

# Cultura Científica y Tecnológica

Marzo-Abril, 2005. Año 2, N° 7



Revistas

Universitarias

Mexicanas

■ México tiene 100 veces menos físicos que los Estados Unidos

■ Glaciares del Himalaya retroceden

■ Bacterias de Cuatro Ciéngas y vida extraterrestre

■ Científicos emigran al primer mundo

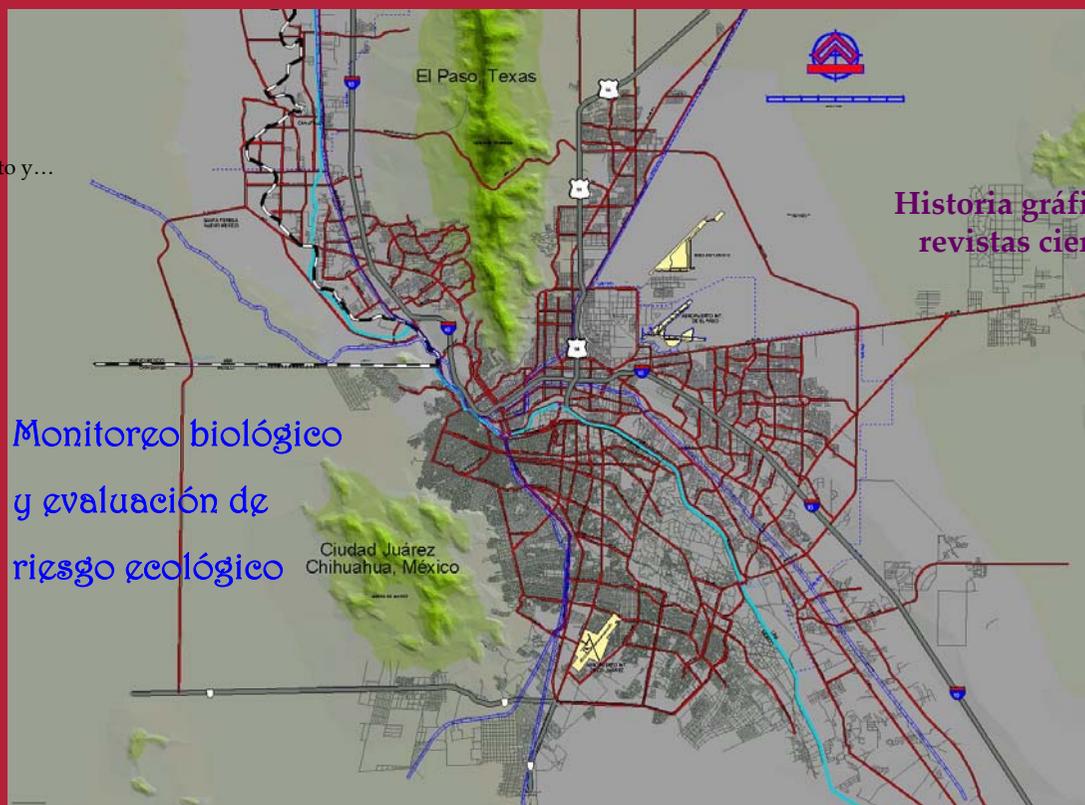
Columnas:

A veces me siento y...

Ba'hui

La Puerta

Publica o Perece



Monitorio biológico  
y evaluación de  
rizsgo ecológico

Historia gráfica de las  
revistas científicas

*Dispersión de contaminantes atmosféricos  
en Ciudad Juárez*

Modelos Multicriterio para la  
Justificación de Inversiones en Robots

CULCyT



## Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Dr. Felipe Fornelli Lafón  
**Rector**

Quím. Héctor Reyes Leal  
**Secretario General**

Dr. Gerardo Reyes Macías  
**Director del IIT**

M.I. Gerardo Sandoval  
**Coord. de Investigación IIT**

### CULCyT

**Fundador y Director Editorial**

Dr. Victoriano Garza Almanza

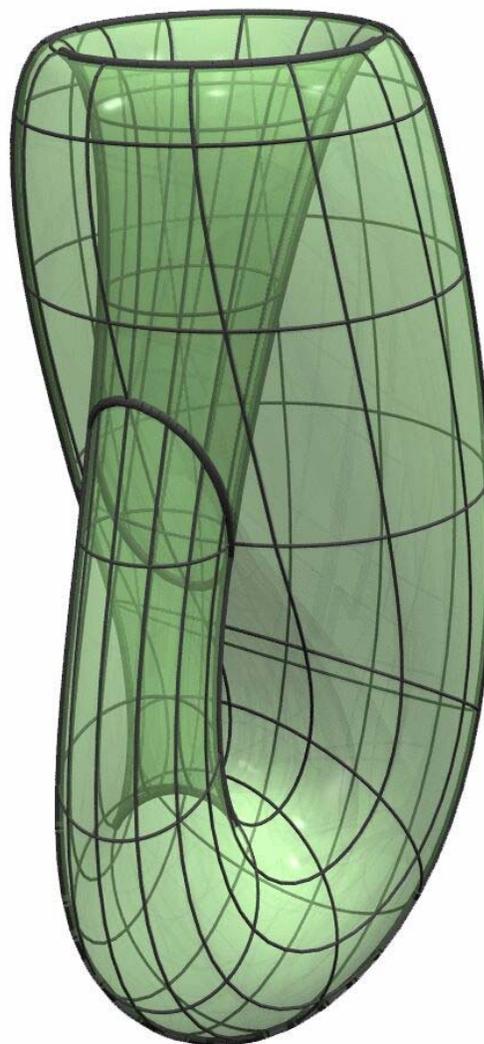
### Comité Editorial

Dr. Mohammad Badii  
Dr. Pedro Cesar Cantú  
MC Luis Felipe Fernández  
Dra. Perla Elvia García  
Dr. Victoriano Garza  
Dr. Victor Hinojosa  
Dr. José Mireles Jr.  
Dr. Barry Thatcher  
Dr. Hugo Vilchis  
Dra. Leticia Villarreal

### Columnas

MC Luis Felipe Fernández.  
Coordinador  
Dr. Victoriano Garza  
Ing. Carlos Martínez  
MC Gerardo Padilla  
Dr. Jorge E. Rodas O.

Portada: Región Juárez – El Paso



*Klien Bottle*

**Cultura Científica y Tecnológica (CULCyT)** es una revista académica multidisciplinaria, publicada bimestralmente por el Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, que tiene como misión contribuir a la formación integral de los jóvenes universitarios y fomentar el interés público por la ciencia y la tecnología. La revista **CULCyT** es editada por el Programa para la Formación de Investigadores del IIT. Registro en trámite. **Oficina:** Av. del Charro 610 Nte. Edificio "E" 213-E. C.P. 32310. Cd. Juárez, Chihuahua. MÉXICO.

Tel/Fax (52-656) 688-48-46.

Correo electrónico: [vgarza@uacj.mx](mailto:vgarza@uacj.mx) y [culcyt@yahoo.com.mx](mailto:culcyt@yahoo.com.mx)

Los autores son responsables de sus textos.

**CULCyT** en línea: <http://www.uacj.mx/IIT/CULCYT/default.htm>



## PORTADA

Región binacional Juárez - El Paso

# CULCyT

Marzo – Abril, 2005

Año 2, N° 7

## CONTENIDO

### EDITORIAL

Carta del Editor

3

### ARTÍCULO PRINCIPAL

Determinación de Plumas de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos en Ciudad Juárez

4

### AMBIENTE

Monitoreo Biológico como Herramienta Esencial en la Evaluación del Riesgo Ecológico

17

### MODELOS

Modelo Multicriterio para la Justificación de Inversiones en Robots

27

### RESEÑA

De las Revistas Universitarias Mexicanas

35

### COLUMNAS

Luis F. Fernández

A veces me siento y pienso... y a veces, nada más me siento

39

Victoriano Garza

Publica o Perece

40

Carlos Martínez

Ba'huí

42

Jorge E. Rodas

La Puerta

43

### NOTAS CIENTÍFICAS

México tiene 100 veces menos físicos que los Estados Unidos

44

Glaciares del Himalaya retroceden por calentamiento global

45

Bacterias en pozos de agua permitirán saber más sobre vida extraterrestre

46

Científicos y universitarios de países pobres emigran al primer mundo

47

### HISTORIA GRÁFICA

Primeras Revistas Científicas de la Historia

48



## El Metabolismo de las Ciudades y la Tecnología

Los establecimientos humanos, desde las más pequeñas aldeas hasta las llamadas megalópolis, constituyen sistemas sociales que interactúan vivamente con el medio en que se encuentran. La materia y la energía que anima a estos sistemas proviene de fuera, pero los residuos que genera su uso y transformación se disponen en el mismo interior o en la periferia de los propios asentamientos, costumbre que ha existido desde el origen mismo del hombre hasta la actualidad.

En este sentido, algunas sociedades han sido históricamente más sucias que otras. Lo más o menos sucio corresponde a una combinación entre la instintiva preocupación por limpiar las propias basuras y esconder las excretas, conducta poco común en muchas culturas pero ampliamente difundida entre diversas especies de animales, y la capacidad de la naturaleza de digerir esos restos a una velocidad tal que impediría su acumulamiento.

Si miramos las diferentes etapas del desarrollo del hombre cultural, encontraremos que éste nunca convivió sustentablemente con su entorno; por el contrario, a la par que evolucionó técnicamente y con sus ideas y herramientas se fue procurando cada vez mejores condiciones de vida, su relación con el medio se polarizó como jamás se había visto en ningún otro organismo. La especie humana incrementó el número de sus individuos, de sus ciudades, de sus demandas de recursos, y de residuos generados. La perdedora fue la naturaleza, que sigue recibiendo los embates del hombre moderno.

Para entender la posición de los sistemas sociales respecto a la naturaleza, el sanitarista Abel Wolman desarrolló, a partir de los modelos fisiológicos de los seres vivos y del funcionamiento de los ecosistemas, el concepto de la urbe como entidad individual viva. A esto le denominó: el “metabolismo de las ciudades”.

El progreso tecnológico que marcha imparable, constantemente ofrece nuevas y sofisticadas herramientas que ayudan a conocer a mayor detalle algunos aspectos de ese metabolismo, como el deterioro de los acuíferos bajo el suelo urbano; las fallas estructurales del sistema de drenaje y su impacto en la salud de los residentes; o las fuentes de contaminación de aire y la dispersión de sus gases y micropartículas. Sin embargo, debo destacar que esa información, ese mayor saber sobre la calidad y riesgos del ambiente en que vivimos, sólo pasará a engrosar la lista de los antecedentes del lugar, y poco uso tendrá en el desarrollo de verdaderas actividades que minimicen el daño cada vez mayor.

**Victoriano Garza Almanza**

## **DETERMINACIÓN DE PLUMAS DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN CIUDAD JUÁREZ MEDIANTE PROGRAMAS DE CÓMPUTO Y LA GUÍA DE RESPUESTA A EMERGENCIA 2000**

MI Renata del Carmen Castro, Dr. Jorge A. Salas Plata, Dr. Héctor Quevedo, MC Gilberto Velázquez  
Maestría en Ingeniería Ambiental y Ecosistemas. Instituto de Ingeniería y Tecnología, UACJ.

### **RESUMEN**

El objetivo principal de esta investigación fue la determinación de plumas de dispersión de contaminantes atmosféricos, por derrames y/o fugas de sustancias químicas durante su transporte por vía férrea en la zona de centro Ciudad Juárez, Chihuahua. Se utilizaron en este estudio los programas de cómputo Quick SLAB, el cual fue diseñado especialmente para Ciudad Juárez, con el objetivo de obtener las plumas de dispersión, así como el programa Arc View y datos del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) con el propósito de definir las zonas geográficas posibles de afectación en caso de accidente. Los resultados principales fueron la determinación de las plumas de dispersión atmosféricas del Ácido Sulfúrico, Ácido Fluorhídrico Anhidro (Fluoruro de Hidrógeno), Amoniacó Anhidro y Gas Butano.

Se concluye que hasta antes del presente estudio, Ciudad Juárez no contaba con información relativa a las plumas de dispersión generadas por derrame y/o fuga de sustancias químicas transportadas por vía férrea. Lo anterior, debido a que no se contaba con una herramienta basada en gráficas delineada para responder a emergencias. El programa de cómputo Quick SLAB, diseñado para

Ciudad Juárez y utilizado en esta investigación, permitió la determinación de las plumas anteriormente mencionadas, por lo que dicho programa es una herramienta útil y sencilla para este tipo de estudios

### **I. INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

La determinación de las plumas de dispersión de contaminantes atmosféricos, producto de accidentes ferroviarios es fundamental para establecer los riesgos a la salud en la población y del equilibrio del medio ambiente. En el caso de Ciudad Juárez, en la actualidad, un tramo de vía férrea atraviesa por el la zona centro, poniendo en peligro vidas humanas e infraestructura física. Esta zona se compone de centros comerciales, gasolineras, centros de educación desde preescolar hasta nivel superior, maquiladoras, templos, parques recreativos y un sinnúmero de establecimientos de servicios. En la localidad no se cuenta con registros sistemáticos y clasificados de sustancias químicas movidas por ferrocarriles (FFCC), ni mucho menos de las cantidades transportadas y del grado de su peligrosidad que representan. No existe una investigación previa acerca de las plumas de dispersión de contaminantes.

