 1990-91*. Oxford: Oxford University Press, 1990.

POTENCIAL DE GERMINACIÓN, DESARROLLO Y NUTRICIÓN EN CONDICIONES DE SALINIDAD Y Sequía en doce especies de gramíneas en el Valle de Juárez

Ramón Peralta,¹ Leonel Barraza,² Eduardo Pérez³ y Federico Pérez Casio⁴

*El Valle de Juárez sufre el problema de la alta salinidad en el agua de sus pozos de riego, algunos con valores de hasta 8 000 ppm. Esta condición es causa de una disminución en la productividad agropecuaria de la región. El mejoramiento de los suelos altamente salinizados conlleva costos altos tanto para la recuperación del suelo como del agua, para alcanzar cosechas aceptables. Una práctica económica común en regiones similares del mundo, ha sido el de manejar praderas resistentes a la salinidad. Las investigaciones sobre variedades de pastos nativos resistentes a la salinidad ya se había realizado en el Valle de Juárez, sin embargo todavía se está lejos de llegar a obtener una variedad nativa local específica para esa zona y que sea prometedora bajo condiciones de sequía y salinidad. El presente estudio es una aportación de la uscs para seguir avanzando en ese sentido. Se probaron 12 variedades de pastos, 7 de invierno y 5 de verano en parcelas de 25 metros cuadrados para cada variedad sembrada a razón de 100 semillas por variedad. Los parámetros utilizados fueron: a) índice de desarrollo / emergencia, b) vigor en la escala de 1 a 5, c) cobertura en % de suelo cubierto, d) altura de la planta, e) fecha de floración, f) producción de semilla viable en agua destilada, g) producción de forraje seco, y h) resistencia a plagas. Muestralmente, las parcelas fueron asignadas al azar con tres repeticiones. Los tratamientos (variedades) fueron asignados en diseño de bloques completos. Los datos analizados en el paquete estadístico sas no se reportan en el presente trabajo, pues forman parte de un experimento más amplio y completo aún en proceso. El ensayo se condujo bajo la hipótesis de que al menos uno de los materiales genéticos del estudio se desarrollaría favorablemente en condiciones de salinidad y sequía. Los resultados del experimento fueron prometedores para *Cynodon Dactylon* con un buen comportamiento en cuanto a resistencia a sales, cobertura de suelo y valor nutritivo considerable. *Eragrostis Curvula* dio buena cobertura y vigor, crecimiento y producción de materia verde, aunque de nutrición relativamente baja. *Panicum antidotale* resultó excelente hasta la madurez fisiológica, donde feneció sin causa aparente. Finalmente, la naturaleza exploratoria del experimento señaló a *Eragrostis Curvula* como la variedad más prometedora para profundizar en su investigación en condiciones de salinidad de entre todas las demás del ensayo.*

ANTECEDENTES

La salinidad es un problema grave en los suelos del norte de México según datos de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), en Chihuahua hay cerca de 25 mil hectáreas afectadas por sales (Ramírez *et al.*, 1984).

Ciertos pozos del Valle de Juárez, expresamente el del Rancho Escuela, proporcionan agua con valores Sólidos Disueltos Totales hasta de 8 000 partes por mil, lo que limita su uso en la agricultura.

Recientemente, investigadores de la SARH encontraron que aproximadamente se agregan al suelo 24 toneladas por hectárea de sal cada ciclo agrícola (SARH, 1989). A pesar de ello, la actividad agropecuaria del Valle de Juárez es todavía importante y hasta el año de 1996 se cultivaban cerca de 18 mil hectáreas, de las cuales, 67 por ciento (12 mil) se sembraron con algodón, que es el cultivo más importante.

En el Valle de Juárez se comenzaron a realizar investigaciones a

partir de 1974, cuando la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos estableció el Campo Agrícola Experimental Valle de Juárez en Praxedis G. Guerrero.

Los primeros experimentos fueron ensayos de rendimiento de variedades y líneas de avena forrajera, en los que se encontraron rendimientos de 24.3 toneladas por hectárea de forraje con la línea C-237-169-8 y ese mismo año se inició la investigación de engorda de bovinos en pradera artificial, utilizando los pastos *Agropyron elongatum*, *Festuca arundinacea* y *Lolium multiflorum* (Loza, 1974). Se realizaron también algunas pruebas de carga animal con *Cynodon dactylon* (Loza, 1977), alfalfa (Javalera y Loza, 1978a) y con *Lolium multiflorum* (Javalera y Loza, 1978b). Algunos resultados alentadores fueron reportados por la UNAM en los pastos ryes (Alanís R., A. J. 1981); sin embargo, para el Valle de Juárez ninguna de las investigaciones fue concluyente y el programa fue inte-

¹ Investigador del Centro de Estudios Biológicos, UACJ.

² Coordinador del Centro de Estudios Biológicos, UACJ.

³ Jefe del Departamento Pecuário, UACJ.

⁴ Catedrático y encargado del laboratorio de Nutrición, del Departamento Pecuário, UACJ.

rumpido desde ese año hasta la fecha.

En la Universidad Autónoma de Chihuahua (Ramírez *et al.*, 1984), tomaron siete variedades del pasto ballico (*Lolium spp.*) durante la germinación y crecimiento y realizaron una evaluación de su tolerancia a la salinidad, encontrando diferencias estadísticamente significativas entre las variedades hasta el nivel de 0.01 para la germinación; en cuanto al crecimiento, se encontró que mientras con 3.4 mmhos/cm el promedio de altura fue de 37.5 centímetros, con 23.4 mmhos/cm fue de sólo 18.8 centímetros. Esta respuesta no es extraordinaria, puesto que la tolerancia a la salinidad depende del material genético y del estado fenológico de las plantas al momento de la evaluación (Mieri, 1985; McGinnies, 1960).

En Mexicali, Baja California, se realizó un trabajo similar al llevado a cabo en Chihuahua, aunque con trébol. Aquí se determinó la tolerancia relativa a la salinidad de 14 genotipos de *Trifolium fragiferum*, encontrando 10 genotipos tolerantes, tres de ellos con características sobresalientes (Cervantes *et al.*, 1990).

En el Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora (CIPES), se comenzaron las investigaciones con un jardín de introducción de pastos que en 1973 contaba con más de 40 especies para evaluación, de donde posteriormente se seleccionarían las de mejor adaptación a las condiciones del lugar (CIPES, 1973).

En Carob, Sonora, con el fin de seleccionar el mejor material para pastizal en áreas de matorral, se empezó con diez especies de zacates perennes, encontrando que el zacate africano, *Eragrostis lehmanniana*, era capaz de producir forraje, aunque la precipitación fuera inferior al promedio (Johnson y Aguayo, 1973).

De estos trabajos se desprende que algunos pastos se adaptan mejor que otros a determinadas condiciones de suelo, por ejemplo *Poa pratensis* tiene habilidades para crecer en suelos salinos del suroeste (Horst y Taylor, 1983). Otros han demostrado habilidad para crecer en suelos que por períodos cortos carecen de buena aireación (Burmester y Adams, 1983). La búsqueda de la mejor opción ha llevado a los investigadores a comparar la capacidad de los pastos naturales con especímenes mutantes, como tetraploides, encontrando resultados prometedores (Castle y Watson, 1971).

JUSTIFICACIÓN

La actividad ganadera en el Valle de Juárez involucra casi 78 mil bovinos, de los cuales más de 41 mil son destinados para carne, sin contar aquellos animales de exportación que permanecen en el área por ciertos períodos, mientras se realizan trámites de carácter legal.

Sin embargo, tanto la actividad de engorda como la de producción de leche, por lo general se desarrolla en confinamiento. Esta tendencia, aunque es efectiva, encarece los productos, pues está fundamentada en el cultivo de la alfalfa, sorgo y avena forrajeros.

En otras latitudes, la engorda del ganado se desarrolla casi en su totalidad en praderas, siendo la actividad de confinamiento sólo para finalizarla antes de sacarlo al mercado.

Las condiciones edafoclimáticas en el Valle de Juárez, son de tal naturaleza que hacen difícil el trasplante de resultados de investigaciones foráneas, lo que obliga a realizar una investigación básicamente de carácter aplicado que resuelva los problemas propios de la región. Por otro lado, la investigación agrobiológica requiere

plasma germinal susceptible de responder a los requisitos culturales y ecológicos de la región. Debido a que la producción de forrajes en el Valle de Juárez es casi de monocultivo, se hace imperativo ampliar la variabilidad de los materiales genéticos disponibles, a fin de poder seleccionar las mejores opciones para este valle.

La carencia de información sólida para conocer qué materiales genéticos son los más adecuados para el Valle de Juárez, indujo a plantearse este estudio, en el cual se integraron una serie de especies y variedades de gramíneas para seleccionar aquellas que se comporten mejor en las condiciones edafoclimáticas de la región.

HIPÓTESIS

Esta investigación se condujo bajo la hipótesis de que al menos uno de los materiales genéticos del estudio se desarrollaría favorablemente en las condiciones de salinidad típicas de algunos suelos del Valle de Juárez y produciría resultados promisorios para el manejo en pastoreo.

Objetivos y metas

De manera global, se pretende identificar especies y variedades de gramíneas con mayor potencial vegetativo, tanto en la etapa de germinación como en el desarrollo bajo condiciones de sequía y salinidad. Asimismo, hacer su evaluación desde el punto de vista de su capacidad nutricional forrajera y agronómica.

A corto plazo, esta es una investigación aplicada que pretende producir información para encontrar al menos una variedad de gramínea que permita el pastoreo productivo en las condiciones hidroedafoclimáticas del Rancho Escuela y el Valle de Juárez.

A mediano y largo plazo, se propone producir información técnica y material de siembra de la (o las) gramíneas que den mejores resultados a los productores rurales, como una alternativa para la explotación de sus suelos salinos. Con ello, se sientan las bases para en el futuro iniciar un banco de germoplasma para la región.

Finalmente, se busca contribuir al desarrollo de conocimientos de investigación aplicada, que retroalimente la extensión y la docencia, al proveer información para futuras tesis de grado.

METODOLOGÍA

Materiales usados

De la compañía Jaclin Seed Co., de Post Fall, *id.*: *Lolium multiflorum* var *Sakura-wase* (ryegrass anual). *L. perenne* var *Billiken* tetraploide (ryegrass anual). *L. perenne* var *Friend* (ryegrass perenne). *Festuca arundinacea* var *Safe tall* (festuca). *F. Arundinacea* var *Arid* (festuca). *Agropyron desertorum* var *firway crested*. *A. trachycaulum* var *revenue slender*. *A. riparium* var *sodar streambank*. *A. elongatum* var *alkar tall* (José). *Elymus junceus* var *Bozoi sky russian*. *E. Cincereus* var *Magnar basin*. *Poa pratensis* var *troy kentucky blue grass*.

De la compañía del Norte Seed Co. El Paso, Texas: *Lolium perennes* ryegrass. *L. multiflorum* ryegrass anual. *A. elongatum* tall wheat grass. *F. arundinacea* festuca.

Sitios de experimentación y ubicación del Valle de Juárez

El estudio se estableció en el Rancho Escuela de la UACJ ubicada en Praxedis G. Guerrero, D.B., Chihuahua. Se utilizaron par-

celas de 25 metros cuadrados (5 por 5 metros) en las que se sembraron 100 gramos de semillas de cada uno de los materiales enlistados anteriormente.

El Valle de Juárez está ubicado entre los 30°56' y 31°45' de latitud norte y entre los meridianos 105°30' y 106°30' de longitud oeste. La superficie total es de 27 mil hectáreas distribuidas en una faja de 3 kilómetros de ancho y 135 kilómetros de largo, a las orillas del río Bravo. La altura promedio es de mil 90 metros sobre el nivel del mar y el clima dominante según la clasificación de Thornthwaite es muy seco, con invierno, primavera y verano secos, templado y extremo (SARH, 1989). La precipitación pluvial se distribuye en aproximadamente 38 días (entre junio y octubre) con un promedio anual (20 años) de 217 milímetros. El período libre de heladas se extiende de abril hasta octubre con una duración de 206 días. La temperatura oscila entre -21.1°C y 44.4°C con un promedio anual de 17°C (SARH, 1989).