### 1.1.1 Transporte ferroviario

Los transportes representaron un papel fundamental en todos los cambios económicos y sociales que se plasmaron durante la Segunda Revolución Industrial. El transporte ferroviario de productos químicos ha adquirido una singular importancia en México durante los últimos años. El crecimiento de la industria de transformación, especialmente en las ramas de la petroquímica, plásticos, detergentes y algunas otras, ha demandado un mayor y mejor servicio de transportación de los productos que consumen o producen las plantas industriales en todo el país. El ferrocarril es, en general, preferible a cualquier otro medio de transporte para mover grandes cargas a distancias medias y largas. Su economía energética, es mayor en comparación al transporte por carretera (Hernández, 1995).

### 1.1.2 Ferrocarriles Mexicanos (Ferromex)

Los principales productos químicos que transporta Ferromex son los siguientes:

- Clase 1: Explosivos
- Clase 2: Gases
- Clase 3: Líquidos inflamables
- Clase 4: Sólidos inflamables; materiales espontáneamente combustibles y peligrosos cuando los materiales se humedecen
- Clase 5: Oxidantes y peróxidos orgánicos
- Clase 6: Materiales tóxicos y sustancias infecciosas

- Clase 7: Materiales radiactivos
  - Clase 8: Materiales corrosivos
  - Clase 9: Materiales peligrosos misceláneos (varios)
- (<http://ferromex.com.mx>., 2003).

### 1.1.3 Transporte de gas butano por vía férrea

El butano comercial es un gas licuado del petróleo compuesto principalmente por butano normal (60%), propano (9%), isobutano (30%) y etano (1%). Se obtiene en yacimientos subterráneos de petróleo. Una vez extraído el crudo se procede a un tratamiento de refinamiento para obtener los distintos productos que provienen de este aceite, entre ellos el gas butano. Su principal aplicación es servir de combustible en hogares para uso de cocina y agua caliente. El gas butano comercial se mide en función de su peso, en kilogramos. Su poder calorífico superior (PCS) es de 11,800 kcal/kg. (<http://www.h-c.es/domestico/gasbutano.htm>, Marzo 2004)

El grupo Fuentes controla la distribución de gas butano en más de 14 estados de la república mexicana. Este grupo tiene su sede en Ciudad Juárez y cuenta con más de siete mil empleados, es uno de los principales clientes de PEMEX en México, y tiene almacenes subterráneos de Gas L.P. en Estados Unidos generando productos que se exportan a diversos países.

Cabe mencionar que el gas butano se utiliza para producir el Gas L.P, producido en estado de vapor; no tiene color, ni olor, es muy flamable, excesivamente frío, limpio, y más pesado que el aire.

La tabla 1 proporciona algunas características de los gases propano y butano.

Tabla 1. Propiedades del Gas Propano y Butano		
	Propano	Butano
Fórmula	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
Presión normal (a temperatura ambiente)	9 kg/cm <sup>2</sup>	2 kg/cm <sup>2</sup>
Punto de ebullición	-42 °C	0 °C
Poder calorífico	11657 cal/kg	11823 cal/kg
Peso específico	508 g/L	584 g/L

Fuente: <http://www.h-c.es/domestico/gasbutano.htm>, 2004.

La compañía Transportadora Central de Chihuahua contrata a Ferromex para el transporte del gas butano que, en forma de gas LP, se comercializa en la ciudad. El horario de transporte, en la zona de estudio, es a partir de las 12 pm. Se mueven de cinco a 20 tanques de 20 mil litros cada uno. El destino (transvase) del gas se encuentra en el Km 25 de Ciudad Juárez. Los dispositivos de seguridad para realizar la operación de transvase son motobombas, extinguidores, cables para aterrizar y sistema de paro automático (Alderete, 2004).

#### 1.1.4 Productos químicos tóxicos

El avance de la química en el último siglo, ha permitido sintetizar un gran número de sustancias, existiendo actualmente más de cuatro millones de productos químicos (entre sintéticos y naturales), de los cuales más de 60,000 se usan en aplicaciones agrícolas, silvícolas, industriales, domésticas, medicinales, etc. Cada año se comercializan aproximadamente unos 100 productos nuevos. Sin embargo, los productos químicos, han planteado nuevos peligros y riesgos para el hombre y el medio ambiente. Estos riesgos no son fáciles de evaluar.

Las exposiciones cortas pero con emisiones elevadas de determinados productos pueden causar

envenenamiento, intoxicaciones y alteraciones graves en un breve plazo. Las exposiciones prolongadas a bajas dosis pueden ocasionar enfermedades crónicas pulmonares, crónico degenerativas, como el cáncer, esterilidad y otros problemas, entre los que hay que destacar las posibles malformaciones congénitas por el carácter mutagénico de algunos productos (Tarrío, 1993).

## 2. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica y hemerográfica y utilizaron las siguientes herramientas metodológicas: investigación de campo, programa de cómputo Arc View con bases de datos del Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (INEGI), entrevistas a funcionarios de instituciones públicas y privadas, Guía de Respuestas a Emergencias 2000 y el programa de cómputo Quick SLAB.

### 2.1 Revisión bibliográfica y hemerográfica

Esta revisión incluyó una revisión periodística de los accidentes ocurridos con sustancias químicas en la ciudad, entre el período 1999-2003. Los periódicos examinados fueron El Diario de Juárez, y el Diario de la Frontera. En total se encontraron 10 artículos

---

relevantes. La mayoría de las notas se refieren a fugas de gas L.P.

## 2.2 Investigación de campo

Esta búsqueda consistió en varios recorridos físicos por la zona de estudio. Se realizaron entrevistas para conocer los horarios de transporte de sustancias químicas por FFCC, la densidad de tránsito de personas y vehículos, actividades productivas y el nivel socioeconómico de la población que transita por dicha zona.

La zona de estudio elegida fue el centro de Ciudad Juárez debido al tránsito de personas en la zona y al número de comercios que se encuentran localizados en este sitio, haciendo de este una potencial área de alto riesgo en caso de un derrame y/o fuga de sustancias químicas peligrosas. El área de estudio comprende la avenida principal Francisco Villa entre las calles David Herrera Jordán y Municipio Libre, después del puente de la estación del ferrocarril. Entre las calles mencionadas se encuentran las calles Ignacio Mejía, 16 de Septiembre y Vicente Guerrero. La zona elegida está básicamente compuesta de centros comerciales como ópticas, tiendas de arte y decoraciones, mercerías, restaurantes, abarrotes, librerías, hoteles, papelerías, mueblerías, paletearías, billares, bares, correo, puestos de comida y dentistas. Estos centros comerciales y de servicios se encuentran entre las avenidas Manuel Bernal, Galena y Lerdo. En la calle Ignacio Peña, se observan los edificios de correos, mueblerías, mensajerías, Diario El Mexicano, librerías, puestos de comida, bares y casas habitación. En las calles Vicente Guerrero y Francisco Villa, se tienen centros comerciales, el Centro de Salud, nevarías, tiendas de ropa, hoteles, estacionamiento de la ex-aduana, tiendas de calzado y artículos para el

hogar. Este es un punto de partida de las rutas 4, 2 Lázaro, 5A, Central Líneas de Juárez (Valle de Juárez), Oriente-Poniente, Circunvalación, Juárez Zaragoza y central de sitio de taxis.

Se observa que en promedio a las 4:00 pm y en fines de semana se tiene un tránsito de peatones de entre 10 y 27 personas por minuto, vehículos particulares de 20/min y camiones de transporte 4/min.

## 2.3 Programa de cómputo Arc View y bases de datos de INEGI

El uso de estos instrumentos metodológicos permitió desarrollar mapas de ubicación de la zona de estudio señalando las cantidades de hospitales, gasolineras, centros de estudio de escuelas preescolares, primarias, secundarias y preparatorias, templos, comercios, maquiladoras y estaciones de bomberos.

## 2.4 Entrevistas a funcionarios

Se entrevistó al Gerente de Ferromex en Ciudad Juárez a través de quien se obtuvo información con relación al tipo de sustancias movidas por esa empresa en la zona de estudio. También se hizo el contacto con el Gerente de Ingeniería Ambiental de la Planta Solvay de México S.A. de C.V, solicitándole información con relación a las sustancias químicas transportadas por vía férrea que se utilizan en dicha empresa como materia prima en la producción ácido sulfhídrico. Se llevó a cabo entrevista con un empleado de la empresa Zeta, distribuidora de gas L.P. proporcionando la información con relación a las compañías que llevan el gas de la estación de transvase a las empresas gaseras de la ciudad. Otra institución entrevistada fue el Departamento de Bomberos de Ciudad Juárez, por medio del

supervisor general, el cual suministró datos cualitativos. Por último, se llevó a cabo entrevista con el supervisor general de Protección Civil del Departamento de Rescate del Gobierno Municipal, mismo que dio información cualitativa.

## 2.5 Guía de Respuestas a Emergencias 2000

Esta Guía está compuesta de varias secciones siendo una de las más importantes la sección naranja sobre peligros potenciales a la salud, seguridad pública y evacuación. Otra sección primordial es la azul donde se proporciona el número de identificación de transporte, mismo número que es

reconocido internacionalmente. Se cuenta con otra sección, que es la verde, donde se indica la distancia en metros, pies, kilómetros y millas a las que se deben aislar a la población dependiendo del tipo de accidente por el químico transportado.

La tabla 2 se refiere al nombre del material, el número de guía correspondiere y el número de identificación de transporte conocido internacionalmente y que en los carro-tanques van dentro de un rombo. Los químicos señalados en la tabla corresponden a las sustancias transportadas por FF.CC. de interés para este estudio.

Nombre del Material	Número de Guía	Numero de identificación
Ácido sulfúrico, fumante	137	1831
Ácido sulfúrico, fumante con menos del 30% de trióxido de azufre libre.	137	1831
Ácido sulfúrico, fumante con no menos del 30% de trióxido de azufre libre.	137	1831
Ácido sulfúrico, residual	137	1831
Mezclas de ácido sulfúrico y ácido fluorhídrico.	157	1786
Oleum	137	1831
Olem, con menos del 30% de trióxido de azufre libre.	137	1831
Olem, con no menos del 30% de trióxido de azufre libre	137	1831
Amoniaco, anhidro	125	1005
Amoniaco, anhidro, licuado	125	1005
Ácido fluorhídrico	157	1790
Ácido fluorhídrico, anhidro	125	1052
Ácido fluorhídrico, solución de	157	1790
Ácido fluorhídrico y ácido sulfúrico, mezclas de	157	1786
Ácido fluorosilícico	154	1778

Fuente: Los autores con base en la Guía de Respuestas a Emergencias, 2004



Número de Guía y de identificación seleccionados para propósitos del estudio.

## 2.6 Áreas Geoestadísticas Básicas (Agebs)

El archivo de Agebs de INEGI es el concentrado de información de la población actual (INEGI, 2000) en Ciudad Juárez. La información incluye edades, servicios urbanos etcétera y viene dada por secciones urbanas con su respectiva clave de identificación.

Existe la opción de compartir información con el Arc View. Mediante este instrumento, se determinó la población total afectada en caso de accidente, así como las viviendas, hospitales, escuelas, templos, comercios, maquiladoras, parques, etcétera. La tabla 3, muestra la información anterior.

Tabla 3. Infraestructura física potencialmente afectada por derrames de sustancias químicas			
Infraestructura	Ácido Sulfúrico y Oleum (5.6 km)	Ácido Fluorhídrico (2.9 km)	Amoniaco Anhidro (1.1 km)
Hospitales	49	18	2
Gasolineras	18	8	2
Escuelas Preparatorias	21	6	3
Escuelas primarias	73	23	5
Escuelas preescolar	54	17	2
Templos	14	4	0
Comercios	11	8	1
Maquiladoras	25	11	3
Parques	2	0	0
Estaciones de bomberos	3	0	0

Fuente: Los autores, con base en el archivo de Agebs y del programa Arc View

## 2.7 Programa de cómputo Quick SLAB

El programa Quick SLAB es una herramienta de cómputo basada en gráficas, y diseñada para responder a emergencias de derrames de materiales peligrosos. El modelo de dispersión atmosférica fue desarrollado por Lawrence Livermore del Laboratorio Nacional. El modelo Quick SLAB está integrado con un sistema de mapas, y estos mapas interactivos muestran áreas de puntos potenciales de liberación tóxica, tipos y cantidades, y lugares de comunidades altamente habitadas como escuelas, casas, hospitales, y negocios que pueden estar expuestas a sustancias tóxicas (Quick SLAB, 2003).

### 2.7.1 Íconos interactivos

Se cuenta con símbolos gráficos llamados íconos interactivos en el mapa base de Ciudad Juárez del programa de cómputo Quick SLAB, que son: propiedades de la comunidad y peligros químicos.

- Las propiedades de la comunidad se define como áreas donde se encuentra la población (edificios, escuelas, hospitales, centros comerciales, etcétera).