Los suelos se han clasificado en siete series. El estado nutricional de los mismos va desde pobres en nitrógeno y materia orgánica, de pobres a medianos en fósforo, a ricos en potasio (SARH, 1989).

En el Valle, el agua de riego alcanza un volumen de 241 millones de metros cúbicos por año, obtenidos de pozos de bombeo, aguas del tratado internacional, y aguas negras derivadas del área urbana. En base a la cantidad Total de Sólidos Disueltos (SDT), las aguas del tratado (Río Bravo) alcanzan el grado de "buenas", las aguas negras se clasifican de "condicionadas a perjudiciales" para el uso agrícola; el agua de los pozos es de calidad variable, siendo el 88 por ciento de ellas "condicionadas a perjudiciales". En el 12 por ciento restante se ubican algunos pozos con agua que alcanza valores SDT de hasta 8 000 ppm. Desde el punto de vista de la conductividad eléctrica (CE), la mayoría de las fuentes produce agua que se clasifica como C_2S_1 , esto es, alta en salinidad, baja en sodio (SARH, 1989).

Parámetros utilizados

El comportamiento de los materiales se evaluó a través de la medición de los siguientes parámetros:

- a) *Índice de desarrollo / emergencia.* Que nos permite conocer la tolerancia a sales, tanto durante la germinación como en el desarrollo.
- b) *Vigor.* Que se evaluó mediante una escala asignada de 1 a 5, siendo 1 muy bueno, 2 bueno, 3 regular, 4 pobre, 5 muy pobre.
- c) *Cobertura.* Esta determinación se realizó cuando se estabilizó el crecimiento en base al porcentaje de suelo cubierto en metros cuadrados.
- d) *Altura de planta.* Se evaluó midiendo desde la base de las plantas, hasta donde llegan la mayoría de las espigas.
- e) *Fecha de floración.* Se estableció en días a partir de la emergencia, cuando hubo 50 por ciento de antesis por parcela.
- f) *Producción de semilla viable.* Para medir esta característica, se tomó la semilla de toda la parcela al tiempo de maduración y a una muestra representativa se le hizo la prueba de germinación en papel, utilizando agua destilada.
- g) *Producción de forrajes.* Se evaluó la producción de forraje verde por parcela y el rendimiento de forraje seco.

- h) *Resistencia a plagas y a enfermedades.* Se cuantificó cualquier anomalía presentada por las plantas.

Calendario, técnicas y procedimientos

Las especies de verano se sembraron en mayo de 1992 y las de invierno en octubre del mismo año. De cada cultivo se pusieron tres repeticiones y los materiales fueron distribuidos al azar en las áreas de siembra. En ambas ocasiones se preparó el barbecho con maquinaria, pero se sembró a mano y pala. No se utilizó fertilización alguna. El agua se suministró irregularmente para todas las parcelas y según la necesidad.

Antes de la siembra se realizó una prueba de germinación en papel, siguiendo las Reglas Internacionales de Clasificación de Semillas (1976), utilizando agua destilada para humedecer el material y cajas de Petri para conservar la humedad. De cada material se guardó una porción en frascos de vidrio a temperatura controlada.

Diseño experimental

Para desarrollar esta investigación, los materiales fueron asignados al azar en las parcelas ya descritas. Cada parcela se repitió tres veces y de cada una se tomó una muestra de 20 plantas para evaluar los parámetros indicados previamente: excepto la cobertura, el forraje producido y la producción de semilla en las que se utilizó toda la parcela. Los tratamientos (variedades) fueron acomodados en diseño de bloques completos y los resultados obtenidos analizados mediante el paquete estadístico SAS, instalado en una computadora personal. Los datos de vigor y tolerancia a sales a la germinación fueron obtenidos mediante ensayos realizados en cajas de Petri. Los estudios bromatológicos y citológicos se realizaron en aquellos pastos que después de la primera estación de crecimiento mostraron buenas probabilidades de adaptación.

RESULTADOS

Para fortuna del tipo de experimento realizado, las condiciones de desarrollo experimental fueron bastante críticas en lo que a temperatura ambiental, disponibilidad de agua, condiciones de suelo y manejo, se refiere. Sin embargo, algunas de las gramíneas produjeron de una manera aceptable. Este hecho bastante satisfactorio trae consigo una promisoría posibilidad para la productividad de pastos en el Valle.

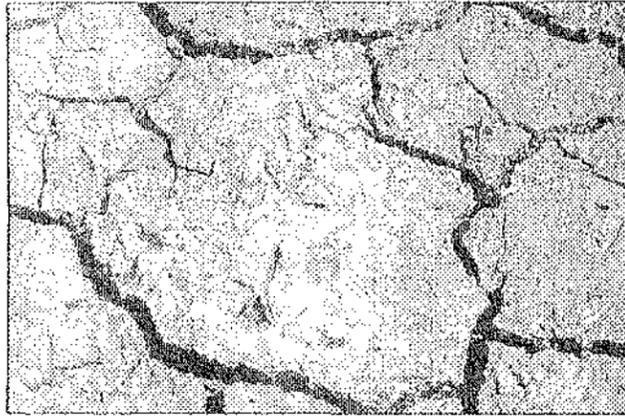
El verano de 1992, cuando se obtuvo esta producción, fue muy caluroso, de los primeros que registraron el fenómeno cíclico denominado "El niño" y que se caracteriza por un calentamiento del Océano Pacífico. El que algunas gramíneas se hayan desarrollado bajo tales condiciones, resulta alentador. El análisis proximal se hizo en el laboratorio de nutrición de la Escuela de Veterinaria de la UACJ.

1. Características del suelo en que se desarrollaron los materiales. El área experimental se muestreó a tres profundidades, 30, 60, y 90 centímetros. Las muestras fueron recolectadas en bolsas de plástico y llevadas al laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Estatal de Nuevo México en Las Cruces.

La textura varió entre arcillo-limoso (clay-loam), areno-limoso

(sandy-loam) y areno-arcillo-limoso. La salinidad analizada osciló entre 2.30 y 40.23 mmhos/cm, lo cual se considera alarmante desde el punto de vista agrícola.

El drenaje del suelo fue incompetente para la eliminación adecuada de excesos de humedad, ya que la capa freática osciló entre 90 y 100 centímetros de profundidad. Esta situación agravó la contaminación por sales del suelo, ya que la sal disuelta tiende a subir a la superficie con la evaporación, como puede apreciarse en la siguiente foto tomada durante el curso del experimento.



Condiciones del terreno.

2. Características del agua de riego.

Existieron dos posibles fuentes de riego: la del pozo y la del canal. Los análisis químicos de esta última mostraron una salinidad de 1034 mmhos/cm y 137 mg/litro de sodio. Estos valores colocan a esta agua entre las consideradas de uso restringido para la agricultura. El agua del pozo presentó una concentración de 11 360 mmhos/cm, lo cual la hace totalmente inadecuada para la agricultura y por ello no se utilizó.

El suministro del agua de riego resultó ser muy ineficiente, pues hasta 15 días después de la siembra se pudo aplicar el primer riego, y en épocas posteriores se permitió la entrada sin control, permaneciendo los cultivos en estado de anegamiento prolongado, merced a la escasa disponibilidad de mano de obra para realizar las tareas en el momento apropiado.

3. Preparación del terreno.

La preparación del terreno fue totalmente inadecuada, pues la parcela no se encontró nivelada y prácticamente el tractor fue utilizado únicamente para la remoción de malezas previo a la siembra. Además, faltó la preparación de surcos de siembra y la elaboración de las acequias de riego.

4. Disposición del material genético.

En la parcela experimental se realizaron dos acciones:

- 4.1. La primera consistió en establecer una parcela muy pequeña con 12 variedades, sembrando tres hileras de un metro por variedad. Esto se realizó así por la poca canti-

dad de semilla disponible, ya que fue obtenido a través de amigos y solamente se contó con cinco granos de algunas colecciones. De estas variedades, seis corresponden a colecciones nacionales y seis a materiales importados de diferentes partes del mundo, logradas a través de dos siglos de agricultura. Esta parcela estaba destinada para banco de semillas de materiales de verano. Solamente seis pudieron germinar en las condiciones tan precarias en que se les cultivó. De esas seis, cuatro crecieron bien, pero solamente tres alcanzaron buen crecimiento y llegaron a completar su ciclo biológico. De esas tres, una se secó después de que la semilla maduró y dos alcanzaron buenas condiciones de desarrollo, lo cual las hace definitivamente promisorias para crecer en suelos tan contaminados por sales como los de esa parcela. Estas variedades son el *Panicum coloratum* y el *Cynodon dactylon*.

- 4.2. La segunda correspondió a una parcela experimental en la que se sembraron cinco variedades, cuatro de ellas repetidas tres veces y una dos veces. Estas repeticiones se arreglaron en un diseño completamente al azar, porque al momento de la siembra se desconocía la pendiente de salinidad del terreno. De estas variedades, tres crecieron bien hasta la madurez: *Panicum antidotale*, *Cynodon dactylon* y *Eragrostis curvula*.

A estas plantas se les tomaron datos repetitivos de altura, peso, vigor, días a germinación y días a floración. Se realizaron algunas observaciones que pueden ser consideradas como importantes para futuras pruebas —estos datos se están analizando actualmente.

Entre los hallazgos importantes y dignos de consideración en este momento, se encontró que la variedad *Panicum antidotale* fue la más precoz, de vigor catalogado en 4, buena altura, y peso aceptable, pero al llegar a su madurez fisiológica esta planta feneció en casi todas las parcelas —característica que no le favorece a la hora de selección.

Por el contrario, la variedad *Cynodon dactylon* germinó más tarde, se desarrolló más lentamente, creció menos y el peso de las plantas fue muy poco. Sin embargo, presentó la mejor cobertura de suelo, un aspecto muy saludable, vigor de 3 en la etapa adulta, indicando una tolerancia notable a las sales. Esta circunstancia la hace promisoría y debe ser seleccionada para futuros ensayos.

La variedad *Eragrostis curvula* fue la más lenta de todas, y por lo tanto la más tardía, pero una vez crecida, presentó un vigor de 5 (máximo), buena cobertura de suelo, altura promedio de un metro, peso por planta mayor que el de las dos anteriores y excelente tolerancia a la sequía, la inundación y el exceso de sales. Esta variedad debe ser observada en lotes más grandes y con suficientes repeticiones para poder evaluar sus bondades y luego someterla a pastoreo y compararla contra parámetros del *rye grass* en el Valle. Hipotéticamente puede ser una alternativa hacia el *rye grass*.

5. Fotografías e información general de las variedades que mostraron crecimiento de consideración en la parcela experimental.



Nombre técnico: *Panicum coloratum*
Origen: Las grandes Planicies de USA.

Análisis proximal promedio:	
Proteína cruda	3.1%
Grasa cruda	1.3%
Fibra cruda	19.5%
Extracto libre de nitrógeno	28.3%
Cenizas	3.1%

Fuente: Hughes Heath and Melcalfe



Nombre técnico: *Panicum antidotale Retz*
Origen: Pasto introducido del subtrópico de la India en los años treinta.

Análisis proximal promedio:

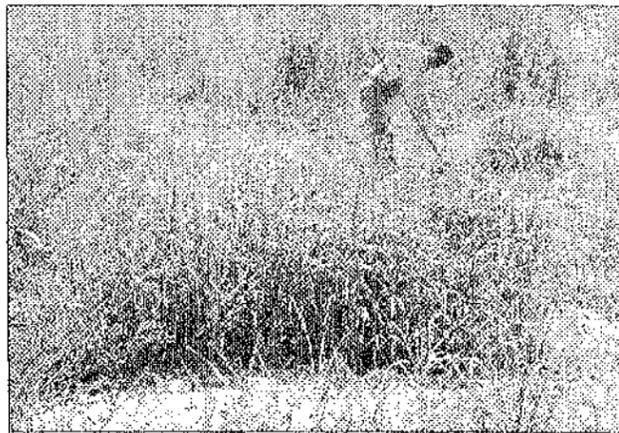
	Reportado por:	
	Flores M.	UACJ
Proteína cruda	13.1.0%	10.97%
Grasa cruda	0.5	2.80
Fibra cruda	36.0	28.0
Extracto libre de nitrógeno	10.1	-----
Cenizas	3.2	2.4
Materia seca	-----	18.88



Nombre técnico: *Cynodon dactylon*
Origen: Pasto introducido de Turquía en el siglo XVIII.

Análisis proximal promedio:

	Reportado por:	
	Flores M.	UACJ
Proteína cruda	8.0%	7.81%
Grasa cruda	1.4	1.80
Fibra cruda	36.0	26.0
Extracto libre de nitrógeno	12.2	-----
Cenizas	9.1	7.10
Materia seca	-----	17.60



Nombre técnico: *Eragrostis curvula*
Origen: Pasto introducido de África en los años cuarentas.

Análisis proximal promedio:

	Reportado por:	
	NRC, USA	UACJ
Proteína cruda	5.4.0%	4.3 %
Grasa cruda	1.3	1.1
Fibra cruda	36.0	13.1 17.6
Extracto libre de nitrógeno	20.2	-----
Cenizas	2.8	3.1
Materia seca	-----	18.1

6. Fotografías de algunas actividades realizadas.



Recolectando muestras y midiendo alturas.



Limpieza y deshierbe.



Progreso de *Cynodon Dactylon* versus salinidad del terreno.



Diferentes alturas logradas por las variedades.



Diferentes alturas logradas.



Madurez fisiológica y marchitamiento de *Panicum antidotale*.

CONCLUSIONES

Los trabajos experimentales realizados en el Valle de Juárez se iniciaron en 1974 (Loza, 1974), pero los relacionados con pasturas finalizaron en 1977. Eso da una idea de la escasez de datos para realizar comparaciones. Además, en la literatura disponible no encontramos muchas referencias relacionadas con los genotipos en estudio. En los datos obtenidos observamos que el pasto *Cynodon Dactylon* mostró buen comportamiento en relación con cobertura del suelo y una aparente tolerancia a sales. Estos resultados indican que este material debe ser considerado en futuros trabajos, ya que las pruebas realizadas para determinar carga animal (Loza, 1977) lo identificaron como muy prometedor, además de que su valor nutricional es de consideración.

A pesar de no tener datos comparables para *Eragrostis Curvula*, los resultados mostrados por las plantas en cuanto a cobertura, vigor, crecimiento y producción de materia verde, indican que debe ser un genotipo considerado en futuros ensayos. Genéricamente, este material es de bajo contenido proteico, pero la cantidad de

forraje producida aún le califica entre las descables.

Panicum antidotale mostró un comportamiento excelente hasta alcanzar la madurez fisiológica, sin embargo, en ese momento comenzó a fenecer sin causa aparente alguna. Es importante un nuevo ensayo de este material para intentar determinar tales causas.

A pesar de la naturaleza exploratoria del presente experimento, los resultados obtenidos permitieron aceptar la hipótesis de trabajo de que al menos uno de los materiales en estudio se desarrollaría bien en condiciones de salinidad del Valle de Juárez. Ese mérito correspondió a *Eragrostis Curvula*, el más prometedor de todos los materiales bajo prueba.

REFERENCIAS

- Cervantes R., D. Calderón M. y W. L. Graves. "Determinación de la tolerancia relativa a salinidad de 14 genotipos de trébol fresa (*Trifolium fragiferum*)". *Ciencias Agropecuarias*, vol. 2, núm. 1, México: UABC, 1990. Pp. 29-35.
- Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora (CIPES). "Avances del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora". *Revista CIPES*, vol. 1, núm. 1, 1973. Pp. 5-7.
- Johnson G., D. y A. Aguayo A. "Adaptación y producción de diez especies de zacates perennes bajo condiciones de temporal en un matorral arbosulfrutecente del Estado de Sonora". *Revista CIPES*, vol. 1, núm. 1, 1973. Pp. 25-29.
- Javalera M., R. y H. J. Loza T. (1978a). *Determinación del incremento de peso en ganado y comportamiento de la alfalfa bajo pastoreo directo*. Informe de investigación agrícola. Campo Agrícola Exper. Valle de Juárez: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte, 1976.
- (1978b). *Determinación de la carga animal en ballico anual (*Lotium multiflorum*) en el Valle de Juárez, Chihuahua*. Informe de investigación agrícola. Campo Agrícola Experimental Valle de Juárez: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte, 1976.
- McGinnies, W. "Effects of moisture stress and temperature on germination of six range grasses". *Agricultural Journal*, num. 52, 1960. Pp. 159 ss.
- Mieri, A. and Z. Plaut. *Crop production and management under saline conditions*. Actas 237-284, 1985.
- Ramírez, I., S. Echavarría y A. Pérez. "Evaluación de la tolerancia a seis niveles de salinidad de siete variedades de ballico (*Lotium spp.*) durante su germinación y crecimiento". *Producción Animal en Zonas Áridas*, vol. 3, núm. 2, 1984. Pp. 1-9.

- Alanís R., A. J. *Ensayo comparativo de la producción de forraje verde, materia seca, proteína cruda y total de nutrientes digestibles en 16 variedades de pastos ryas (Lolium perenne, L. multiflorum, L. perenne x L. multiflorum, L. perenne x L. multiflorum) en el C.N.E.I.E.Z. Tesis M.V.Z. México, UNAM, 1981. Pp. 155.*
- Burmester, C. H. and F. Adams "Fertilizer requirements for new plantings tall fescue and white clover on two low-fertility ultisols". *Agricultural Journal*, num. 75, 1983. Pp. 936-940.
- Castle, M. and J. N. Watson. "A comparison between a diploid and tetraploid ryegrass for milk production". *Journal of Agricultural Science*, num. 77, 1971. Pp. 69-76.
- González D., J. R. y V. M. Zamora V. "Densidad de siembra y producción de semilla de dos variedades de zacate banderilla". *Revista Fitotec. Mex.*, núm. 11, 1988. Pp. 48-55.
- , J. Almonte A. y A. Pérez B. "Producción de semilla de dos variedades de zacate banderilla *boutelous curtipendula* (Mitchx) Torr.". *Revista Fitotec. Mex.*, núm. 11, 1988. Pp. 81-83.
- Heath, M. E., D. S. Metcalfe, and D. S. Metcalfe and R. E. Barnes. *Forages, The science of grassland agriculture*. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1973. Pp. 307-313.
- Horts, G. L. and R. M. Taylor. "Germination and Italian Growth of Kentucky Bluegrass in soluble salts". *Agricultural Journal*, núm. 75, 1983. Pp. 679-681.
- International Data for Seed Testing, *International Seed Testing Classification*. Seed Science and Technology, num. 4, 1976. Pp. 98-121.
- Javalera M., R. y H. J. Loza T. (1978a). *Determinación del incremento de peso en ganado y comportamiento de la alfalfa bajo pastoreo directo*. Informe de investigación Agrícola. Campo Agrícola Experimental Valle de Juárez: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte, 1976.
- (1978b). *Determinación de la carga animal en ballico anual (Lolium multiflorum Lam.) en el Valle de Juárez, Chihuahua*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte. *Informe de Investigación Agrícola*. Campo Agrícola Experimental Valle de Juárez: 1976.
- Loza, T. (1976a). *Ensayo de rendimiento de variedades y líneas de avena forrajera en el Valle de Juárez, D.B. Chihuahua*. Informe técnico. La Laguna, México: Secretaría de Agricultura y Ganadería, Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste, 1974.
- (1976b). *Incremento de peso vivo con ganado de carne en praderas cultivadas de pasto José (Agropyron elongatum) Festuca alta var Ky 51 (Festuca arundinaceae) y ballico italiano (Lolium multiflorum) bajo pastoreo rotacional en el Valle de Juárez Chihuahua*. Informe técnico. La Laguna, México: Secretaría de Agricultura y Ganadería, Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste, 1974.
- (1977). *Determinación de la carga animal óptima en praderas cultivadas de pasto Alicia (Cynodon dactylon var Alicia) bajo pastoreo rotacional*. Informe de investigación agrícola. Campo Agrícola Experimental Valle de Juárez: Secretaría de Recursos Hidráulicos, Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte, 1975. Pp. 209-218.
- Peñuñuri M., F. J., G. Lizárraga, R. Garza T., E. Salcedo y A. Aguayo. "Producción de leche con ganado caprino en praderas de ballico italiano bajo irrigación". *Técnica Pecuaria en México*, núm. 39, 1980. Pp. 25-30.
- Pieper, R. D., J. Montoya and V. L. Groce. "Site characteristics on pinyon-juniper and bluegrama ranges in south central New Mexico". *Agricultural Experimental Station, bulletin 573*, NMSU, 1971. P. 21.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. *Logros de la investigación agropecuaria en el área de influencia del Campo Experimental Valle de Juárez 1974-1989*. Campo Experimental Valle de Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, publicación especial núm. 7, 1989. Pp. 107.
- Serrato C., V.M. "Pastos de clima árido y semiárido". Tarcicio Cervantes (ed.). *Recursos genéticos disponibles a México*. Chapingo, México: Sociedad Mexicana de Fitog., 1978. Pp. 179-184.

EL REUSO DE NUESTROS PAVIMENTOS, ¿Contamina nuestros aires?

Ma. del Rosario Díaz Arellano¹

La contaminación del aire en el entorno urbano es indudablemente notable, contribuyendo en gran medida los diferentes procesos de la industria de la construcción, dentro de los cuales se encuentran los sistemas de mantenimiento de áreas pavimentadas. Ciudad Juárez se encuentra en su mayor parte pavimentada, el cual es en base a carpetas asfálticas elaboradas con mezcla de planta, por lo que requiere de un mantenimiento constante en este tipo de obras. Se aplican diferentes sistemas de mantenimiento del pavimento entre los que se encuentra el procedimiento de reciclado, que es utilizado en su mayoría con la finalidad de minimizar costos, ya que permite aprovechar el material existente, dándoles un tratamiento superficial. Algunas recomendaciones para la aplicación del sistema son: aplicarse en zonas que no presenten fallas estructurales y en áreas relativamente grandes para que sea costeable el procedimiento. Los espesores mínimos de carpeta asfáltica deberán ser de 3 centímetros y que la mezcla no presente fallas de diseño.

El procedimiento incluye en su proceso diferentes etapas, siendo una de las más importantes el recalentamiento de la superficie asfáltica. Durante este proceso se desprenden los solventes del producto asfáltico y se emiten como contaminantes a la atmósfera, llegando en ocasiones a constituir vapores más peligrosos que el metano. Los productos asfálticos se encuentran integrados a los hidrocarburos, los cuales poseen problemas únicos porque tienen baja reactividad escapando a su destrucción en la troposfera, pudiendo llegar entonces a la estratosfera y tomar parte en un ciclo catalítico que destruye a gran altitud la capa de ozono. Esto nos lleva a concluir que el sistema de reciclado, no obstante ser muy económico, es el procedimiento más contaminante para mantenimiento de calles aplicado en Ciudad Juárez.

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción en su contribución al mejoramiento de las características presentes en un área de desarrollo, genera una impresionante contaminación debido al tratamiento de los materiales y maquinaria utilizada.

Una zona en desarrollo y modernización es fácilmente detectable por la nube de contaminación formada en el aire cuando se realizan los trabajos iniciales de construcción.

Otro de los factores que contribuye en gran parte a la contaminación del aire es el proceso de mantenimiento y conservación de las obras realizadas, como las superficies pavimentadas.

Debido a las condiciones climáticas tan extremas imperantes en la región, Ciudad Juárez requiere de un programa constante de mantenimiento de sus calles, lo que lleva a establecer diferentes sistemas de aplicación en función de las condiciones operantes de la superficie de rodamiento, que está en contacto directo con las llantas de los vehículos.

Entre los sistemas más aplicados en la superficie pavimentada de la ciudad, se encuentran los de bacheo, tendido de sobrecarpeta, reconstrucción de áreas dañadas a base de pavimento hidráulico y/o asfáltico, catafateo y reciclado.²

La aplicabilidad de estos sistemas se debe en gran parte a que la mayoría de las calles de la ciudad se pavimentaron a base de mez-

clas asfálticas elaboradas en planta.³

De tal forma, los sistemas de mantenimiento deberán contemplar características similares a las utilizadas originalmente, para no variar las condiciones estructurales de diseño del pavimento.

En el procedimiento del reciclado, es necesario cubrir varias etapas que integran en su proceso un recalentamiento de la superficie asfáltica, que es una de las etapas de mayor importancia y requiere de supervisión constante, debido a que en ese momento se desprenden los solventes del producto asfáltico y se emiten como contaminantes a la atmósfera, llegando en ocasiones a constituir vapores más peligrosos que el metano.