- El icono de peligro químico simboliza instalaciones, fábricas o bodegas donde se almacenan químicos peligrosos.

### 2.7.2 Datos químicos

Para que el programa de cómputo Quick SLAB realice el cálculo de las plumas de dispersión atmosféricas requiere la selección del compuesto químico derramado, por nombre químico; con ello se obtienen automáticamente las características químicas de las sustancias, siendo las siguientes:

- Peso molecular ( kg/mol )
- Capacidad de calor a presión constante ( J/kg-°K )
- Temperatura de ebullición ( °K )
- Calor de vaporización ( J/kg )
- Capacidad calorífica líquida ( J/kg-°K )
- Densidad del líquido ( kg/m<sup>3</sup> )
- Límite tóxico ( IDLH )

### 2.7.3 Datos meteorológicos

Los siguientes datos meteorológicos que se utilizan en la aplicación del programa Quick SLAB se deben introducir, para obtener las plumas de dispersión atmosféricas en el momento que se produce el derrame y/o fuga del compuesto químico transportado o almacenado.

- Altura a la cual es medida la velocidad del viento ambiental ( m )
- Velocidad del viento promedio a la altura anterior ( m/s )
- Dirección del viento medido en grados (conforme a las manecillas del reloj)
- Temperatura ambiente ( °C )
- Humedad relativa ( % )
- Clase de estabilidad del viento

### 2.7.4 Otros parámetros requeridos por el Quick SLAB

Los parámetros que se deben introducir al momento en que ocurre el derrame y/o la fuga son los siguientes:

- Dirección del derrame y/o fuga (vertical y/o horizontal )
- Profundidad. Si aplica (cm)
- Forma del derrame:
  - a) Redondo. Establecer el diámetro (cm)
  - b) Cuadrado. Establecer el ancho y largo (cm)

### 2.7.5 Parámetro de cálculo

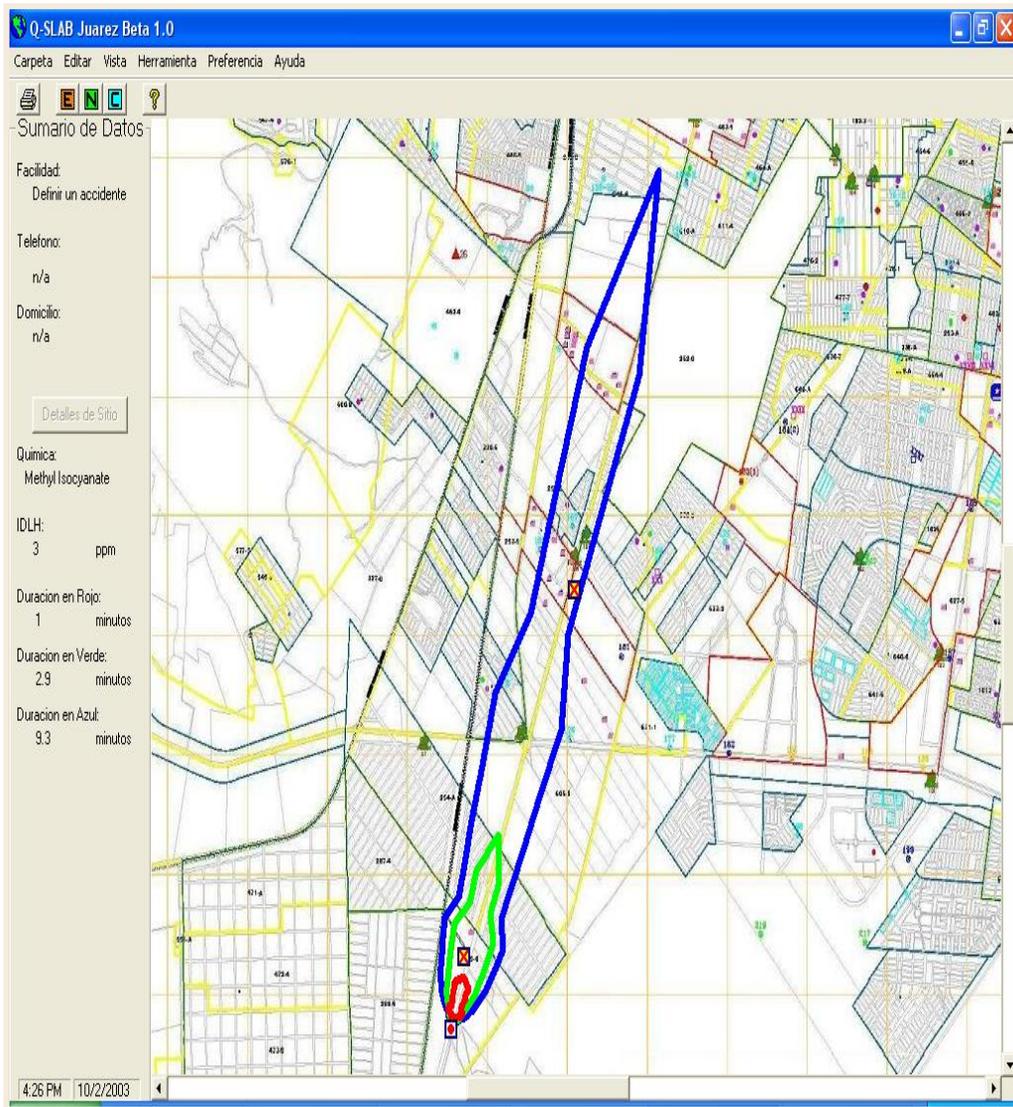
El programa Quick-SLAB presenta una ventana llamada parámetro de cálculo, donde permite introducir al usuario la longitud máxima para el cálculo de la pluma de dispersión atmosférica del compuesto químico derramado; la unidad de medida es en metros, sin embargo el programa de cómputo da una opción de longitud en el momento de accederla.

### 2.7.6 Pluma gráfica

Quick SLAB define las zonas de nivel de concentración dañina para las personas y las áreas geográficas de afectación de acuerdo con las siguientes zonas (Ver Figura 1):

- Zona roja. Marca el área contaminada 100 o más veces el nivel IDLH
- Zona verde. Marca el área contaminada 10 o más veces el nivel IDLH
- Zona azul. Marca el área contaminada igual o mayor que el nivel IDLH  
IDLH = Peligro inmediato para la salud y la vida (por sus siglas en inglés).

Figura 1. Ejemplo de aplicación elaborado por los autores. Pluma de dispersión en el Quick SLAB.



Para poder hacer uso del programa de cómputo Quick SLAB, fue preciso obtener datos meteorológicos (tabla 4), provenientes de la estación meteorológica CAMS 12 de la ciudad de El Paso, Texas, que se encuentra en la Universidad de Texas

en El Paso, así como de la estación C41 de El Chamizal. El período de estudio fue de 1999 al 2004. ([http://www.tnrc.state.tx.us/cgi-bin/monops/monthly\\_summary](http://www.tnrc.state.tx.us/cgi-bin/monops/monthly_summary))

Tabla 4. Datos meteorológicos de la estación CAMS 12 (UTEP) y Chamizal C41 para el cálculo de plumas de dispersión del Quick SLAB Período 1999-2004.

AÑO	MES	Temp. °C		Vel. m/s		Grados		Hum. Rel. %	
		Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
1999	ene	25.06	-1.61	11.67	0.49	343	0	100.00	16.60
	feb	24.22	0.39	9.39	0.40	341	1	81.50	8.20
	mar	27.11	4.17	10.64	0.54	353	2	82.90	15.30
2000	mar	26.00	3.06	11.04	0.36	356	5	100.00	15.90
	abr	34.28	7.11	9.34	0.45	351	7	100.00	13.60
	may	37.61	12.44	8.76	0.45	355	2	57.30	22.20
2001	jun	38.00	18.17	8.94	0.76	357	1	100.00	15.40
	mar	26.00	3.06	10.46	0.36	357	1	88.70	5.90
	abr	34.28	7.11	13.23	0.63	360	2	67.90	5.70
2002	may	37.61	12.44	8.31	0.58	359	5	77.60	5.40
	jun	38.00	18.17	8.18	0.67	356	6	82.00	5.30
	mar	27.39	3.61	9.61	0.49	355	1	61.50	3.60
2003	abr	31.11	3.50	10.55	0.63	356	9	70.10	4.30
	may	36.44	11.11	8.81	0.54	349	6	62.00	2.30
	jun	37.67	19.11	8.90	0.58	353	2	66.80	2.50
2004	mar	27.39	3.17	10.68	0.45	359	1	87.20	6.80
	abr	29.44	6.89	12.38	0.49	360	36	70.30	4.50
	may	35.89	12.72	9.48	0.54	354	7	66.50	3.40
2004	jun	37.44	17.50	9.25	0.63	353	1	83.30	5.20
	feb	23.78	-3.00	8.99	0.49	360	2	90.20	9.50
	mar	30.22	2.28	9.21	0.45	360	1	91.40	6.50
2004	abr	28.89	4.78	8.90	0.63	356	1	91.20	4.90
	may	34.33	10.83	7.64	0.72	359.00	28	62.10	6.00
TOTAL		728.17	177.00	224.36	12.29	8162	127	1840.5	189
PROME-DIO		31.66	7.70	9.75	0.53	354.87	5.52	80.02	8.22

Fuente: Los autores, con base en los datos meteorológicos de las fuentes citadas. 2004

#### Estación Chamizal C41

La tabla 5 muestra un resumen de los datos meteorológicos máximos y mínimos de la tabla 4.

Temperatura (°C)		Velocidad del viento (m/s)		Grados		Humedad relativa %	
Max.	31.66	Max.	9.75	Max.	354.87	Max.	80.02
Min.	7.7	Min.	0.53	Min.	5.52	Min.	8.22

### 3. RESULTADOS

En seguida presentan las plumas de dispersión del Ácido Sulfúrico, Ácido Fluorhídrico, Amoniaco Anhidro y el Gas Butano, mediante las figuras 2, 3, 4 y 5.

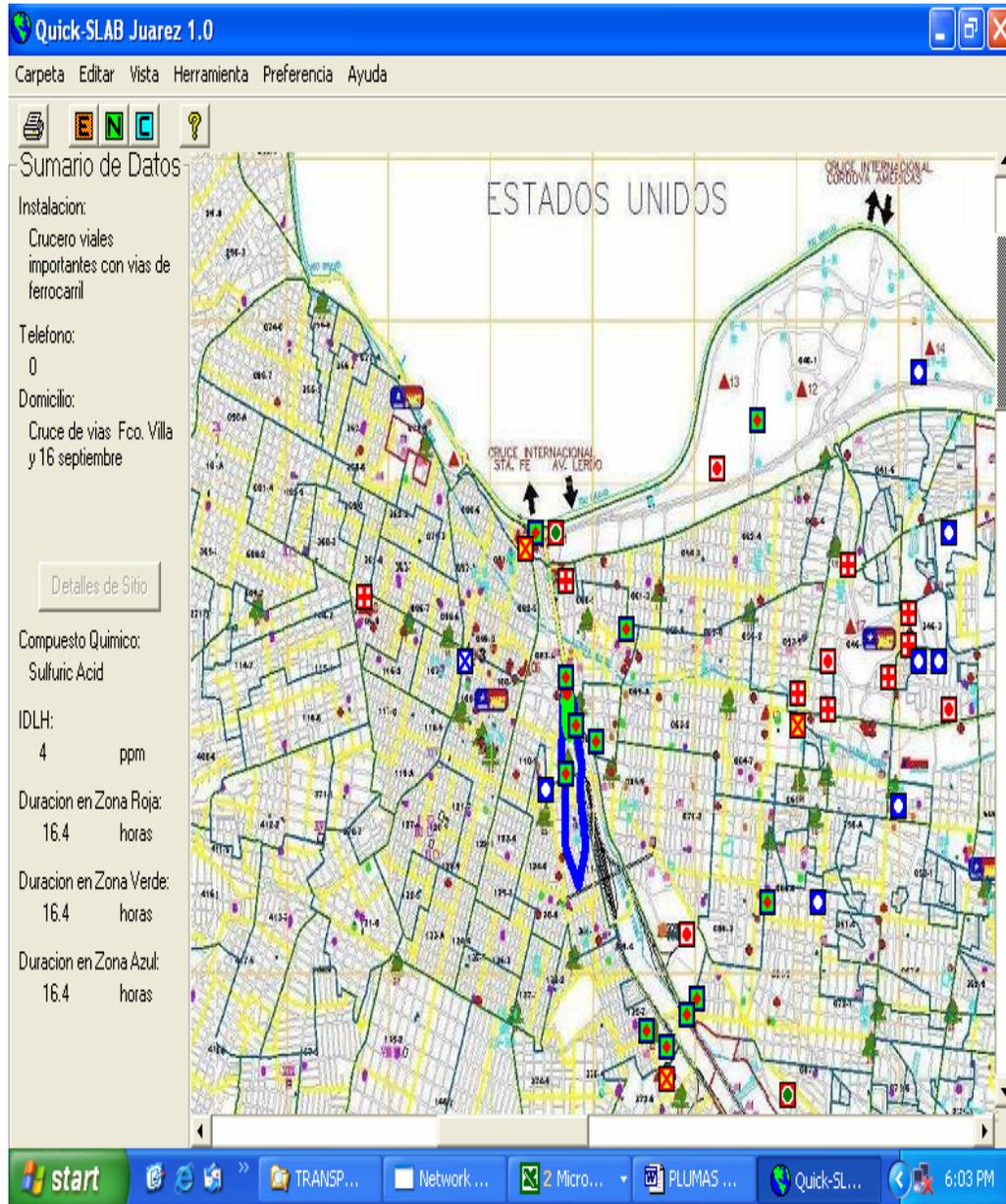


Fig. 2. Pluma de dispersión de Ácido Sulfúrico elaborada con Quick SLAB. 2004



Fig. 3. Pluma de dispersión de Ácido Fluorhídrico elaborada con Quick SLAB. 2004

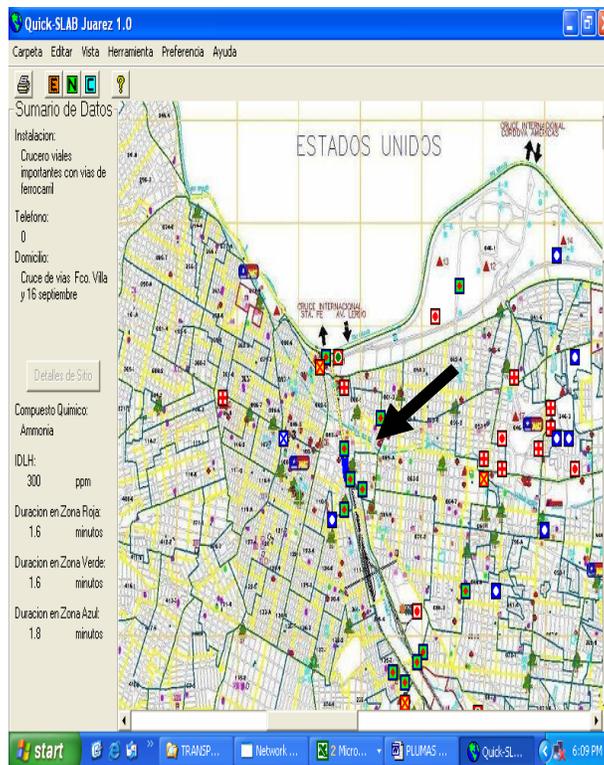


Fig. 4. Pluma de dispersión de Amonia Anhidro elaborada con Quick SLAB. 2004

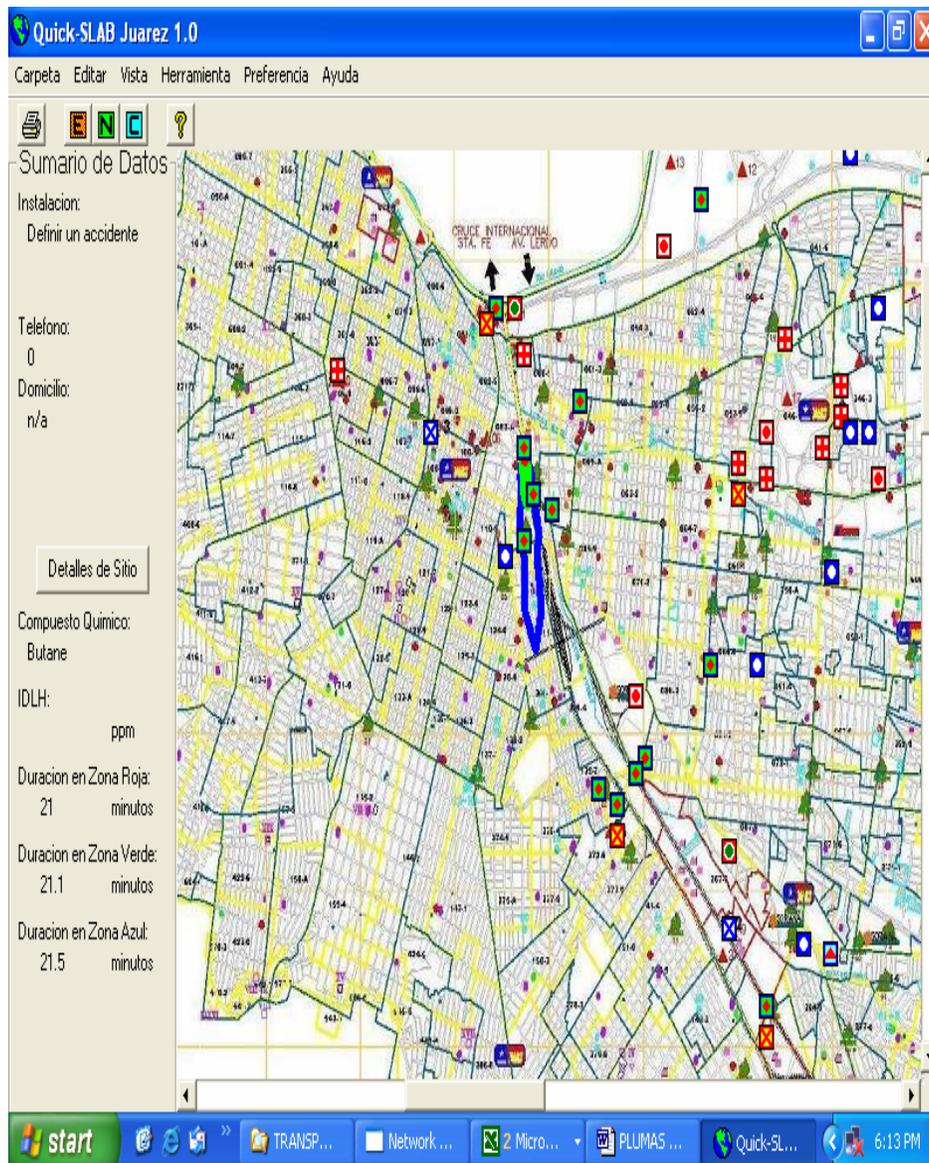


Fig. 5. Pluma de dispersión de Gas Butano. Elaborada con Quick SLAB. 2004

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Hasta antes del presente estudio, Ciudad Juárez no contaba con información relativa a las plumas de dispersión generadas por derrame y/o fuga de sustancias químicas transportadas por vía férrea. Lo anterior, debido a que no se contaba con una herramienta basada en gráficas y delineada para responder a emergencias. El programa de cómputo

Quick SLAB, diseñado para Ciudad Juárez y utilizado en esta investigación, permitió la determinación de las plumas anteriormente mencionadas, por lo que dicho programa es una herramienta útil y sencilla para este tipo de estudios. Cabe mencionar que dichas plumas se definieron para una estación del año y con base en promedios de los datos de las estaciones meteorológicas utilizadas. Lo

anterior significa que para una situación particular de condiciones meteorológicas específicas, se deberá determinar la pluma correspondiente. Con relación al uso del programa de cómputo Arc View, se encontró útil para determinar la infraestructura urbana posible de ser afectada por el transporte de sustancias químicas. En este trabajo se proporcionaron datos numéricos al respecto.

## 5. REFERENCIAS

- Aldetere Gregorio. 2003. Com. Pers. Transporte de Gas L.P. Ciudad Juárez Chih.
- Álvarez, Rogelio José. 1987. Enciclopedia de México. Tomo 13 Sindicalismo. Ulúa. Ed CEEMSA. México. pp. 7321-7902.
- Arc View. 2003. Programa de Cómputo.
- Caballero, Edith. 1999. Provoca Alarma fuga de Gas. El Diario de Juárez, Chih.
- Casasola, Gustavo. 1992. Historia Gráfica de la Revolución Mexicana. Tomo I. Ed. Trillas. pp. 367.
- Castañón, Leos Araly. 1999. Negocia el alcalde con Ferromex retiro de vías. El Diario de Juárez, Chih.
- CEPIS. 2003. (<http://www.cepis.ops.-oms.org>).
- Departamento de Transporte de los Estados Unidos Administración de Estudios y Programas Especiales, Transporte de Canadá Seguridad y Materiales Peligrosos, Secretaría de Comunicaciones y Transportes Guía de respuesta en caso de emergencia. 2000. Ed. Label master. pp. 415.
- Díaz, Rosalía. 2003. Com. Pers. Supervisor líder de ingeniería Ambiental.
- Enríquez, Javier. 2003. Com. Pers. Bomberos. Ciudad Juárez, Chih.
- Ferromex. 2003. ([http:// Ferromex.com.mx](http://Ferromex.com.mx) ).
- Gas Butano. 2004. ( <http://www.h-c.es/domestico/gasbutano.htm>).
- Guía de Respuesta a Emergencia. 2000. Departamento de Transporte de los Estados Unidos.
- Hernández Fernández, Santiago. 1995. Ecología para ingenieros. El impacto ambiental. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 2da edición. Ed grafaffset.
- Hernández Bautista, Pablo. 2003. Escenifican en PEMEX simulacro de accidente. El Diario de Juárez.
- INEGI 2000. Agebs. Bases de datos Censo 2000.
- Ley General de Salud. 2003. Secretaría de Salud. (<http://www.ss.gob.mx>).
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). 2000. Materia de Impacto Ambiental. CAPII.
- Livermore, Lawrence. 2004. Quick-Slab. Laboratorio Nacional. Departamento de Energía.
- Meléndez, Oscar. 2003. Comunicación Personal. Protección Civil. Ciudad Juárez, Chih.
- Nebel, Bernard J. 1999. Ciencias Ambientales. Ecología y desarrollo sostenible. ed. sexta. Ed. Pearson Educación. México. pp.698.
- Perry, Robert H. 1992. Manual del Ingeniero Químico. Ed Mc Graw Hill. Ed Sexta. Tomo I. pp. 1-1,1-29.
- Pirenne, Jacques. 1973. Historia Universal. Las grandes corrientes de la historia. Tomo VI El siglo XIX Progresista y Colonista, Ed. Éxito, Barcelona, España.
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. et.al. (1998-2002). Programa de Gestión de la Calidad del Aire de Ciudad Juárez, Chih.
- Ramos, Roberto. 1999. Cercan dos horas avenida de las industrias. Fuga de gas afecta a cinco colonias. El Diario de Juárez, Chih.
- Reglamento del Transporte Ferroviario. 2003. (<http://www.sct.gob.mx>)
- Rodríguez, Armando. 1999. Se registra incendio en empresa. El Diario de Juárez, Chih.
- Sáenz, Ernesto. 2003. Com. Pers. Solvay, Ciudad Juárez, Chih.
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT). (<http://www.sct.gob.mx>)
- Tarrio Reza, Felipe. 1993. Tratado Universal del Medio Ambiente. Vol.4. Ed. primera. Ed REZZA. España. pp. .386-511.
- Villa, Héctor. 2003. Com. Pers. Ferromex, Chih.
- Zavala, Oswaldo. 1999. Denuncia Almacén Tóxico. El Diario de Juárez, Chih.

## Monitoreo Biológico como Herramienta Esencial en la Evaluación del Riesgo Ecológico y el Impacto Ambiental

Ph.D. Mohammad H. Badii<sup>1</sup> y  
Dr. Victoriano Garza Almanza<sup>2</sup>

### Análisis de Riesgo Ecológico

#### Origen, Generalidades y su relación con el Riesgo Ambiental.

El denominado riesgo ambiental, que comúnmente es llamado en Español *análisis de riesgo ambiental*, y en Inglés *environmental risk analysis*, ha sido tema central en las evaluaciones ambientales que son requeridas por las autoridades en los nuevos proyectos de desarrollo e, incluso, también son requeridas en aquellos proyectos que están en marcha desde hace décadas y que por su naturaleza tienen la “probabilidad” de causar algún daño al ambiente en distintos grados o intensidades.

Es importante apuntar que el enfoque principal dado al análisis de riesgo ambiental coincide, en cierta medida, con otros procedimientos de evaluación del ambiente como es la *evaluación del impacto ambiental*. En ésta dicotomía, los conceptos de *riesgo* e *impacto* son análogos, excepto que, por convención *impacto* se refiere usualmente a los efectos sobre el ambiente natural y al bienestar humano, mientras que *riesgo* se refiere particularmente a los efectos sobre la salud humana (Garza Cuevas et al., 1998).

La evaluación del *riesgo ecológico* se inicia, en los Estados Unidos, en la década de los ochenta, cuando se identificó la necesidad de iniciar la implementación de técnicas de evaluación para determinar el impacto que sobre el medio ejercían las actividades humanas, principalmente en actividades que involucraban a grandes extensiones superficiales y, por consiguiente, a numerosos organismos. De tales estudios se inició una metodología que de

manera incipiente intentaba determinar los daños causados a las comunidades en los distintos niveles de la organización biológica, desde poblaciones, hábitats y ecosistemas.