Este procedimiento provoca una contaminación inmediata en el área de trabajo y su entorno, siendo fácilmente perceptible para quienes laboran en el proceso, así como para las personas que pasan cerca del área, pues los vapores emitidos causan irritación en los ojos, garganta y fosas nasales, por el contacto con ellos.

Es imperativo que las sociedades modernas entendamos al ambiente para que podamos conocer los efectos provocados por los productos químicos comúnmente utilizados y considerar políticas en base a dicho problema. Este conocimiento incluye un entendimiento entre el transporte, referido como un proceso que mueve a los químicos a través del ambiente, y la disposición eventual; considerando un almacenaje o destrucción de esos productos a largo plazo.

¹ Investigadora del Centro de Estudios Biológicos (CEB).

² Ciudad Juárez, Chih., Dirección de Pavimentación Municipal, 1992.

³ Op. cit.

Con estos antecedentes, la sociedad podrá participar activamente y tomar decisiones que protejan la salud humana y su ambiente, sin dejar de disfrutar los beneficios de la tecnología moderna.

CARACTERÍSTICAS

El sistema de reciclado es un procedimiento de mantenimiento de calles pavimentadas con mezcla asfáltica elaborada en planta, que es utilizado en su mayoría con la finalidad de minimizar costos de mantenimiento en calles, ya que permite aprovechar el material existente, dándole un tratamiento superficial.

Contempla las siguientes fases:⁴

- a) Barrido y limpieza de la superficie a tratar.
- b) Calentamiento de la superficie ya barrida a temperatura especificada (no mayor del punto de ignición del asfalto).
- c) Escarificado de la superficie calentada, en un espesor de 3 centímetros aproximadamente.
- d) Riego del emulsificante, para reavivar las características del asfalto.
- e) Compactación de la mezcla ya tratada.

Existen condicionantes para la aplicación del sistema anteriormente mencionado entre las que destacan: zonas que no presenten fallas estructurales, áreas relativamente grandes que permitan hacer costear el procedimiento, espesores mínimos de carpeta a tratar de 3 centímetros y que la mezcla no presente fallas de diseño.⁵

Indudablemente que un control de calidad adecuado es indicativo de la realización de un buen trabajo, por lo que es recomendable el contar con un servicio de monitoreo.

La aplicabilidad de este procedimiento nos lleva a un ahorro significativo respecto a otros procedimientos de mantenimiento en calles pavimentadas, llegando en algunos casos a representar un ahorro hasta del 40 por ciento del costo de dicha obra.

Considerando que el sistema es aplicable a pavimentos flexibles, deberá cumplirse con la continuidad de las características del pavimento.

Dichas características son:⁶

- 1) Resistencia estructural
- 2) Deformación
- 3) Durabilidad
- 4) Costo
- 5) Requerimientos de conservación
- 6) Comodidad

Además deberá tenerse especial cuidado en el momento de la operación de esta fase de mantenimiento, en proveer una superficie uniforme con color y textura apropiadas, resistente a la actividad del tráfico, al intemperismo y a otros agentes perjudiciales.⁷

En la fase de mantenimiento, indudablemente que las condiciones iniciales de diseño de un pavimento ya fueron modificadas, por lo que deberá ponerse especial énfasis en las características fundamentales, cuidando de que todavía puedan cumplir con los requerimientos mínimos.

APLICACIONES EN CIUDAD JUÁREZ

Una compañía de El Paso, Texas, formada por Louis R. Torres y Ralph W. Scoggins, con 30 años de experiencia en la industria del pavimento y subsidiaria de El Paso Sand, llamada Tosco Internacional, se dio a la tarea de aplicar un nuevo proceso en el mantenimiento de aquellas calles hechas con pavimento flexible que presentaran problemas de fisuras y fallas tipo lavadero, debidas a corrugamientos de la carpeta asfáltica.

Este proyecto fue presentado y desarrollado para el gobierno municipal de Juárez, pues las mencionadas fallas son muy notorias en la ciudad, sobre todo en zonas de intersección en cruces importantes, donde transitan vehículos pesados; que en la maniobra de frenaje producen dichos daños en el pavimento. Para su realización se determinó previamente una área aproximada de 160 000 m² con un costo de 175 000 dólares.

El trabajo consistió en varias etapas, que se mencionan a continuación:

- 1) Calentamiento de la superficie a tratar
- 2) Escarificado de la superficie ya calentada
- 3) Riego y distribución de un sello emulsificante, con propiedades de rejuvenecedor para la mezcla asfáltica de la carpeta
- 4) Aplanado y compactación de la carpeta tratada con el procedimiento de reciclado

Algunas zonas donde se aplicó el procedimiento llegaron a tener espesores mayores a 3 centímetros, lo que permitió realizar una nivelación de la calle o cruce, de tal forma que hubo excedentes de mezcla tratada, empleándose dicha mezcla en el sistema de bacheo, que es otro tipo de mantenimiento de calles que se aplica en la ciudad.

Posteriormente se efectuaron análisis de las muestras llevadas al laboratorio, para determinar las características físicas de la mezcla y compararlas con las especificaciones de diseño para su aplicación en las calles de la ciudad.

⁴ Southwest Contractor. Septiembre 1989.

⁵ *Op. cit.*

⁶ Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual del Proyecto Geométrico de Carreteras*, 1988.

⁷ *Op. cit.*

PROPIEDADES QUE DEBEN CUMPLIR LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS			
Características	Mezcla asfáltica elaborada con cemento asfáltico	Tráfico diario en dos sentidos, vehículos pesados	
		2 000	2 000
Golpes por lado		50	75
Estabilidad mínima	Pavimentación y bacheo	450	700
Flujo en mm, respecto al volumen	Pavimentación y bacheo	2 - 4.5	2 - 4
Porcentaje de vacíos	Pavimentación y bacheo	3 - 5	3 - 5

Los resultados obtenidos en los análisis realizados, satisfacen las condiciones de diseño para su aplicación en la fase de pavimentación.

Se anexa en la gráfica de la determinación del contenido óptimo de asfalto y tabla de la prueba Marshall que nos dan los datos de diseño de la mezcla.

ANÁLISIS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

Material Mezcla asfáltica Muestra No. 1
 Ensaye No. 1 Fecha recibo 18/enero/1996
 Procedencia ASPA Fecha informe 23/enero/1996

Clasificación Petrográfica Peso vol. Suelto	Triturado parcial 1890 kg/m ³
Malla	% Que pasa
1"	100
¾"	95
½"	87
3/8"	79
¼"	70
No. 4	62
No. 10	50
No. 20	35
No. 40	25
No. 60	15
No. 100	9
No. 200	6
Densidad	2.38
Absorción	1.92
% Desgaste	28
Equiv. en arena	100

NOTA: El contenido de asfalto se refiere al residuo asfáltico de producto

Características del asfalto	
Tipo	Cemento #6
Temperatura recomendable de aplicación	120 °C
Penetración residuo asfáltico	72.8
Resultados de la mezcla asfáltica	
Cont. opt. de asfalto (%)	5.6
Peso vol. máximo en mezcla compacta (Kg/m ³)	2301
Adherencia	95
Permeabilidad de la carpeta	4%
Grado de compactación de la carpeta (%)	98.3
Contenido de asfalto en mezcla (%)	5.76

utilizado, expresado como % en peso del material pétreo.

RECOMENDACIONES: Los resultados obtenidos cumplen con especificaciones.

PROBLEMAS AMBIENTALES POR EMISIONES AL AIRE

El método de reciclado, como ya se mencionó con anterioridad, consiste en calentar la superficie pavimentada que presente algún problema de deformación, posteriormente se renivela y se compacta nuevamente.

Indudablemente que el costo de este procedimiento es bajo, sin embargo, la contaminación generada en la aplicación del sistema es alta.

La mezcla asfáltica que es sometida a un proceso de calentamiento, contiene en su composición un producto asfáltico que cuando es calentado a temperaturas más altas a su punto de ignición, deja escapar a la atmósfera los solventes contenidos; estas emisiones pueden ser detectadas fácilmente a través del olfato en una área cercana al lugar de trabajo.

Los solventes presentes en la atmósfera representan un riesgo químico antropogénico de gran magnitud. Generalmente estos solventes son liberados al aire en grandes cantidades, muchos de ellos son degradados en la primer capa de la atmósfera o atmósfera baja. Algunos como los fluorocarbonados (CFCs), en donde se encuentran integrados los hidrocarburos como los productos asfálticos, poseen problemas únicos porque tienen baja reactividad, escapando a la troposfera donde se dará su destrucción.

Estos solventes entonces pueden llegar hasta la estratosfera, donde toman parte en un ciclo catalítico que destruye a gran altitud la capa de ozono.

Lo anterior motivó a conocer un poco más del proceso que siguen los solventes liberados a la atmósfera por los procedimientos utilizados (sobre todo el de reciclado), en la fase de mantenimiento de las calles pavimentadas.

Se procedió entonces a calcular la densidad de flujo y el rango que seguiría el solvente liberado, por medio de la Ley de Fick, en donde fue necesario identificar ciertas características del gas emitido al aire, para poder calcular en primer término la concentración de ese gas.

Se consideró que las características del gas en mención eran muy similares a la del benceno, asumiendo entonces los siguientes datos:

Presión de vapor	1.25×10^1 atmósferas
Temperatura	20 °Centígrados
Peso molecular	78.11 gramos / mol
Porcentaje de cemento asfáltico en la mezcla	5.6
Porcentaje de solventes liberados	2.5
Máxima velocidad del viento en el área	38.5 metros / segundo

Obteniendo el valor de la concentración igual a 1.48×10^{-4} gramos / litro.

Determinando un gradiente de concentración en un kilómetro de 148 gramos / m^3 .

Con el valor de la concentración, se procedió posteriormente a calcular la densidad de flujo.

Obteniendo un valor de 1.48×10^{-10} gramos / cm^2 . Segundo.

Se determinó finalmente el rango del gas liberado, considerando un kilómetro de longitud por un carril de la calle de aproximadamente 3.5 metros de ancho.

Obteniendo un valor de 447.55 gramos / día.

CONCLUSIONES

En relación a la pregunta establecida en el título del documento, que menciona si el reuso de nuestros pavimentos contamina nuestros aires, podemos concluir lo siguiente:

- El mantenimiento de las calles de la ciudad es realizado mediante diferentes sistemas, entre los que destacan: bacheo, tendido de sobrecarpelas, reconstrucción de la carpeta asfáltica y reciclado.

- El sistema de reciclado es el procedimiento más barato utilizado en la ciudad, que por su economía es bien aceptado.
- El sistema de reciclado, no obstante que es muy económico, es el procedimiento más contaminante en el mantenimiento de calles, lo cual se pudo demostrar con los cálculos realizados en el presente trabajo de investigación.
- Los datos obtenidos nos llevan a afirmar que el reuso de nuestros pavimentos sí contamina nuestros aires.

REFERENCIAS

- Dirección de Pavimentación Municipal, Ciudad Juárez, Chihuahua: *Programa de obras*, 1992.
- Roads, Streets and Pavements, *Southwest Contractor*, september 1989.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras*, 1988.

UN NUEVO INSTRUMENTO PARA PROTECCIÓN DE LOS SUELOS

El ordenamiento ecológico territorial

Ma. del Rosario Díaz Arellano¹

El deterioro de los ecosistemas en las diferentes regiones del país originó un movimiento tendiente a integrar una cuantificación de tipos y grados de daños sufridos en los recursos básicos: agua, suelo y aire, con lo que nació el concepto de Ordenamiento Ecológico del Territorio. De acuerdo al entorno del suelo y subsuelo, podemos considerar al territorio como zonas de explotación en bancos de materiales para la construcción, áreas de depositación y manejo de desechos sólidos, desechos municipales y desechos tóxicos, áreas verdes o zonas de parques y jardines, zonas agrícolas o agropecuarias, áreas industriales, infraestructura para el desarrollo urbano, etcétera. Los depósitos sedimentarios continentales del Cuaternario, distribuidos ampliamente en el norte de Chihuahua, están formados por depósitos lacustres limoarcillosos, arcilla y grava en los alrededores de la sierra de Samalayuca en los márgenes del río Bravo y en zonas marginales de los bolsones. Al este del campo de dunas de Samalayuca, se encuentran las grandes dunas. Existe también una zona de barreal que se extiende hasta 25 millas al oeste de Samalayuca y es un lago seco intermitente. Actualmente, la mayoría de las montañas son justamente islas del flujo de sedimentos del mar. Las superficies de este mar, son planas, desérticas, que caracterizan a la región, esta es la cuenca o rango de la provincia fisiográfica. El norte de Chihuahua tiene una gran historia de minería, sobre todo de yeso, que es extráido de minas superficiales de las formaciones de rocas sedimentarias. La formación Las Vigas, adyacente a la planta de Cementos de Samalayuca, contiene material sílice, otro mineral presente en el área al noroeste de la sierra Presidio, es el sulfato de sodio. Todo lo anterior lleva a meditar acerca de un uso racional de estos recursos naturales no renovables, por lo que la realización del estudio de Ordenamiento Ecológico Territorial de los médanos de Samalayuca, es un instrumento de gran importancia que permitirá proteger y regular las zonas donde se han llevado a cabo extracciones de material, como la zona de médanos y las sierras de Samalayuca y Presidio.

INTRODUCCIÓN

A medida que pasa el tiempo, se ha ido notando una contaminación más intensa en los recursos naturales básicos para la supervivencia del ser humano; de ahí la importancia que hoy en día se le da al término de sustentabilidad de la calidad de vida, que implica una serie de estrategias bien definidas en el manejo, preservación y restauración de dichos recursos.

El deterioro de los ecosistemas en las diferentes regiones del país, empezó a alarmar a las autoridades gubernamentales, motivando la cuantificación de tipos y grados de daño sufridos en los recursos básicos: agua, suelo y aire. Naciendo así el concepto de "Ordenamiento Ecológico del Territorio".

El ordenamiento ecológico fue introducido por la Ley Federal de Protección al Ambiente en 1982, pero sus disposiciones se limitaban a elaborar normas y establecer políticas de ordenamiento ecológico, pero no fue sino hasta la publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEPA), el 28 de enero de 1988, que el ordenamiento ecológico adquirió el carácter de instrumento de la política ambiental, cuyo principio constitucional tiene dos fuentes: la de planeación, contenida en los artículos 25 y 26, y la propiamente ecológica, artículos 27 y 73 fracción XXIX-G.

La figura del ordenamiento ecológico es definida como: "el proceso de planeación dirigido a evaluar y programar el uso del suelo y el manejo de los recursos naturales en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, para preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger el ambiente".

La preservación se entiende como: "el conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales", y es materia reservada a las entidades federativas y municipios.

"El ordenamiento ecológico local, particularmente de los asentamientos, se aplica a través de los programas de desarrollo urbano".

Bajo este marco jurídico, la SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca), programó la realización del Ordenamiento Ecológico General del Territorio en dos etapas:

La primera etapa, ya concluida, comprende la regionalización ecológica del país, la elaboración de un diagnóstico ambiental del territorio nacional y la asignación de políticas diferenciales y específicas para cada región.

La segunda etapa, en proceso, comprende la revisión y adecuación de la metodología existente del ordenamiento ecológico, la determinación de regiones prioritarias del país, de interés de la federación, la elaboración de programas de ordenamiento ecológico

¹ Investigadora del Centro de Estudios Biológicos (CEB).

para las regiones prioritarias delimitadas y, la promoción para que las entidades federativas realicen sus ordenamientos ecológicos locales.

El ordenamiento tiene como base al territorio nacional, que es un sistema complejo; su unidad de estudio es la región, que se define a diferentes niveles de aproximación y considera a los procesos históricos fundamentales en la comprensión del territorio.

De acuerdo al entorno del suelo y subsuelo, podemos considerar al territorio como zonas de explotación en bancos de materiales para la construcción, áreas de deposición y manejo de desechos sólidos, desechos municipales y desechos tóxicos; áreas verdes o zonas de parques y jardines; zonas agrícolas o agropecuarias, áreas industriales, infraestructura para el desarrollo urbano; presencia de atoyos, ríos, mantos acuíferos y composición geológica del subsuelo.

Los productos del ordenamiento ecológico se traducen en políticas, usos del suelo, criterios ecológicos, así como obras y acciones que se ejecutan en instrumentos específicos que pueden ser convenios de concertación o anexos de ejecución (IGEEPA, 1988).

Para definir los usos del suelo y el manejo más adecuado de los recursos naturales, se realizan diagnósticos ambientales, basados en el análisis integrado de elementos físicos, biológicos, sociales, históricos y cartográficos, así como opiniones y propuestas de la población.

Las ventajas que ofrece un ordenamiento ecológico, están ligadas a los principios del desarrollo sustentable. A continuación se mencionan algunas de ellas:

- 1) Aportar elementos técnicos para la toma de decisiones en relación con la planeación del uso del suelo y el aprovechamiento de los recursos naturales.
- 2) Orientar las acciones y lineamientos de los planes y programas tanto regionales como nacionales.
- 3) Conocer formas más apropiadas de conservar los recursos naturales.
- 4) Identificación de zonas para protección de la biodiversidad.
- 5) Aplicación de alternativas de producción rentables, sin afectar significativamente a los recursos naturales.
- 6) Generar beneficios sociales y ambientales.
- 7) Establecimiento de programas de monitoreo ambiental, que auxilie en la identificación de áreas susceptibles de deterioro.

Enmarcando al ordenamiento ecológico territorial en el desarrollo sustentable, el objetivo principal sería, garantizar que el uso que hace la sociedad de los recursos naturales, no rebase su capacidad de renovación ni de sustentación del ambiente (SEMARNAP, 1995).

ANTECEDENTES

Dentro del área municipal de Juárez, aproximadamente a 45 kilómetros al sur de Ciudad Juárez, Chihuahua, se encuentra localizado el poblado de Samalayuca, en colindancia con los médanos de Samalayuca, que cubren cerca de 145 kilómetros.

La región se caracteriza por ser sterogen y desértica, rodeada de dunas al sur y oeste, en faja altimétrica entre los mil y dos mil metros (según mapa de suelos editado por la Secretaría de Agricultura y Fomento, México, 1947).

La clasificación de climas según Koppen y modificada por E. García, nos indica que la región de Ciudad Juárez, en donde se encuentran los médanos de Samalayuca, corresponde a la carta de climas 138-1 (INEGI, 1970), abarcando los poblados de Ojo de la Casa, Samalayuca, Ojo de Samalayuca y Ojo de Eumedio, limitando la zona de las sierras de Samalayuca y Presidio.

Los vientos prevalecientes en la región, provenientes en su mayoría del oeste, son una característica importante en la formación y conformación de las dunas, puesto que causan un desplazamiento de las dunas altas o dunas tipo aké, motivando su cambio de fisonomía (esta observación se pudo constatar en un estudio comparativo de fotografías aéreas de los años 1970-1980).

Las más famosas dunas de arena del noreste de Chihuahua son los médanos de Samalayuca, que se extienden en una línea noroeste-sureste de aproximadamente 90 kilómetros de longitud, cercanamente dividida por el Ferrocarril Nacional de México, a la altura de los Ojos de Samalayuca.

Los médanos de Samalayuca han caracterizado oportunidades ambientales y restricciones sobre las actividades humanas; siendo también fuente de extracción de material desde hace aproximadamente 15 años, lo que motivó la necesidad de proteger el área, considerando que se estaba afectando un recurso natural.

El reclamo inició principalmente por grupos inmersos en el cuidado del medio ambiente de la zona, generándose posteriormente un clamor general para la protección del recurso natural antes citado.

Todo ello propició la intervención del Gobierno en sus tres niveles: federal, estatal y municipal, que en forma coordinada buscaron alternativas de solución, recayendo la responsabilidad en el Departamento de Ecología de la Dirección General de Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno del Estado.

El Departamento de Ecología del Gobierno del Estado se dio a la tarea de buscar la forma de proteger el área señalada como fuente de extracción de arenas, llegando a ver la necesidad de contar con un estudio de ordenamiento ecológico territorial que permitiera identificar las acciones a desarrollar en el área y proteger zonas susceptibles de deterioro ambiental, tomando la determinación de llevar a cabo el estudio de la zona.

El Departamento de Ecología del Gobierno del Estado, acordó mediante convenio con la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), la realización del estudio para el ordenamiento ecológico territorial del área de los médanos de Samalayuca, en febrero de 1997.

Para tal efecto, la Universidad conformó un grupo multidisciplinario de especialistas en diferentes áreas, con la finalidad de obtener resultados serios y confiables, que sirvieran de base al Gobierno del Estado para la regulación de las acciones en el desarrollo de la zona.

HISTORIA GEOLÓGICA DEL ÁREA DE SAMALAYUCA

La Cuenca de Chihuahua, denominada también canal o geosinclinal, es el producto de una tectónica extensional del Jurásico que actuó hasta el final del Cretácico.

Se presume que el origen de la provincia de cuencas y sierras, en el norte de Chihuahua, estuvo relacionada inicialmente con un fenómeno provocado por la actividad ígnea que ocurrió en el Eoceno-Oligoceno

La historia geológica es la interpretación de los datos de la caracterización geológica del basamento, que debe ser hecha en el contexto y conocimiento de una región grande y a través de un tiempo geológico.

Estudios recientes de la historia geológica del área de Samalayuca, son los realizados por Reyes y Goodell en 1996. Los aspectos más relevantes considerados en el estudio se mencionan a continuación:

Goodell y Reyes especularon acerca de que el noreste de Chihuahua ha sido el centro de la triple unión de una placa tectónica desde hace 1.1 billones de años, repitiéndose hasta el evento extensional de Norteamérica.

La cuenca pedregosa del Paleozoico recibió capas secuenciales de rocas sedimentarias, grandes areniscas y calizas, depositándose espesores de roca arriba de 15 000 pies al oeste y sur de Samalayuca.

A raíz de estas especulaciones se originó una controversia acerca de que las rocas pertenecían a las edades del Precámbrico, Paleozoico o Mesozoico. Se revisaron los detalles de esta controversia, estableciendo que ni las rocas de la edad del Precámbrico ni las del Paleozoico están presentes en el área (Reyes y Goodell, 1983).

La formación rocosa más antigua en el área es aparentemente la formación de la sierra de Samalayuca, considerando que data del Mesozoico.

La región noreste de Chihuahua fue durante el Mesozoico, al igual que en el período del Paleozoico, una gran cuenca oceánica sedimentaria (Reyes y Goodell, 1983).

Las masas del basamento del mapa del área de Samalayuca, son en su mayoría areniscas y calizas de la edad del Mesozoico, localizadas en el mapa geológico a escala 1:100,000 (INEGI, 1983) (Anexo 1).

Hacia finales del Mesozoico, durante el evento tectónico Laramide, una colisión de placa tectónica se llevó a cabo en la costa noroeste de Chihuahua. Las fallas de empuje, anticlinales asimétricos característicos de la región y las estructuras internas de las sierras de Samalayuca y Presidio, son el resultado de esta formación. El último evento geológico regional permanece hasta la actualidad, en donde el proceso de la placa tectónica del arrecife del río Bravo está formando la Cuenca y Rango de la Provincia Fisiográfica (Reyes y Goodell, *op. cit.*).

Formación Samalayuca

La Formación Samalayuca fue definida de manera informal por Berg, en 1970, como cuarcitas, filitas y conglomerados interstratificados que afloran en la sierra de Samalayuca. La litología predominante corresponde a areniscas de color gris oscuro con algunos lentes de lutitas y conglomerados que presentan metamorfismo de bajo grado. La edad depositacional de estas rocas es incierta, estableciendo sólo el límite superior como Prejurásico.

La edad de la Formación Samalayuca es el punto de mayor controversia, ya que no se han logrado identificar fósiles de estos sedimentos. Sin embargo, existe la posibilidad de que las rocas fueron probablemente depositadas a fines del Paleozoico (Berg, 1970).

En estudios petrográficos efectuados por Denison en 1970, se consigna que las areniscas son de grano medio a grueso, pobremente clasificadas, en donde es difícil encontrar evidencias de estratificación. Las muestras del subsuelo se caracterizan por una

abundancia de clorita que va de un verde pálido y hasta lucir incolora, pudiendo haber sido fragmentos de clorita recristalizados y deformados durante el metamorfismo.