De estos esfuerzos se procedió a elaborar un planteamiento a las autoridades ambientales, mismo que en 1992 se convirtió en la llamada *evaluación de riesgo ecológico*. De este modo, el riesgo ecológico se define como el procedimiento para calcular la probabilidad de ocurrencia de que un impacto negativo se presente en cualquiera de los elementos de un ecosistema pudiendo ser ejercido en las especies individuales, en grupos de especies o en diferentes niveles tróficos. En cambio, la evaluación del impacto ambiental intenta determinar la magnitud o intensidad de los efectos negativos (y de acuerdo a algunos autores también efectos positivos), con base en diferentes métodos de medición o de estimación y no solamente utilizando la probabilidad de ocurrencia de los posibles eventos.

El concepto de riesgo, implica la probabilidad de un efecto negativo sobre la salud humana, el medio ambiente y/o la propiedad, así como el grado de peligro involucrado. Una definición de riesgo para el presente trabajo puede establecerse de la siguiente manera: *la probabilidad de que se produzcan efectos adversos a la salud o al ambiente, por la exposición o difusión de productos químicos tóxicos o peligrosos* (Bartell, 1992).

A fin de reducir los riesgos asociados a la contaminación, el análisis de riesgo debe llevarse a cabo de forma que se comprenda la naturaleza y magnitud de las consecuencias negativas y no deseadas de la contaminación sobre la salud humana, sobre la calidad del medio ambiente y sobre la propiedad.

En particular, el concepto de riesgo ecológico está referido al impacto de las actividades humanas hacia el medio ambiente; es decir hacia todos los organismos vivos de un área determinada y del medio físico-químico que se ven afectados por la convivencia cercana con el hombre (Brock, 1994).

Los primeros estudios ambientales se enfocaron en los efectos causados por las sustancias químicas sobre la salud, cuando se detectó que algunos trabajadores de fábricas presentaban enfermedades con síntomas similares o bien que existía una gran similitud en

<sup>1</sup> Profesor Investigador. Ap.391, San Nicolas, N. L., 66450, México. E-Mail: mhbadii@yahoo.com.mx

<sup>2</sup> Profesor Investigador. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. E-Mail: vgarza@uacj.mx

los tipos de enfermedades que presentaban, algunas de las cuales cobraron vidas. En la actualidad, sabemos que existen sustancias que en determinada concentración pueden causar daños a los organismos que entran en contacto con ellas, sin embargo, es pertinente mencionar que existen diferentes agentes contaminantes de acuerdo a su naturaleza, de esta manera, distinguimos entre contaminación biológica, contaminación física y contaminación química. La contaminación biológica es ocasionada por virus, bacterias, protozoarios, hongos y plantas; la contaminación física es ocasionada por calor, ruido y radiaciones, y finalmente la contaminación química es provocada por compuestos de hidrocarburos, metales y plaguicidas, entre otros (van Belle et al., 1996).

Hablar del inicio de la contaminación química, es remontarnos en el tiempo hasta la revolución industrial, cuando se inician estos problemas. En un principio, la contaminación estaba delimitada a las pocas zonas industriales existentes y por tal motivo el daño que causó no fue evidente y no hubo gran preocupación al respecto. Sin embargo, fue con los desarrollos tecnológicos propiciados por las guerras mundiales que la sociedad de aquella época se percató de los problemas propios de las zonas industrializadas del mundo. De la atención que se brindó al estudio de las sustancias tóxicas y a sus efectos en el hombre, se han originado nuevas disciplinas en diversas áreas del conocimiento, tales como la ecotoxicología, la toxicología ambiental, la química analítica ambiental y los estudios de riesgo ambiental. Esta última área, nace como una respuesta para determinar la probabilidad de efectos adversos a los que está sujeta determinada población humana que se encuentra o pudiera encontrarse en contacto con algún agente químico tóxico.

El esquema de evaluación del riesgo ambiental es practicado desde 1983 en los Estados Unidos y está documentado en el reporte del Consejo Nacional de Investigación (National Research Council, NRC, 1983). Este se fundamenta en 5 cuestiones:

1. ¿Existe algún problema? (identificación del peligro)
2. ¿Cuál es la naturaleza del problema? (evaluación de la dosis-respuesta)
3. ¿Cuántos habitantes son afectados? (evaluación de la exposición)
4. ¿Cómo podemos resumir y explicar el problema? (caracterización del riesgo)
5. ¿Qué podemos hacer acerca del mismo? (manejo del riesgo)

No obstante, se presentó un crecimiento en el interés sobre la evaluación del riesgo en el ecosistema, el cual fue llamado *evaluación del riesgo ecológico*, para lo cual la EPA en 1992 documentó el *Marco de Referencia para la Evaluación del Riesgo Ecológico* (USEPA, 1992), el cual fue reemplazado en septiembre de 1996 por la *Guía para la Evaluación del Riesgo Ecológico* (USEPA, 1996). En este documento la EPA modifica la terminología referente a la evaluación de la salud humana e incluye los procesos para evaluar *la probabilidad de que efectos ecológicos adversos puedan ocurrir o estén ocurriendo como resultado de la exposición a uno o más factores de alteración*, y en el marco de referencia las preguntas son muy semejantes a las utilizadas en la evaluación del riesgo ambiental (a la salud humana).

¿Existe algún problema? (formulación del problema)

¿Cuál es la naturaleza del problema? (caracterización de la exposición y caracterización de los efectos ecológicos)

¿Cómo podemos resumir y explicar el problema? (caracterización del riesgo)

¿Qué podemos hacer acerca del mismo? (manejo del riesgo)

Por infortunio, la mayoría de las evaluaciones de riesgo aún considera el esquema de un sólo efecto, derivado de una sola fuente o causa, ignorando la multiplicidad de factores a los cuales están expuestos los seres humanos y por ende, los sistemas ecológicos.

Por otra parte, el punto de vista antropocéntrico del riesgo por las sustancias tóxicas, prevaleció durante años y únicamente se enfocaron los estudios toxicológicos y las evaluaciones de daños ocasionados por dichos agentes químicos a lo que le ocurría o podía ocurrir a los seres humanos. Para la evaluación de riesgo ambiental, algunas dependencias encargadas de la protección al ambiente en los Estados Unidos han evaluado los efectos potenciales en la salud y establecieron estándares de exposición, donde cada agencia usa una variación de una metodología general referida a la evaluación del riesgo. Estas metodologías incluyen, de manera general, las siguientes fases:

- caracterización de los tipos de efectos esperados en la salud
- caracterización de la exposición
- evaluación de estudios experimentales (en animales y/o epidemiológicos)
- caracterización de las relaciones entre dosis y respuesta

- estimación del riesgo de ocurrencia de efectos en la salud
- estimación del número de casos esperados
- caracterización de la incertidumbre de los análisis
- recomendación de concentraciones aceptables en aire, alimentos y agua

En términos generales la evaluación de riesgo puede ser definida como el proceso de asignación de magnitudes y probabilidades para los efectos adversos de las actividades humanas o de las catástrofes naturales. Este proceso involucra la identificación de peligros tales como derrames de químicos tóxicos en aguas superficiales que mantienen actividades pesqueras, utilizando mediciones, pruebas y modelos estadísticos para cuantificar las relaciones entre el evento inicial y sus efectos.

El estímulo para adoptar la evaluación del riesgo como un componente fundamental para la toma de decisiones en materia ambiental, es el reconocimiento de:

a) el costo de eliminar todos los efectos ambientales de las actividades humanas es muy alto, y

b) de que las decisiones reguladoras se deben hacer tomando como base que la información científica es incompleta.

El objetivo de las regulaciones ambientales basadas en el riesgo, es balancear el grado de riesgo permitido contra el costo de la reducción y contra los riesgos alternativos. La necesidad de hacer este balance está implícita en el lenguaje de la legislación ambiental como las regulaciones impuestas por la FIFRA el “Acta Federal de insecticidas, fungicidas y roenticidas” (Por sus siglas en inglés) o como el TOSCA “acta del control de sustancias tóxicas”, que hablan de la protección por un “riesgo no razonable”.

En el cuadro 1 se comparan las etapas generales de la evaluación del riesgo ecológico y el análisis de riesgo ambiental clásico. La evaluación de riesgo tiene algunas ventajas en decisiones que se toman en materia ambiental:

- Provee las bases cuantitativas para comparar y priorizar riesgos. Sí, como es usualmente el caso de que todas las alternativas tienen

propiedades riesgosas, no es posible hacer una elección sin antes caracterizar los riesgos.

- Provee un medio sistemático para mejorar la comprensión de los riesgos. La investigación puede ser priorizada mediante la identificación y comparación de las incertidumbres asociadas con la caracterización de los diferentes pasos en la cadena causal que va desde el evento inicial hasta el efecto final.
- Expresa los resultados como probabilidades. La evaluación de riesgo reconoce las incertidumbres inherentes derivadas de la predicción de estados ambientales futuros, es por ello que se facilita la credibilidad de la evaluación del riesgo.
- Da aseveraciones concisas desde tasas de muerte por cáncer hasta probabilidades de bancarrota. Esto contrasta otros puntos de vista que son ambiguos, tales como “integridad del ecosistema”.
- Provee un medio por el que las instancias involucradas en las decisiones ambientales comparan las implicaciones de sus suposiciones e información más que en negociaciones sobre una base política, esto se logra gracias a los resultados de la aplicación de métodos cuantitativos formales. La apertura y consistencia de tales métodos permiten una imparcialidad y a través de una revisión científica dar las bases para la toma de decisiones. Diferencias en resultados, expresadas como magnitudes y probabilidades de los efectos pueden ser comparadas para determinar si efectivamente tienen implicaciones distintas, dados los costos y beneficios de las acciones alternativas.
- Separa claramente el proceso científico de la estimación de magnitudes y la probabilidad de los efectos de los procesos de elección de alternativas y la aceptabilidad de riesgos, el resultado de esta separación es una probabilidad reducida de análisis que están sesgados para ajustarse a decisiones deseadas y de mayor credibilidad tanto para la gente técnica como para la política

**Cuadro. Comparación de la Evaluación de Riesgo Ecológico con el Riesgo Ambiental en términos generales.**

Evaluación de Riesgo Ambiental	Evaluación de Riesgo Ecológico
Identificación del peligro	Caracterización del receptor (especies, estadíos de vida, etc.)
Dosis – Respuesta	Evaluación del peligro (naturaleza y toxicidad de efectos)
Evaluación de la exposición	Evaluación de la exposición
Caracterización del riesgo	Caracterización del riesgo

Es importante considerar que la magnitud y las consecuencias del daño o impacto que ocasionen los contaminantes, en el caso de riesgo por exposición a sustancias, dependen de diversos factores, tales como el tipo de suelo, su naturaleza, su toxicidad a los organismos, su forma de dispersión, su forma de contacto y asimilación, así como de la resistencia de los propios organismos a los contaminantes. Por lo anterior, son muchos los factores que deben contemplarse en un análisis ya que pocas veces el control del riesgo está estructurado de una manera simple (Asante-Duah, 1993).

Asimismo, hay que considerar que un contaminante ambiental puede ser transportado a través del aire, agua, suelo, alimentos y polvo, e incorporarse a los organismos presentes en un ecosistema por diversas rutas, como la ingestión, inhalación o por la piel, provocando diferentes consecuencias dependiendo del organismo de que se trate, el tiempo de exposición, su persistencia y su concentración (Cothorn, 1991).

Varios marcos de referencia básicos para la evaluación de riesgo ecológico han sido propuestos en los últimos 10 años (Suter, 1993). Los primeros se basaron en reportes de la academia Nacional de Ciencias en donde se detallan las evaluaciones de riesgo para agencias federales. A pesar de que estos reportes eran simples, el marco de referencia dio la pauta para la salud humana y la evaluación de Riesgo ecológico. Posteriormente se efectuaron revisiones que contribuyeron a la descripción básica del proceso de evaluación de riesgo.

Básicamente los 4 recuadros contienen los pasos críticos en la evaluación de riesgo. En primer lugar la formulación del problema determina las preguntas específicas que se requiere formular durante el proceso de evaluación de riesgo. Segundo, la evaluación del peligro detalla los efectos biológicos de un agente estresante del ambiente bajo estudio. Simultáneamente el potencial del grado de exposición de un material en los componentes

biológicos críticos se calcula como parte de la evaluación del grado de exposición. Por último, la determinación probabilística de la verosimilitud de un efecto se formaliza como la caracterización de riesgo.

En fechas recientes estos marcos de referencia se han actualizado para aplicarlos a la estimación de los riesgos inherentes a un agente estresante sobre los sistemas ecológicos. El grado de exposición y el peligro no pueden desligarse fácilmente de los sistemas ecológicos.

Enseguida se describen las fases del Análisis de Riesgo Ambiental en su esquema clásico o tradicional de acuerdo a Cázares Rivera y Garza Cuevas, (1997) y algunas de las adecuaciones propuestas para su aplicación en el Análisis (Evaluación) del Riesgo ambiental.

**Etapas 1. Formulación del Problema** (Marco Conceptual e identificación del peligro). El componente de la formulación del problema del proceso de evaluación del riesgo es el principio de un proceso iterativo. Este paso crítico define la pregunta bajo consideración y afecta directamente la validez científica y la creación de políticas útiles para la evaluación de riesgo. El proceso inicia debido a numerosas causas; por ejemplo, la petición de introducir un nuevo material en el ambiente, el análisis de las opciones de limpieza para un sitio contaminado o para examinar las opciones para el uso de suelo.

En esta fase se identifica la o las sustancias que pueden representar un peligro a la salud, tanto cancerígenas como no-cancerígenas. En esta fase, también se recopila información respecto a las características físico-químicas de estas sustancias que permitan evaluar, en forma preliminar, la distribución en las diferentes fases del medio ambiente (agua, suelo, aire, biota). Por ejemplo, una sustancia con una alta solubilidad en agua y un bajo valor de presión de vapor, tenderá a concentrarse más en el agua que en la atmósfera; mientras que una sustancia con baja solubilidad y una alta presión de vapor, tenderá a concentrarse más en la atmósfera que en el agua.

Se evalúa, también en forma preliminar, el área que pudiera estar o está afectada (topografía, clima, ubicación, hidrología, etc.), así como la población potencial que pudiera estar expuesta al riesgo. Al final de esta fase se elabora un Modelo Conceptual del sitio bajo estudio. Este modelo debe contener: las fuentes primarias del o de los contaminantes, los mecanismos a través de los cuales se liberan al medio ambiente, el medio a través del cual se transportan y entran en contacto con los receptores (agua, aire, comida, suelo, etc.), las rutas de exposición (oral, inhalada o dérmica) y los receptores potenciales.

### **Etapas 2. Evaluación del Peligro (toxicidad).**

Esta metodología es la más utilizada para analizar los efectos de químicos en el ambiente. En esencia consiste de comparar la Concentración Ambiental Esperada (EEC) y el Umbral de Toxicidad Estimado (ETT) y en efectuar un juicio para determinar si la liberación es segura, dañina o no está suficientemente caracterizada para tomar una conclusión. Este método no utiliza métodos probabilísticos y no está enfocado a predecir la naturaleza y magnitud de los efectos o la comparación de los efectos de las distintas descargas de químicos.

La evaluación del peligro se desarrolló en un principio por toxicólogos acuáticos como un medio de aplicar información toxicológica a situaciones reguladoras o cuasi reguladoras donde debían tomarse decisiones dicotómicas con respecto a descargas, usos o mercadeo de los químicos tóxicos.

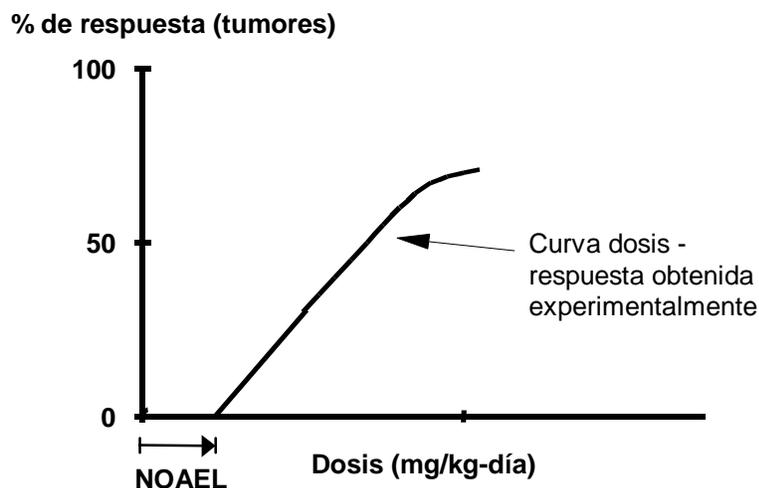
Desde el año de 1977 se formalizó la evaluación del peligro y se ha adoptado desde

entonces por toxicólogos de la vida silvestre pero no por fitotoxicólogos. Se basa en un proceso iterativo de prueba y evaluación denominado "tiered-testing". En cada paso el EEC y el ETT son estimados basándose en datos de pruebas de toxicidad anteriores y de mediciones de las propiedades de químicos para luego compararlos. Si estas dos concentraciones son diferentes basados en decisiones formales, entonces la decisión puede efectuarse con relación al peligro. Si las dos concentraciones son similares entonces se diferirá el juicio y se buscarán más datos. Esto no resulta apropiado si no existe la facilidad de posponer una decisión que demande un mayor número de datos.

En ésta fase se evalúa la información toxicológica de las sustancias identificadas como potencialmente peligrosas en la fase 1. Para propósitos de análisis de riesgo ambiental, las sustancias químicas se jerarquizan en: a) cancerígenas y b) no-cancerígenas.

**a) Sustancias no-cancerígenas.** Se considera que las sustancias no-cancerígenas presentan una dosis umbral, es decir, una dosis límite para la cual se presentan efectos adversos observables, a valores menores de ésta dosis no existen efectos adversos observables en la salud. Esta dosis umbral representa el parámetro toxicológico de comparación, en animales se le conoce como NOAEL por sus siglas en inglés (Non Observed Adverse Effects Level) y es la máxima dosis a la que puede exponerse un animal sin que se observen efectos adversos en su salud.

La Figura 1 se muestra una curva dosis-respuesta experimental típica de una sustancia no-cancerígena mostrando el valor del NOAEL.



**Figura 1. Curva experimental típica para sustancias no-cancerígenas.**

A partir de los valores de NOAEL en animales, se determina la llamada Dosis de Referencia (DR) en humanos, que se puede

definir como la cantidad máxima de una sustancia que el cuerpo humano puede absorber sin experimentar efectos adversos en la salud.

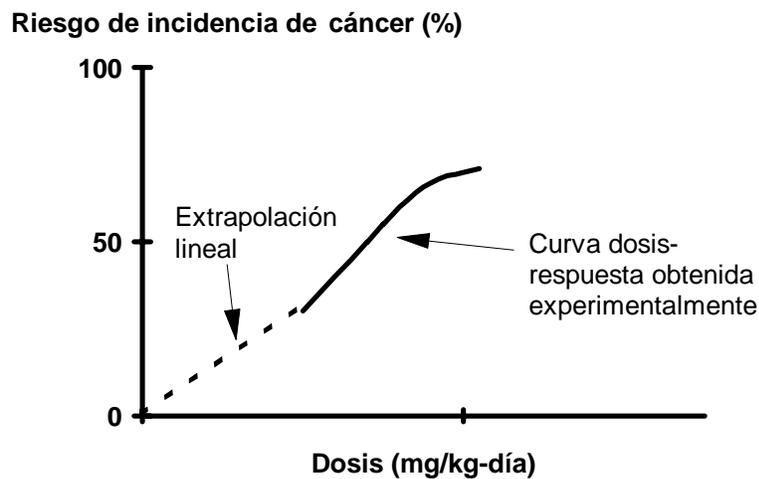
La ecuación para calcular la DR para sustancias no-cancerígenas es la siguiente:

$$DR = \frac{\text{Dosis experimental (NOAEL o LOAEL)}}{(FI)}, \text{ donde: FI = Factores de Incertidumbre.}$$

Los Factores de Incertidumbre pueden variar desde 1.0 hasta 1'000,000, dependiendo de una evaluación de las incertidumbres científicas en las pruebas toxicológicas, del número de especies empleado en éstas pruebas y de los animales evaluados.

**b) Sustancias cancerígenas.** Para éstas sustancias no existe dosis umbral, por lo que aún

a dosis muy pequeñas existe el riesgo de desarrollar cáncer en la población expuesta. La Figura 4.2 muestra una curva dosis-respuesta experimental típica para una sustancia cancerígena y su extrapolación lineal. La pendiente de la recta de extrapolación en la figura 2 indica la potencialidad cancerígena de la sustancia y se le conoce como Factor de Potencia (FP) y sus unidades son  $[\text{mg/Kg-día}]^{-1}$ .



**Figura 2. Curva experimental típica para una sustancia cancerígena y su extrapolación lineal.**

El Factor de Potencia, es el riesgo de desarrollar cáncer por unidad de dosis. La EPA ha desarrollado una base de datos con información toxicológica de muchas de las sustancias conocidas. Esta base de datos se conoce como IRIS (Integrated Risk Information System). La información contenida en esta base de datos es evaluada y analizada por un comité de especialistas en toxicología que decide si una cierta información tiene los suficientes méritos científicos para ingresar a esta base de datos.

**Etapa 3. Evaluación de la exposición.** La evaluación de la exposición, provee un estimado de la magnitud, frecuencia y duración del contacto del medio ambiente y sus componentes

con las sustancias tóxicas y es una parte fundamental del proceso de evaluación del riesgo. La expresión de exposición no es aplicable por sí misma a toda la evaluación de riesgo ecológico. Muchos factores pueden contribuir con cierta incertidumbre en la evaluación de la exposición, como es el limitado conocimiento de las poblaciones en riesgo, los factores que controlan la biodisponibilidad de los contaminantes y las dificultades de extrapolación de laboratorio a campo y las diferencias en escalas temporales y espaciales.

La incertidumbre también puede resultar de nuestra limitada habilidad para evaluar el tiempo y las múltiples exposiciones y la falta de conocimiento en cuanto a la capacidad

amortiguadora y la potencial recuperación de los ecosistemas afectados.

Esta evaluación es llevada a cabo para estimar: a) Las rutas por las cuales los humanos están o estarían expuestos a las sustancias químicas de interés; b) La frecuencia y duración de las exposiciones; c) La magnitud de las exposiciones humanas reales o potenciales a las sustancias químicas de interés y d) Determinación de la toma diaria a través de cada una de las rutas de exposición. Esta evaluación puede hacerse por mediciones directas, si se trata de una situación que está ocurriendo actualmente, o mediante el empleo de modelos matemáticos si se trata de situaciones potenciales o a futuro.

Determinación de la Toma Diaria (TD): Con base en la información anterior, se debe determinar la Toma Diaria para cada ruta de contacto. La siguiente ecuación muestra la forma de obtener esta Toma Diaria.

$TD = C \times TC \times FC \times FI \times ABS \times FE \times DE \times (1/PC) \times (1/TP)$ , donde: TD = Toma Diaria (mg/Kg-día), C = Concentración de la sustancia en la fase de interés, TC = Tasa de contacto (mg/día; L/día; etc.), FC = Factor de conversión de unidades, FI = Fracción de la toma diaria que proviene de la fuente contaminada, ABS = Factor de absorción, FE = Frecuencia de exposición (días/año), DE = Duración de la exposición (años), PC = Peso corporal (Kg), TP = Tiempo sobre el que se promedia la exposición (días).

Como se dijo anteriormente, la obtención de la concentración (C) depende de si se trata del análisis de una situación real, o de predecir una situación a futuro. Si la situación ya ocurre, el valor de C se obtiene midiendo directamente la concentración de la sustancia en la fase de interés, si se pretende predecir una situación a futuro, la concentración C se obtiene mediante modelación matemática.

La tasa de contacto (TC) es la cantidad de aire, agua, suelo, etc. con la que entramos en "contacto". Por ejemplo, para consumo de agua se supone que un adulto de 70 Kg consume en promedio 2 l/día; para inhalación de aire se sabe que un adulto promedio inhala 0.83 m<sup>3</sup>/hr de aire durante el trabajo y 0.5 m<sup>3</sup>/hr en reposo. Se sabe también que un niño de 6 años de edad promedio ingiere en promedio 100 mg/día de "suelo".

El valor del factor de conversión de unidades (FC) dependerá de las unidades utilizadas en los otros términos de la ecuación,

de tal forma que el resultado para la toma diaria (TD) resulte en mg/Kg-día.

La fracción de la toma diaria que proviene de la fuente contaminada (FI) se refiere a que no necesariamente toda la toma diaria proviene de esa fuente contaminada. Por ejemplo, si consumimos pescado, quizá sólo una fracción de éste provenga de una fuente contaminada, lo cual debe tomarse en cuenta.

El factor de absorción (ABS) es la fracción de la sustancia que es absorbida por el organismo, es decir, si una sustancia entra por ingestión, sólo una fracción de ella será absorbida en el intestino, y el resto se eliminará. El valor de TP, tiempo sobre el que se promedia la exposición, es siempre de 25,550 días (equivalente a 70 años de vida esperada) cuando se trata de sustancias cancerígenas.

**Etapa 4. Caracterización del riesgo.** La caracterización del riesgo puede considerarse como el resumen del análisis de riesgo, el cual sirve al evaluador para definir el manejo del riesgo. El principal componente de la caracterización del riesgo es la integración de los resultados de la evaluación de la exposición y de la evaluación de los efectos para obtener un estimado del nivel de los efectos que resultan de la exposición.

La información específica de muestreo que debe reunirse para la valoración de riesgos incluye: tipo y concentración de compuestos agroquímicos, estratos geotécnicos, dentro de los cuales se deben identificar la porosidad de los suelos, las características de los mismos, el gradiente de agua, los acuíferos presentes en el área y sus profundidades, entre otros.

Una parte sumamente importante en este punto es conjuntar y conocer toda la información colectada por los grupos de trabajo y conocer los resultados y conclusiones de cada uno de los especialistas que integran el equipo, mediante reuniones periódicas para conocer los avances del trabajo y las limitaciones y problemas que se tienen por parte de cada uno de los miembros, lo que da un valor agregado a la caracterización ya que se elaboran los documentos correspondientes con la participación de un grupo multidisciplinario.