El cuarzo es el clasto del tamaño de la arena más abundante, la plagioclasa es menos común. Los clastos que forman los conglomerados son del tamaño de guijarros y matatenas y están constituidos por una amplia variedad mineralógica, siendo el pedernal el tipo de mineral más común (Berg, *op. cit.*).

La roca constituyente de esta formación, al estar sujeta a los agentes erosivos, desarrolla hidratación de minerales arcillosos, los cuales al estar alineados perpendicularmente a los esfuerzos que los originaron, desarrollan una discontinuidad en toda la sierra.

Esta discontinuidad, es una foliación cuyos planos tienen un espaciamiento de 1 a 5 centímetros. Con longitud de 0.3 centímetros a 1 metro, abiertos, siendo más manifiestos en los estratos con mayor contenido arcilloso (Berg, *op. cit.*).

En lo que respecta a la roca sana de la Formación Samalayuca, se sabe que las areniscas representan el 90 por ciento del total y que por ser el cuarzo su constituyente principal, es una roca dura, bien cementada y resistente a los procesos erosivos, su dureza disminuye conforme los estratos tienen mayor contenido arcilloso y se aproximan a los horizontes de filitas, siendo deleznable y fáciles de erosionar (Berg, *op. cit.*).

Petróleos Mexicanos (PEMEX) reportó la litología de la Formación Samalayuca como el 90 por ciento de cuarcita con intercalaciones de filitas, 5 por ciento de conglomerados y cuarcita presente con otros fragmentos de óxidos de hierro o intrusiones de cuarzo (Hernández, 1970).

Desde principios de los años ochenta a la fecha, la Comisión Federal de Electricidad ha llevado a cabo estudios en el área, enfocados de manera principal a la geohidrología, como apoyo técnico a la Central Termoeléctrica de Samalayuca.

Petróleos Mexicanos en sus últimas interpretaciones le atribuye a la Formación Samalayuca una edad Triásica-Jurásica media, correlacionables con las capas rojas de la cuenca Coahuila (UACJ, 1998).

También se describe a la Formación Samalayuca como una sección estratigráfica de 706 metros de espesor, con una secuencia cíclica de granos finos a areniscas con intervalos subordinados lúlicos y conglomerados. Nueve ensamblajes litológicos diferentes fueron identificados, cada uno relacionado a su fase deposicional específica sedimentaria.

Se determinó que los sedimentos fueron transportados desde una dirección noreste y depositados en un delta marino en un ambiente tectónico activo. En esta formación se ha llevado a cabo la exploración de cobre (Reyes y Goodell, *op. cit.*).

Se reconocieron diferentes rocas ígneas en el área, pero de una extensión limitada. Un dique de basalto alterado se encontró dentro de la sierra de Samalayuca, siendo nombrado Dique Clorita, tiene 10 metros de ancho con una longitud aproximada de 6 kilómetros. La complejidad de la roca intrusiva la Formación Navarrete en la parte alta (Reyes y Goodell, *op. cit.*).

Los intentos de datar estas rocas han sido efectuados por el método Potasio-Argón, dando datos resultantes de edades entre 77.7 y

92.5 millones de años. Estas edades aparentes pertenecen al Cretácico Tardío, en la escala de tiempo propuesto por Casey en 1964 y son interpretadas por la mayoría de los autores como la edad del metamorfismo.

Estructura

El estilo de deformación estructural está controlado por los eventos orogénicos más recientes, así como por la reactivación de elementos paleotectónicos. Todas las estructuras del área corresponden a la faja orogénica cordillerana tipo laramídico y han sufrido subsecuentes reactivaciones por el evento extensional de cuencas y sierras.

Estructuralmente la sierra Samalayuca es una montaña anticlinal o de deformación hacia arriba, es una deformación asimétrica con inclinaciones en el flanco noreste de la montaña y con una pendiente inclinada en el flanco suroeste.

La naturaleza anticlinal de la sierra Samalayuca ha sido observada recientemente; la sierra está separada al noreste de la Formación Navarrete, por una falla inclinada del suroeste, llamada Falla de Ocotillo, en esta falla existen dos manantiales: Ojo de la Punta y Ojo de Enmedio. Una segunda falla, conocida como Falla Gobernadora, pasa al oeste del poblado de Samalayuca (Reyes y Goodell, *op. cit.*) (Anexo 2).

Se piensa que las sierras de Samalayuca y Presidio forman parte del mismo bloque montañoso, debido a que la extensión del valle entre estas dos montañas contiene solamente una pequeña cantidad de sedimentos recientes (70 metros), formando esas dos montañas una cabalgadura o bloque hacia arriba en la cresta del río Bravo.

Suelos

El cambio en las condiciones climáticas observado en los últimos 20 mil años en el noreste de México y suroeste de los Estados Unidos de Norteamérica, ha causado el secado de los lagos.

Los lagos del noreste de Chihuahua se han secado tanto que se han transformado en playas o lagos secos intermitentes. Además, la presencia de fuertes vientos con temperaturas frías, provenientes del suroeste, arrastraron gran cantidad de arena, formándose así la región de Samalayuca.

Al este del campo de dunas de Samalayuca se encuentran las grandes dunas, cuya formación se debe al efecto provocado por los vientos al chocar con la sierra Presidio, representando esta sierra una obstrucción o barrera natural de una altura aproximada de 300 metros en forma perpendicular a la dirección predominante del viento.

La turbulencia del viento provocó un movimiento helicoidal, produciendo un intenso volteo de la arena finamente cribada, depositándose en esa área. Este mismo efecto dio lugar a la formación de las dunas tipo aklé, siendo de las pocas dunas de este tipo a nivel mundial (Anexo 3).

En la porción sureste de la sierra Presidio, existen aberturas o puertos que permitieron el paso de las arenas, dando lugar a la formación de campo de dunas al este de dicha sierra.

Los valles en el área de Samalayuca, han sido inundados con sedimentos, ayudados por ríos de gran longitud. Esta región tuvo propiedades geohidrológicas de drenaje superficial interno, ríos que no fluyeron hacia el mar, sino que fluyeron a los múltiples

lagos al noreste de Chihuahua.

Actualmente, la mayoría de las montañas son justamente islas del flujo de sedimentos del mar. Las superficies de este mar son planas, desérticas que caracterizan a la región, esta es la Cuenca y Rango de la Provincia Fisiográfica.

Las áreas cuyos suelos presentan fases salinas y salino-sódicas son enormes, debido a las condiciones de alta evaporación y drenaje deficiente. Esto ha contribuido a la formación de salitres y a la acumulación de sodio intercambiable en los suelos de varias zonas, localizadas sobre todo al oeste y sur del desierto de Samalayuca.

El factor inundación es muy significativo y se debe al deficiente drenaje que presentan las planicies, observando varias zonas sujetas a inundación distribuidas por toda el área, localizando la de mayor extensión al sur del desierto de Samalayuca, conocida como El Barreal.

El Barreal se extiende hasta 25 millas al oeste de Samalayuca y es un lago seco intermitente, en donde se encuentra la parte más profunda de esos lagos.

Los depósitos sedimentarios continentales del Cuaternario, distribuidos ampliamente en el área norte de Chihuahua, están formados por depósitos lacustres limoarcillosos, ubicados en las porciones oeste y suroeste de la sierra Samalayuca; arcilla y grava en los alrededores de la sierra, en las márgenes del río Bravo y en zonas marginales de los bolsones; y material aluvial formado de arena.

El material no consolidado con posibilidades medias, es el más ampliamente extendido en el área de Samalayuca, lo constituyen el depósito cólico del Cuaternario con permeabilidad alta y el conglomerado del Terciario de permeabilidad media.

Capas de arcilla han sido expuestas por erosión, en varias de las depresiones del área de las dunas altas. Una combinación de las capas de arcilla crean una barrera impermeable al movimiento vertical del agua alrededor de las dunas, así como también el campo de dunas actúa como una excelente zona de recarga.

La abundancia relativa de sitios de habitantes precolombinos y los arroyos formados por el hombre encontrados en la periferia del campo de las dunas, han manejado la especulación de que las tinajas interdunas en los médanos, proveyeron a la población india con un año de suministro de agua aproximadamente.

La alta permeabilidad y la naturaleza químicamente inerte de las dunas de arena, continúa asegurando una fuente de agua a los residentes de Samalayuca.

Muestras de varias capas de arcilla y un pedazo de vasija encontrado cerca del área, fueron químicamente analizados por energía dispersiva con fluorescencia de rayos x. Los análisis revelaron un manejo idéntico de traza de elementos entre los pedazos de vasija y una de las más maleables capas de arcilla, lo que indicó que la vasija fue hecha de la arcilla encontrada en las depresiones (Reyes y Goodell, *op. cit.*).

RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

Se han llevado a cabo excavaciones en los taludes de las montañas de la sierra Samalayuca con fines de exploración de cobre, encontrando manchas de malaquita (un carbonato de cobre), en las superficies de las fracturas de varios pozos de exploración. En los años sesentas, se explotó material en varios de esos pozos (Berg, *op. cit.*).

La roca areno-cuarzosa de la cual está formada la sierra Samalayuca, podría ser considerada con presencia de cobre.

En los años 1994 y 1995, Phelps Dodge, perforó 8 pozos exploratorios con fines de determinar el potencial de cobre en la sierra de Samalayuca, obteniendo resultados desalentadores. Dan Gorski, consultor de la compañía, dice que el cobre podría estar presente en el subsuelo de la Formación Samalayuca, en los depósitos profundos de los canales, al suroeste de la sierra.

La parte noroeste de la sierra Samalayuca, es actualmente una fuente de producción de caliza para la planta de cementos ubicada al noreste del poblado de Samalayuca. La extracción de este material se ha llevado a cabo en el año 1997, produciendo un impacto considerable en la sierra, aunado al hecho de que en esa zona de la sierra se localizan petrograbados; considerando entonces a la zona como histórica.

El norte de Chihuahua tiene gran historia de minería, sobre todo de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a pequeña escala, que es extraído de minas superficiales de las formaciones de rocas sedimentarias. Estos recursos se encuentran en la Formación Cuchillo de la edad del Cretácico Superior, cuyos depósitos y minas se localizan en forma lineal a lo largo de la falla de los afloramientos de esta formación (UACJ, 1998).

La formación Las Vigas, adyacente a la planta de cementos de Samalayuca, tiene una superficie susceptible de explotación de material sílice. Otra fuente productora de este material se ubica en los taludes noreste de la sierra Samalayuca. Ambas zonas están siendo aprovechadas por la planta de cementos señalada anteriormente.

Otro mineral industrial presente en la zona es el sulfato de sodio, que se encuentra aproximadamente a 7 kilómetros al noroeste de la sierra Presidio.

Esta área se caracteriza como una playa sobreyaciendo entre las sierras de Samalayuca y Presidio, que ha sido formada por arenas erosionadas. La playa se localiza en el centro del campo de la duna que parcialmente ha sido estabilizada por la vegetación.

Samalayuca ha adquirido una especial importancia como fuente de especímenes de cristales de selenita (yeso), estas muestras son famosas internacionalmente por su gran tamaño, como por la perfección de sus intercalaciones de cristales afilados. (Son comunes muestras de 0.5 x 0.5 metros).

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En el área de Ciudad Juárez han sido encontrados fósiles de mamuts, específicamente se sabe del hallazgo del colmillo de un mamut encontrado en las dunas de Samalayuca, y que fue utilizado como flecha de señalamiento por un grupo de exploradores de la expedición de Coronado (UACJ, 1898).

La expedición de Juan de Oñate, en abril de 1598, descubrió el mejor pasaje de los alrededores del campo de dunas, para hacerlo camino. Asimismo, se estableció la extensión básica del Camino Real, desde la ciudad de México hasta Santa Fe, Nuevo México.

Las aerofotos del INEGI a la escala 1:10,000;

dan una dramática evidencia del Paso del Camino Real a través de las dunas de Samalayuca.

Otra ruta establecida fue en la dirección este de las dunas, alrededor de las mismas, conocida con el nombre de la "Jornada de Cantarrecio". El agua estuvo sorprendentemente presente en estas dos rutas, sin embargo parte de esa agua estaba altamente alcalina.