Esta fase consiste en la integración de toda la información anterior para estimar la probable incidencia de efectos adversos en la población expuesta, incluyendo una evaluación de las incertidumbres asociadas al proceso. La cuantificación del riesgo depende de si se trata de sustancias cancerígenas o no-cancerígenas:

### **Sustancias no-cancerígenas:**

Para sustancias no-cancerígenas, se estima el Cociente de Peligro (CP) de acuerdo a

la siguiente ecuación:  $CP = \frac{TD}{DR}$

Para el caso en el que exista una exposición a una mezcla de sustancias no-cancerígenas, es posible sumar los cocientes de peligro individuales siempre y cuando las sustancias afecten todas el mismo órgano o

sistema. Para éste caso:  $CP = \sum_{i=1}^{i=N} \frac{TD_i}{DR_i}$ ,

donde: N= Número de sustancias no-cancerígenas que afectan el mismo órgano o sistema.

El criterio para tomar o no alguna acción de control depende de sí el cociente de peligro es o no mayor de 1. Para el caso en el que  $CP < 1$ , no es necesario el ejercer ninguna acción, mientras que para  $CP > 1$ , es necesario el llevar a cabo una acción de control para reducir el riesgo.

### **Sustancias cancerígenas:**

El riesgo se evalúa mediante la siguiente ecuación:  $R = TD \times FP$ , donde: R = Riesgo o probabilidad de que un individuo desarrolle cáncer en exposiciones de por vida.

Esta ecuación se basa en el modelo lineal mencionado anteriormente (ver figura 14.5). En el caso de exposiciones a una mezcla de sustancias cancerígenas, se supone que existe una adición de efectos, por lo que el riesgo sería:

$$R = \sum_{i=1}^{i=N} TD_i \times FP_i$$

En el caso de sustancias cancerígenas, esta suposición de aditividad de los efectos ha sido fuertemente cuestionada debido a que pueden existir otros efectos, tales como el de antagonismo, en el que dos sustancias anulan sus efectos negativos, o el de sinergismo o

potenciación, en los que el efecto final es mayor que la simple suma de los efectos individuales. Sin embargo, a falta de evidencia, la EPA sugiere adoptar el criterio de adición y sumar los riesgos individuales.

El criterio que la EPA en EUA y el INE y PROFEPA en México han seguido para determinar si en un determinado caso se debe ejercer una acción o no para reducir el riesgo, depende de la población potencialmente expuesta. Por ejemplo, si se trata de una situación en que toda la población del país está potencialmente expuesta, la EPA ha decidido ejercer una acción si el riesgo excede un valor de  $1 \times 10^{-6}$  (no más de 1 caso de cáncer por cada millón de habitantes); Si en cambio, la población potencialmente expuesta es menor, la EPA permite valores de hasta  $1 \times 10^{-3}$  (un caso de cáncer por cada 1,000 personas) sin ejercer ninguna acción. INE y PROFEPA han establecido límites que van de  $1 \times 10^{-5}$  a  $1 \times 10^{-4}$  dependiendo de las certidumbres del análisis y de la población potencialmente expuesta. Estos valores son subjetivos, y obviamente sujetos a discusión. Han existido intentos de asociar un costo al valor de riesgo, pero hasta la fecha ninguno ha tenido la aceptación suficiente.

Cuando se consideran los efectos en organismos simples, es usualmente fácil separar o disgregar el grado de exposición y los efectos. Sin embargo, dado que los ecosistemas se componen de muchas poblaciones, las especies simples son un subconjunto de la Evaluación de Riesgo Ecológico. Por ejemplo, una vez que una sustancia química se libera de una pipa por causa de un accidente, inmediatamente este ha entrado al ecosistema. Una vez que un material se incorpora al ecosistema, los componentes bióticos y abióticos transportan o alteran la estructura del material original, inclusive al momento que el ecosistema se ve afectado por el químico, el ecosistema se encuentra alterando el material.

## **CONCLUSIONES**

Las herramientas de evaluación ambiental han evolucionado con el fin de generar modelos y esquemas que mejor definan y determinen los efectos, que las actividades de los seres humanos ejercen, en general, sobre el ambiente. En especial, el Análisis de Riesgo Ambiental ha cambiado su enfoque central, basado en la salud de los seres humanos, incorporando al resto de los elementos de la comunidad biológica en las evaluaciones ambientales, creando así, el esquema paralelo denominado, Análisis o Evaluación del Riesgo Ecológico. Aparentemente la mejor manera de evaluar el riesgo ecológico es la utilización de los

elementos del biomonitoreo, es decir, del uso de indicadores biológicos que están comprendidos en cualquier nivel del espectro de la organización biológica o formas de vida.

Una de las premisas fundamentales y originales del Análisis de Riesgo Ambiental se basa, únicamente, en la evaluación de aquellos atributos ambientales que afectan directamente a la salud, y consideraba que los umbrales de los efectos en la salud de los humanos funcionan igual para el resto de los elementos vivos del ecosistema. Es indudable que esta premisa no puede ser aplicada en términos estrictos a todas las formas de vida, sin embargo, algunos autores han retomado esta idea y han generado modelos de evaluación del riesgo ecológico considerando atributos ambientales que son comunes a los seres humanos y a los organismos del ecosistema. Es indudable que los administradores y los tomadores de decisiones requieren de herramientas que les permitan generar datos precisos en las evaluaciones del ambiente y con ello, poder establecer las medidas o políticas acerca del manejo, remediación, uso del suelo, mayordomía, etc. de los recursos y del ambiente en general. Es por ello, que los bioindicadores y los índices deben ser desarrollados para ser empleados en forma fácil y creíble proveyendo datos científicamente justificables.

## REFERENCIAS

- Asante - Duah, D. K. 1993. Hazardous Waste Risk Assessment. Lewis Publishers. U. S. A.
- Alba -Tercedor, J. 1996. Macro Invertebrados Acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV simposio del agua en Andalucía (SIAGA), Almería. Vol. II: 230-213.
- Armitage, P. D. & G. E. Petts, 1992. Biotic score and prediction to assess the effects of water abstractions on river macro invertebrates for conservation purposes. *Aquatic Conserv. Marine and Fresh. Ecosyst.* 2:1-17.
- Bartell, S. M., et al. 1992. Ecological Risk Estimation. Lewis Publishers. U.S.A.
- Barbour, M. T., J. Gerritsen, B. D. Snyder & J. B. Stribling, 1995. Revision to Rapid Bioassessment Protocols for use in stream and rivers: Periphyton, benthic macro invertebrates and fish EPA 841\_D\_97-002.
- Beck, W.M., Jr. 1965. The Streams of Florida. *Bulletin of the Florida State Museum* 10(3):81-126.
- Cázares R. E. y Garza-Cuevas, R. A. 1997. Capítulo 20, Impacto y Riesgo Ambiental. En *Ciencia Ambiental y Desarrollo Sostenible*. Enkerlin, H. E. C., Cano C. G., R. A. Garza-Cuevas y Vogel. M. Editores. International Thomson Editores.
- Gilad, A. 1984. The Health Component of the Environmental Impact Assessment Process. In: *Perspectives on Environmental Impact Assessment* (eds. B. Clark and P. Tomlinson). D. Reider Publishing Co. Dordrecht, Germany.
- Bittermann, Wolfgang & Helmut Haberl. 1998. Landscape-relevant indicators for pressures on the environment *Innovation; Abingdon; Volume: 11: 87-106*
- Brillouin, L, 1951. Maxwells demon cannot operate: Information and entropy. I and II. *J. Appl. Phys.* 22: 334-343.
- Brock, W. Nelly. 1994. *Introduction to Chemical Exposure and Risk Assessment*. Lewis Publishers, Inc.
- Burger, J. 1997. Recreation and risk. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 52: 269-284.
- Burger, J., Kennamer, R. A., Brisbin, I. L. and Gochfeld, M. 1997. Metal levels in Mourning Doves from South Carolina: Potential hazards to doves and hunters. *Environ. Research* 75:173-186.
- Cothern, C. R. 1995. *Handbook for Environmental Risk Decision Making: values, perceptions, and etics*. Lewis Publishers Inc. U.S.A.
- Costanza, R. 1992. Toward an operational definition of ecosystem health. *Ecosystem Health: New goals for environmental management*. (Eds. R. Costanza, B. G Norton and B. D. Haskell) pp. 239 – 256 Island Press. Washington.
- Garza-Cuevas, R. A.; Cantú de la G., J. G.; Treviño, B. Ortiz, G. González O., H. 1998. Del Riesgo Ambiental al Riesgo Ecológico. *Revista de Calidad Ambiental*. Vol. III. N° 12. ITESM.
- Garza-Cuevas, Duarte T., H. F. 1998. El valor de las especies vegetales en la remoción de la contaminación atmosférica de las zonas urbanas. *Revista de Calidad Ambiental*. Vol. III. N° 9. ITESM.
- Karr, J. R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6:21-27.
- Karr, J. R., K.D. Fausch, P.L. Angermeier, P.R. Yant, and I.J. Schlosser. 1986. Assessing biological integrity in running waters: A method and its rationale. *Illinois Natural History Survey, Special Publication* 5.
- Karr, J. R. 1991. Biotic integrity: a long-neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications*. 1: 66-84.
- Karr, J. R. & E. W. Chu. 1997. *Biological Monitoring: Essential Foundation for Ecological Risk Assessment*. [WWW.salmonweb.org/salmonweb/pubs/herafin2.html](http://WWW.salmonweb.org/salmonweb/pubs/herafin2.html)
- Karr, J. R. 1998. Defining and measuring river health. *Freshwater Biology*.

- Kolkwitz, R & W. A. Marsson, 1908. Ecology of plant saprobia. Ver. Dt. Ges. 26:505-519.
- Kolkwitz, R & W. A. Marsson, 1909. Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge Zur Lehre von der biologische Gewässerbeuteilung. Internationale Reveu der gesamten Hydrobiologie 2: 126-152.
- Manning, W. 1995. Effects of particles on vegetation and ecosystems. Draft. Report. USEPA.
- Margalef, R., 1951. Diversidad de especies en las comunidades naturales. Inst. Biol. Appl. 9: 15-27.
- Margalef, R., 1956. Información y diversidad específica en las comunidades de organismos. Investigación pesq. 3:99-106.
- Margalef, R., 1958. Information theory in ecology. Gen. Syst. 3: 36-71.
- Munné, A., Solá, C. & N. Prat, 1998. QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. Tecnología del agua. 175: 20-37.
- National Research Council. 1983. *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*. Washington, DC, National Academy Press.
- Patrick, R, 1949. A proposed biological measure of stream conditions, based on survey of the Conestoga basin, Lacaster County, Pennsylvania Proc. Acad. Nat. Scvi. Philad. 101: 277-341.
- Patrick, R, 1950. Biological measure of stream conditions. Sewage ind. Wastes. 22: 926-939.
- Philipps, D. J. H. 1980. Cualitativa aquatic biological indicators. Applied Science, London, 488, pp.
- Prat, N., I. Muñoz., G. González., & X. Millet, 1986. Comparación crítica de dos índices de calidad de aguas: ISQUA y BILL. Tecnología del agua. 31: 33-49.
- Pyatt, F. & W. Haywood. 1988. Air borne particulate distribution and their accumulation in tree canopies, Nottingham, UK. The Environmentalist. 9(4): 291-298. UK.
- Resh, V.H., R.H. Norris, and M.T. Barbour. 1995. Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates. Australian Journal of Ecology 20:108-121.
- Shannon, C. E. & W. Weinner, 1949. The mathematical theory of communication. Pp. 19-27, 82-103, 104-107. The University of Illinois Press, Urbana IL.
- Sheldon, A. L. 1969. Equitability Indices: dependence on the species count. Ecology 50: 466-467.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. Nature 163:688
- Suter, G. W. 1993. A critique of ecosystem health concepts and indexes. *Environ. Toxicol. Chem.* 12, 1533-1539.
- Towsend, C. R. and M. R. Scarsbrook, 1997. Quantifying disturbance in streams: alternative measures of disturbance in relation to macro invertebrate species traits and species richness. Am. Benthol. Soc. 16(3): 531-544.
- US Environmental Protection Agency (USEPA). 1989. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates, and fish. Washington, DC. Office of Water U.S. Environmental Protection Agency, EPA 440/4-089/001.
- US Environmental Protection Agency (USEPA). 1992. *Framework for Ecological Risk Assessment*. EPA/630/R-92/001. Washington, DC, US Environmental Protection Agency.
- US Environmental Protection Agency (USEPA). 1996. Proposed guidelines for ecological risk assessment: Notice. FRL-5605-9. *Federal Register* 61, 47552-47631.
- Van Belle, G., Omenn, G. S., Faustman, E. M., Powers, C. W., Moore, J. A., and Goldstein, B. D. 1996. Dealing with Hanford's legacy. *Wash. Publ. Health* 14, 16-21.
- Washington, H.G. 1984. Diversity, biotic and similarity indices. Water Research 18: 653-694.
- Westman, W. E., 1985. Ecology Impact assessment and Environmental planning. John Wiley & Sons, Inc.
- Wilhm, J. L. 1970. Range of diversity index in benthic macro invertebrate populations. J. Wat. Pollut. Control. Fed. 42: 221-224.
- Wright, F. F. 1995. Development and use of a system for predicting the macro invertebrate fauna and flowing waters. Australian Journal of Ecology. 20: 181-197.
- Wright, J. F., Armitage, P. D. & Furse, M. T. 1989. Prediction of invertebrate communities using stream measurements. Regulated Rivers: Research & Management 4, 147-155.