Estas dos rutas alternas existieron por siglos. Los viajeros desarrollaron estaciones en los manantiales de Cantarrecio y de Samalayuca. Cantarrecio se formó de una serie de tinajas, mientras que Samalayuca tuvo algunas áreas relativamente verdosas en medio del desierto.

Las ruinas de adobe de una estación de viajeros en las tinajas de Cantarrecio, pueden observarse todavía, siendo fuente de pequeños objetos arqueológicos. Se anexa mapa que muestra la ruta del Camino Real, el cual fue proporcionado por el ingeniero Francisco Ochoa Cunningham, miembro de la Sociedad Chihuahuense de Estudios Históricos en Ciudad Juárez.

ANÁLISIS REALIZADOS EN EL SUELO

Atendiendo a lo establecido en el convenio del ordenamiento ecológico territorial del área de médanos de Samalayuca, se obtuvieron y analizaron muestras del suelo al sur de las arenas de los médanos, en la zona conocida como El Barreal; en las siguientes ubicaciones:

Punto	Latitud norte	Longitud oeste
A	31° 16' 21"	107° 06' 07"
B	31° 09' 36"	106° 53' 45"
C	30° 58' 39"	106° 48' 54"
D	30° 45' 00"	106° 56' 52"
E	30° 47' 17"	106° 38' 35"

Para tal efecto se determinaron análisis físicos como granulometría, plasticidad y clasificación del suelo, con el fin de lograr identificación y uso posible del material analizado.

En la siguiente tabla se muestran las características y valores del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

Clase	Características de compactación	Compresibilidad y expansión	Drenaje y permeabilidad	Valor como terraplén
CL	Buena, con rodillo pala de cabra	Mediana	No hay drenaje, impermeable	Con estabilidad
OL	Aceptable a deficiente, rodillo pala de cabra	Mediana a alta	Drenaje deficiente, impermeable	Inestable
CH	Aceptable a deficiente	Muy alta	No hay drenaje, impermeable	Con estabilidad se ablanda por expansión
OH	Aceptable a deficiente, rodillo pala de cabra	Alta	No hay drenaje, impermeable	Inestable, no debe usarse

Punto	Granulometría	Profundidad	Clasificación
A	Material fino pasa malla No. 4	1.0 m.	Material orgánico de alta compresibilidad
	Material fino pasa malla No. 4	2.0 m.	Material orgánico de alta compresibilidad
B	Material fino pasa malla No. 4	1.0 m.	Material arcilloso de alta compresibilidad
	Material fino pasa malla No. 4	2.0 m.	Material orgánico de alta compresibilidad
C	Material fino pasa malla No. 4	1.0 m.	Material arcilloso de baja compresibilidad
	Material fino pasa malla No. 4	2.0 m.	Material arcillo-limoso de baja compresibilidad
D	Material fino pasa malla No. 4	1.0 m.	Material arcilloso de alta compresibilidad
	Material fino pasa malla No. 4	2.0 m.	Material arcilloso de baja compresibilidad
E	Material fino pasa malla No. 4	1.0 m.	Material arcilloso de baja compresibilidad

CONCLUSIONES

Indudablemente que el ordenamiento ecológico es un instrumento de gran importancia que regula los usos del suelo, en el caso del ordenamiento ecológico territorial de los médanos de Samalayuca, este reviste capital importancia, ya que es el primero que se desarrolla en la región y por ello, dará la pauta para la continuidad de este tipo de estudios en nuestro estado.

El ordenamiento de Samalayuca, permitirá proteger y regular las zonas donde se han llevado a cabo extracciones de material, sobre todo en la zona de médanos y de las sierras de Samalayuca y Presidio.

Por lo anterior, se concluye que un estudio de ordenamiento ayuda en la protección de los recursos naturales, como el suelo.

En el análisis efectuado a las muestras obtenidas de la zona de El Barreal, se identificaron materiales finos plásticos, que de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, se reconocen como suelos arcillosos, arcillolimosos y suelos orgánicos de media y alta compresibilidad; lo que los hace no aptos para el uso en la industria de la construcción.

REFERENCIAS

Badii, M. H. y Flores A. E. *Ecología de poblaciones*. Monterrey: A. Somarriba-Aubert. CCA, ITESM, 1993. Pp. 1-77.

Barbault, Robert and Gonzalo Hallter. *Ecology of the chihuahuan desert*. México: Instituto de Ecología, A.C., 1981.

Berg, Edgar L. *Geology of the Sierra Samalayuca, Chihuahua México*. M. S. Thesis. University of Texas at Austin. P. 82.

Gobierno del Estado de Chihuahua. *Plan de Ordenamiento Ecológico del Territorio para el Estado de Chihuahua*. Chihuahua: Dirección General de Desarrollo Urbano y Ecología, Departamento de Ecología, 1994.

INE (Instituto Nacional de Ecología). *Ley Federal de Protección al Ambiente*. México: Instituto Nacional de Ecología, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, 1982.

INEGI Instituto Nacional de Geografía e Informática. *Carta ecológica*. 1983.

INEGI Instituto Nacional de Geografía e Informática. *Carta de climas*. 1970.

LGEEPA. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Artículos 25, 26, 27 y 73, fracción XXIX-G. 1988.

Reyes, I. and P. C. Goodell. *Geology and Mineral Resources of North Central Chihuahua*. El Paso, Texas: El Paso Geological Society, 1983. Pp. 233-238.

SEDESOL / INE (Secretaría de Desarrollo Social / Instituto Nacional de Ecología). *Ordenamiento ecológico general del territorio nacional, informe técnico*. México: Dirección General de Planeación Ecológica, 1990. Pp. 202.

SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología). *Manual de ordenamiento ecológico del territorio*. México: Subsecretaría de Ecología, Dirección General de Normatividad y Regulación Ecológica, 1990. Pp. 356.

SEMARNAP. *Taller de ordenamiento ecológico*. México: 1995.

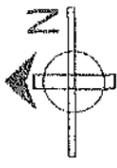
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). *Ordenamiento ecológico territorial del área de médanos de Samalayuca*. Ciudad Juárez, Chihuahua: 1998.

Vega, Environmental Services, Inc. *Evaluación preliminar de los impactos ambientales esperados de la explotación de arena en los médanos de Samalayuca*. Un preestudio hecho para el presidente de Nafta. Center de Ciudad Juárez, Chihuahua: 1996.

simbología

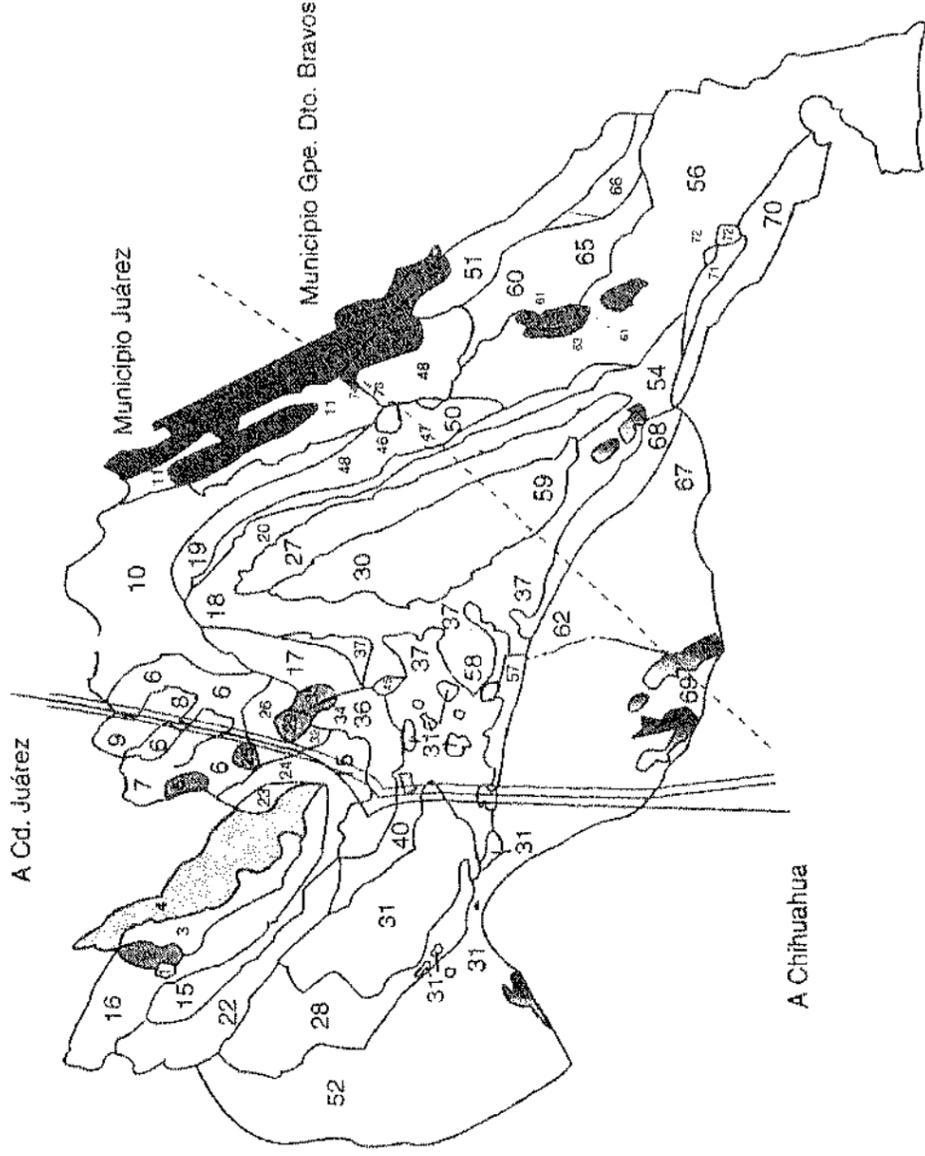
- Limite de ordenamiento territorial
- Suelos aluviales
- Rocas metamórficas
- Cálcas
- Rocas sedimentarias
- Rocas igneas extrusivas
- Suelos éolicos
- Limite de cuencas hidrográficas
- Limite municipal
- F.F.C.C.
- Carretera

ANEXO #1
MAPA DE
CARACTERÍSTICAS
GEOLOGICAS DEL AREA

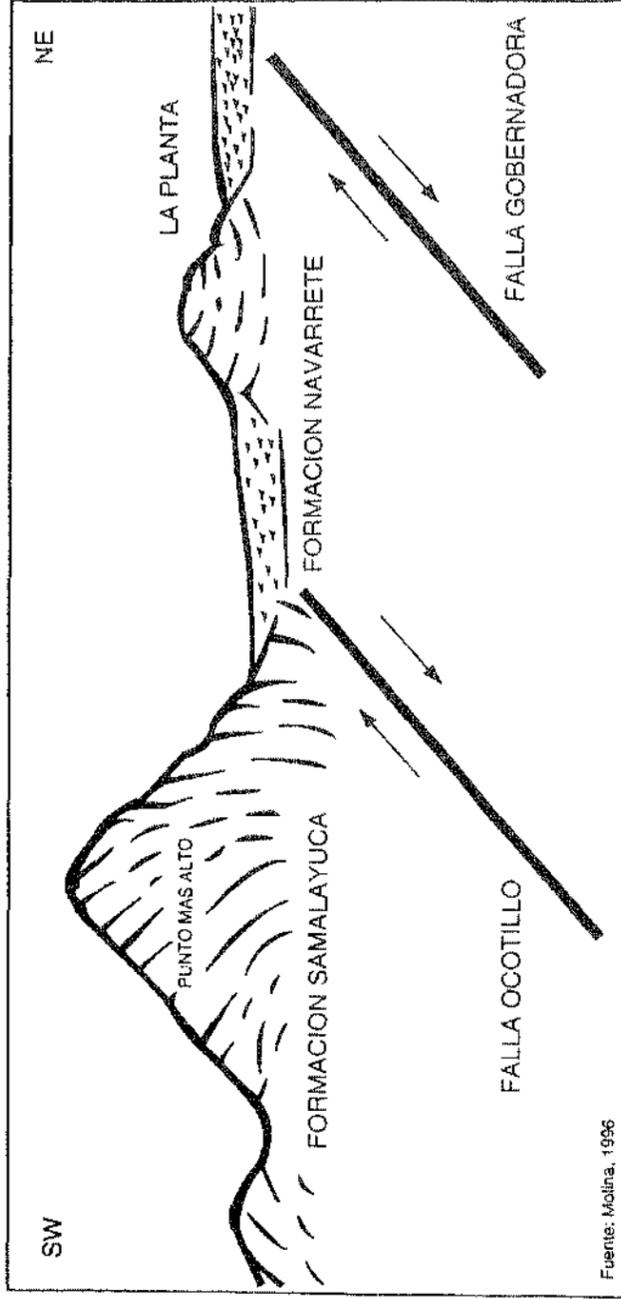


ESCALA:
1:100,000 REDUCIDA

SAMALAYUCA,
CHIHUAHUA
JULIO 1997



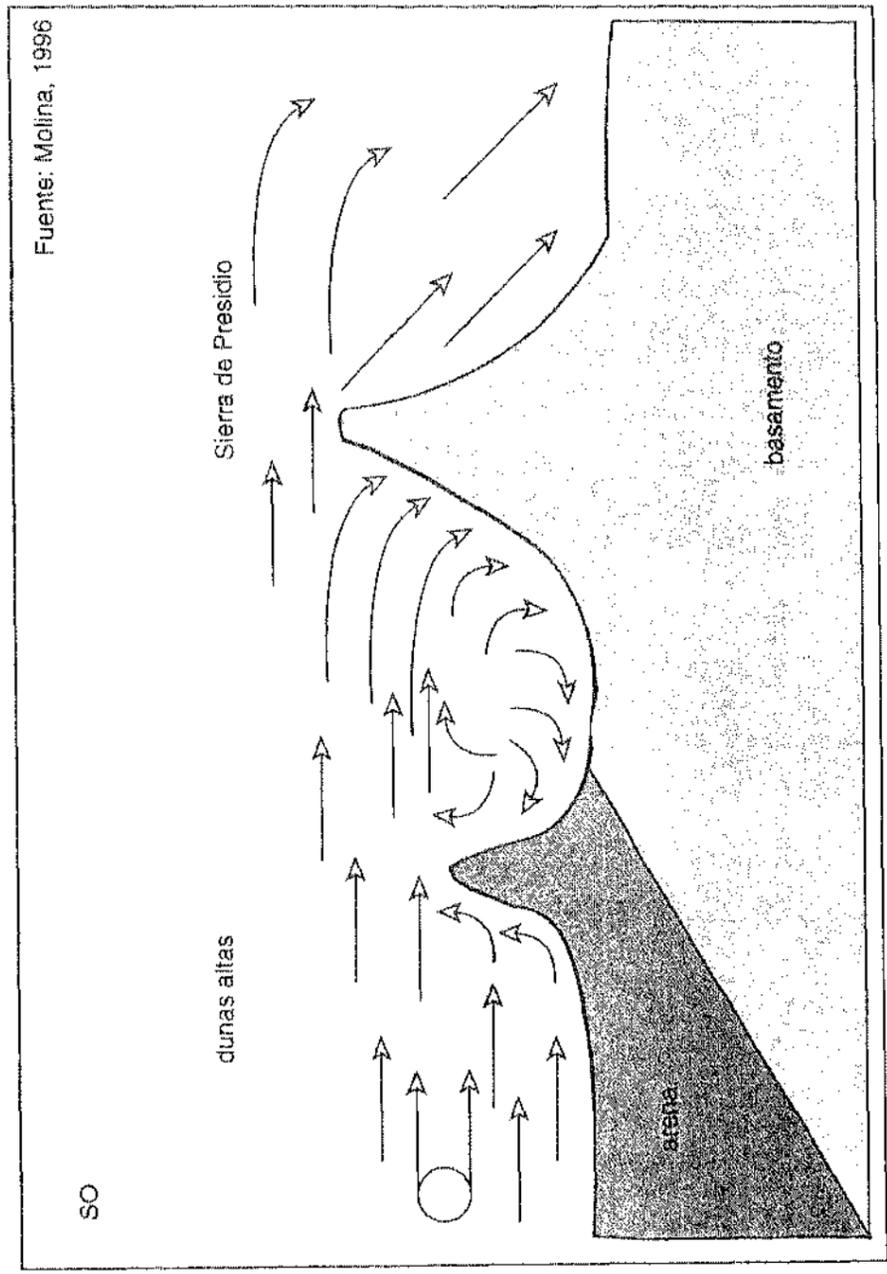
Fuente: INEGI, 1993, Modificado



ANEXO: núm 2

Sección transversal
al sur-este de las
2/3 partes del punto
más alto de
Samalayuca,
ilustrando las
relaciones
estructurales.

SAMALAYUCA,
CHIHUAHUA
JULIO 1997



ANEXO: núm 3

DUNAS AKLE
(dunas de eco de Samalayuca).

SAMALAYUCA,
CHIHUAHUA
JULIO 1997

Normas para colaboradores

El Consejo Editorial de *Ciencia de la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ* acoge con gusto, propuestas de artículos para publicar. Por favor consulte las siguientes normas al preparar sus documentos:

1) Los trabajos a presentar en *Ciencia de la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ* deberán ser inéditos.

2) Una vez que la revista publica el artículo, los derechos del autor pasan a ser propiedad de la UACJ.

3) Los artículos pueden ser de fondo o comunicaciones breves, los cuales deberán referirse al área de ciencias sociales y humanidades, ajustándose al dictamen del Consejo Editorial, el que evalúa su calidad científica y decide sobre la pertinencia de su publicación.

4) Los trabajos pueden ser en inglés, en español u otras lenguas romances. Si se envía una traducción al español, hay que adjuntar también el texto en el idioma original.

5) No se devuelven los originales.

6) En caso de que el autor no responda en un mes después de habersele presentado las correcciones o dudas de su trabajo, la *Ciencia de la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ* se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales que considere pertinentes.

7) Los trabajos pueden ajustarse a los siguientes requisitos (de no cumplirse con ellos, no se considerarán para su publicación):

- a) Título del trabajo, breve y conciso en inglés y español
- b) Un resumen del contenido de una extensión aproximada de 40 palabras como mínimo y 60 como máximo, que deberá estar escrito en inglés y español.
- c) Nombre y nacionalidad del autor
- d) Correo electrónico de cada colaborador
- e) Adscripción
- f) Indicar máximo grado de estudios y área de especialización
- g) Naturaleza del trabajo: artículo, reseña, etcétera.
- h) Dirección para correspondencia que incluya: teléfono, fax y correo electrónico.

i) Presentar el original impreso a doble espacio.

j) Adjuntar el texto en "diskette" idéntico en Word, los cuadros y el trazado de gráficas en Excel para Windows, indicando en la cubierta el nombre de cada uno de ellos (un archivo por cada cuadro o gráfica).

k) La extensión debe ser de preferencia mayor de 15 cuartillas y menor de 30, considerando páginas de 26 líneas y 64 golpes por cada línea.

l) Las ilustraciones, cuadros y fotografías, deben referirse dentro del texto, enumerarse en el orden que se cita en el mismo, e indicar

el programa de cómputo en el que están elaborados. Estos deben explicarse por sí solos, sin tener que recurrir al texto para su comprensión; no incluir abreviaturas, indicar las unidades y contener todas las notas al pie y las fuentes completas correspondientes.

m) Las referencias bibliográficas deben asentarse de la forma convencionalmente establecida en español, es decir, indicando éstas en el cuerpo del texto sólo con un número y los datos bibliográficos al pie de la página, o agrupadas al final las fichas completas correspondientes. La bibliografía se presenta sin numeración al final del artículo.

n) Al citar los títulos de libro, se deben utilizar mayúsculas sólo al inicio y en nombres propios.

o) Al menos la primera vez, se debe proporcionar la equivalencia completa de las siglas empleadas en el texto, en la bibliografía y en los cuadros y las gráficas.

p) Distribuir los datos de las referencias bibliográficas de la siguiente manera:

Ficha de libro

- Apellidos, nombre del autor. *Título del libro*. Lugar: Editorial, año. Número de páginas.

Ejemplos:

Foucault, Michael. *Las palabras y las cosas*. México: Siglo XXI, 1984. Pp. 30-45.

Levine, Frances. "Economic perspectives on the Comanchero trade". En: Katherine A Spielmann (ed.). *Farmers, hunters and colonists*. Tucson, AZ: The University of Arizona Press, 1991. Pp. 155-169.

Ficha de revista:

- Apellidos y nombre del autor. "Título del artículo". *Nombre de la revista*, número, volumen, fecha. Número de páginas.

Ejemplos:

Conte, Amedeo G. "Regla constitutiva, condición, antinomia". *Nósis*, núm. 18, vol. 9, enero-junio 1997. Pp. 39-54.

Kretz, Esteban. "Utopía, asombro y alteridad: consideraciones metateóricas acerca de la investigación antropológica". *Estudios sociológicos*, núm. 14, vol. 5, mayo-agosto 1995. Pp. 283-302.

Guidelines for authors

The Editorial Board welcomes proposals of articles for publication at the *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*. Please, read the following guidelines to prepare any document you will like to submit.

1) All works that you proposed to the journal *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ* must be original and unpublished.

2) Once the magazine publishes the article, the rights of the author become property of UACJ.

3) The articles can be in-depth articles, brief communications on specific scientific topics and book reviews.

4) The subjects covered are in science and applied sciences, such as engineering fields. The Editorial Board reserves its right to evaluate the scientific quality of documents.

4) The works can be written in English, Spanish and any other Romance language. Authors who sent texts translated into Spanish are required to also enclose the original version of the paper.

5) Manuscripts will not be returned to the authors.

6) Authors are requested to make corrections or decide on recommendations made by reviewers in a month. After this period, The *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ* Board will make the editorial changes that its considers appropriate.

7) Manuscripts need to include the following data:

a) Title of the work, which should be brief and concise in English and Spanish, if more information is required, a subtitle could include.

b) An abstract of the content of approximately 40 words to 60 words, written in English and Spanish.

c) Name and nationality of the author

d) Working address of authors

e) E-mail address, telephone and fax number of each contributor

f) Name and address of the institution where the author or authors work, if applicable

g) Indicate highest academic grade

h) Submit the printed original of the document.

i) Typing should be double-spaced.

j) Enclose a copy of the text on -diskette.

k) Software recommended for texts is Word and Excel for statistical charts.

l) If other software is used, authors should indicate the name of it.

m) The diskette should bear the name of each file, including those for each chart or graphic.

n) The manuscript extension must be between 15 and 30 pages, considering pages of 26 lines and 64 words on each line.

o) Illustrations, pictures, and photographs should be within the text, with a progressive number according to the order placed. They should be self-explanatory, without having to return to the text to understand them.

p) Bibliographic references should be indicated in the body of the text with only a number, and the bibliographic information at the bottom of the page or all of the corresponding entries grouped at the end of the document.

q) The bibliography is presented without numeration at the end of the article.

r) Quotations of book titles should written in small case letters, leaving capital letters only for the first letter of the word and proper nouns.

s) At least the first time, the full equivalence of the abbreviations by initials used in the text in the bibliography and in the statistical charts and the graphs should be provided.

t) The bibliography should include the following data:

Book entries

— Last name(s), name of the author. Title of the book in Italics. Place of publication: Publishing company, year. Page numbers.

Examples:

Foucault, Michael. *Las palabras y las cosas*. México: Siglo xxi, 1984. Pp. 30-45.

Levine, Frances. "Economic perspectives on the Comanchero trade". En: Katherine A Spielmann (ed.). *Farmers, hunters and colonists*. Tucson, AZ: The University of Arizona, 1991. Pp. 155-169.

Journal entries:

— Last names and name of the author "Title of the article". Name of the magazine, number, volume, date. Page numbers.

Examples:

Conte, Amedeo G. "Regla constitutiva, condición, antinomia". *Nósis*, núm. 18, vol. 9, enero-junio 1997. Pp. 39-54.

Krotz, Esteban. "Utopía, asombro y alteridad: consideraciones metateóricas acerca de la investigación antropológica". *Estudios sociológicos*, núm. 14, vol. 5, mayo-agosto 1995. Pp. 283-302.

Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ,
se terminó de imprimir en octubre de 1999 en los talleres de la Imprenta
Universitaria, Hermanos Escobar y Plutarco Elías Calles,
Ciudad Juárez, Chih., México

Tiraje: 750 ejemplares