## Modelo Multicriterio para la Justificación de Inversiones en Robots

MC Jorge Luis García Alcaraz<sup>1</sup>, Dr. Salvador Noriega Morales<sup>2</sup>, Dr. Juan José Díaz Núñez<sup>3</sup>, Dr. Manuel A. Rodríguez Medina<sup>4</sup>, MC Manuel Román Piña Monarrez<sup>5</sup>

### Resumen

En este artículo se analiza la problemática de las inversiones en Tecnologías para la Manufactura Avanzada y se presenta un modelo para la evaluación y justificación de un robot con tres variables cuantitativas y tres variables cualitativas (atributos); el conjunto de alternativas consta de 6 robots con características diferentes. Para la evaluación se emplea un modelo que se basó en la metodología denominada TOPSIS (del inglés, Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), la cual es una metodología multicriterio para evaluación de alternativas.

Para la evaluación de las variables cualitativas se recurre a la opinión de cinco expertos en robótica, los cuales emiten sus juicios sobre las características de los robots y las necesidades que la empresa tiene de éstas. Después de un proceso de evaluación, se obtiene una solución propuesta; la cual está basada en las distancias que tiene el vector que representa a cada alternativa, a un vector ideal y a un vector anti-ideal.

### Abstract

We analyzed in this article the Advanced Manufacturing technology investment problem and we proposed a model for the justification of a robot with three quantitative variables and three qualitative variables (attributes). We need

to choose a robot from a set of 6 alternatives (robots) with different characteristics. The evaluation model is based on TOPSIS (Technique for Order - Preference by Similarity to Ideal Solution), this is a multi-criterion methodology for alternatives evaluation.

For the evaluation of the qualitative variables we ask the opinion to five experts in robotics, who emit their judgments on the characteristics of robots and the necessities that the company has of these. After an evaluation process, a propose solution is obtained; which is based on the distances that the vector representing each alternative has to an ideal vector and to an anti-ideal vector.

### 1. Introducción

La calidad y el precio de un producto son dos de los factores más dominantes y que tienen mayor influencia en la decisión de compra, la satisfacción del cliente y también la cuota de mercado, según Churchill y Suprenant (1982). Así, para que una empresa logre la calidad y bajo precio, debe realizar inversiones en Tecnologías para la Manufactura Avanzada (TMA), logrando de esta manera mantenerse en los mercados dinámicos de estos periodos de globalización. Para Parkan (1998), estas inversiones en TMA, no solo tienen beneficios operativos y económicos, sino que también proporcionan muchas ventajas competitivas y estratégicas.

Para Sohal (1998), desde un punto de vista metodológico, la selección de TMA pertenece a la clase de los problemas llamados toma de decisiones multi-atributos (MADM). Se han generado varias técnicas y metodologías, las cuales son ampliamente difundidas en la literatura. Por ejemplo, Khouja (1995) aplicó el Data Analysis Envelopment (DEA), Al Khalil (2002) aplicó AHP (Analytic Hierarchy Process) a la selección de tecnologías automáticas y Al-Harbi (2001) aplicó la misma herramienta en la selección de proyectos de inversión.

Los procesos de adopción de TMA, deben ser procesos que se realicen analíticamente, en la que se integren variables cualitativas -estratégicas- y cuantitativas -operativas-, según Small y Chen (1997). La integración de estos dos tipos de variables garantiza el éxito del proceso de implantación de la tecnología. Yusuff (2001) considera que si

<sup>1</sup> Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Cd. Juárez

<sup>2</sup> Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Cd. Juárez

<sup>3</sup> División de Estudios de Postgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Juárez

<sup>4</sup> División de Estudios de Postgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Juárez

<sup>5</sup> Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias en Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Cd. Juárez

---

no se integran estas variables, se presentan problemas en la implantación y existe el riesgo de un fracaso de la inversión.

El objetivo de este artículo es presentar la metodología denominada TOPSIS, la cual es sencilla de aplicar y permite la integración de factores cualitativos y cuantitativos en la evaluación. La técnica se aplica en la evaluación de 6 robots, con características diferentes y se contó con la ayuda de cinco expertos en robótica.

El artículo está organizado en seis secciones; después de esta introducción, se encuentra en la sección dos, una discusión sobre la problemática de las inversiones en TA, en la tres se exponen las técnicas de evaluación de tecnologías, sus ventajas y desventajas, en la sección cuatro se presenta la técnica TOPSIS, en la quinta se realiza un ejemplo y finalmente en la sexta sección se analizan y discuten los resultados.

## 2. Problemática de las Inversiones en TA

Es aceptado que la competitividad de las empresas en cualquier ramo es mejorada por la implantación de TMA. Aunque ocurren problemas para la justificación de las mismas y muchas veces los resultados no son los esperados. En ese sentido, Yosuff (2001) declara que aproximadamente el 40% de las inversiones en TMA en Estados Unidos de América son consideradas un fracaso o se abandonan los proyectos.

Canadá y Sullivan (1990) resumen la problemática de la evaluación de TMA en cuatro puntos, los que se exponen a continuación:

- Estos tipos de tecnologías requieren a menudo inversiones de capital inicial extremadamente alto que no se justifican fácilmente con métodos tradicionales.
- Muchas compañías imponen tasas de recuperación o rendimiento altas que obstruyen la inversión. Muchas firmas requieren tasas de retorno mínimas atractivas (TREMA) del 30%, y/o períodos de reembolso menores a 3 años para las inversiones de TMA, las cuales hacen difícil justificar el proyecto en términos económicos.
- Las compañías tienen la tendencia a manipular su TREMA, reembolsos, etc. específicamente para las inversiones de TMA debido a los altos niveles de riesgo asociados a las mismas. Basados en

análisis económicos tradicionales solamente, tales requisitos hacen casi imposible que los proyectos de TMA sean justificados con facilidad. Por lo tanto, solamente aquellos proyectos que pueden demostrar una utilidad grande en corto tiempo serán considerados como factibles (con período de retorno corto).

- Las empresas tienden a comparar sus inversiones en TMA con el status quo. Esto significa que las compañías considerarán un “no hacer nada” como alternativa válida y comparable al evaluar sus alternativas de inversión. Sin embargo, las compañías que comparan una opción de inversión en TMA con el status quo, están rechazando una visión realista de los riesgos y los costos de oportunidad asociados a esta decisión.

## 3. Técnicas para Justificación de TA

Para Small y Chen (1997), las metodologías de evaluación de proyectos tecnológicos se pueden agrupar en principalmente tres corrientes diferentes; las cuales son estratégicas, económicas y analíticas. Las metodologías de cada una de estas corrientes poseen ventajas y desventajas, las cuales se analizan a continuación.

Las evaluaciones estratégicas comprenden las comparaciones con los competidores, la imagen de la empresa, relaciones con clientes, etc. Dado que este tipo de metodologías no son analíticas, se corre el riesgo de no integrar aspectos económicos que son de gran importancia. En el mismo sentido, Meredith y Suresh (1986), recomiendan que las evaluaciones de este tipo sean acompañadas por evaluaciones económicas que hagan más objetivo el proceso de toma de decisiones.

En lo que se refiere a las metodologías económicas, según Wilkes y Samuels (1991), estas deben de realizarse conjuntamente con evaluaciones estratégicas para una mejor evaluación de alternativas. En el mismo sentido Sacristán (2003) declara que estas metodologías se deben emplear solamente en situaciones donde no se considera ninguna incertidumbre; aunque señalan que éstas no integran la totalidad del problema que se analiza, ya que omiten las variables de carácter cualitativo en el análisis. Según Segelod (2000), las metodologías económicas más conocidas y empleadas por empresas americanas, son el Valor Presente

Neto (VPN), Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), Tasa Interna de Retorno (TIR), Periodo de Retorno de la Inversión, entre otras.

Para Goh et al. (1996), las metodologías analíticas son más realistas y eficaces, ya que permiten el análisis de variables cuantitativas y cualitativas. En el mismo sentido, Chen y Small (1997) aseguran que son más completas. Algunas de las técnicas más empleadas son el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), Modelo Lineal Aditivo, Programación Lineal y Análisis de Riesgo.

#### 4. Metodología TOPSIS

El proceso de selección de alternativas, es realizado desde un punto de vista multicriterio, en base del ordenamiento de acuerdo a preferencias. El orden de preferencia que se le asigna a cada alternativa, está en función de los criterios de evaluación, los cuales son características propias de la TA.

Existen muchos métodos de evaluación multicriterio, algunos de los cuales han sido revisados ampliamente por Hwang y Yoon (1981), Chen y Hwang (1992) y Yoon y Hwang (1995). Yoon (1980) y Hwang y Yoon (1981) desarrollaron una técnica denominada TOPSIS, usando el principio intuitivo de que la alternativa seleccionada deberá tener la menor distancia a una alternativa ideal, pero la mayor distancia a una alternativa anti-ideal.

En el proceso de selección por medio de TOPSIS, una alternativa  $A^k$ , se considera como un vector en el espacio euclidiano, como se indica en la ecuación (1).

$$A^k = (x_1^k, \dots, x_n^k) \text{ para } k = 1, 2, \dots, K \quad (1)$$

Como a cada alternativa corresponde un punto en el espacio n-dimensional (ya que existen n atributos), similarmente, el vector x-ésimo, puede ser analizado como un vector en el espacio K-dimensional dado por la ecuación (2).

$$X_n = (x_n^1, \dots, x_n^k) \text{ para } n = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

La técnica TOPSIS, parte del supuesto de que existe una alternativa que debe ser mejor o peor a todas las demás. Así, a la alternativa con las mejores características nominales en los atributos, se le llama solución ideal y está dada por:

$$A^+ = (x_1^+, x_2^+, \dots, x_n^+) \quad (3)$$

De la misma manera, se genera la solución anti-ideal, la cual está compuesta por todos los valores nominales no deseados de los criterios dentro de las alternativas y es de la forma:

$$A^- = (x_1^-, x_2^-, \dots, x_n^-) \quad (4)$$

Un método directo de realizar la evaluación multicriterio para la elección del robot, consiste en elegir la alternativa que posea la menor distancia a la solución ideal, Srinivasan y Shocker (1973) y Zeleny (1974); de esta manera la alternativa elegida sería muy semejante a la solución ideal. Otra forma de elegir la alternativa, sería eligiendo aquella que se encuentre más alejada de la solución anti-ideal. TOPSIS es una técnica que considera la distancia a la solución ideal y la distancia a la solución anti-ideal. La metodología TOPSIS puede ser resumida de la siguiente manera:

1. Normalizar cada vector  $X_n$  de los atributos que son sujetos a evaluación y conviértalos a  $TX_n$  según la ecuación (5).

$$TX_n = X_n / \|X_n\| = (x_n^1 / \|X_n\|, \dots, x_n^k / \|X_n\|) \quad (5)$$

dónde  $\|X_n\|$ , representa la norma euclidiana del vector (magnitud del vector); de esta manera, todos los criterios estarán sin dimensión alguna y se podrán realizar comparaciones entre alternativas;  $\|X_n\|$ , está dada por la ecuación (6).

$$\|X_n\| = \sqrt{\sum_1^n x_i^2} \quad (6)$$

una vez que los vectores de atributos se han transformado en vectores unitarios al normalizarse, entonces, cada una de las valoraciones de las alternativas serán convertidas, así como los vectores ideal e anti-ideal, de acuerdo a las ecuaciones (7), (8) y (9).

$$TA^k = (t^k, \dots, t_n^k) = (x_1^k / \|X_1\|, \dots, x_n^k / \|X_n\|) \quad k = 1, \dots, K \quad (7)$$

$$TA^+ = (t^+, \dots, t_n^+) = (x_1^+ / \|X_1\|, \dots, x_n^+ / \|X_n\|) \quad (8)$$

$$TA^- = (t^-, \dots, t_n^-) = (x_1^- / \|X_1\|, \dots, x_n^- / \|X_n\|) \quad (9)$$

2. Calcular, según las ecuaciones (10) y (11), las distancias que existen de los puntos representados por los puntos de cada alternativa, con los puntos que representa a la alternativa ideal y a la alternativa anti-ideal.

$$\rho(A^k, A^+) = \|w * (TA^k - TA^+)\| = \sqrt{\sum_{n=1}^N w_n * (t_n^k - t_n^+)^2} \quad (10)$$

$$\rho(A^k, A^-) = \|w * (TA^k - TA^-)\| = \sqrt{\sum_{n=1}^N w_n * (t_n^k - t_n^-)^2} \quad (11)$$

Donde  $w$  representa la ponderación o peso que los expertos en robótica han proporcionado al criterio de evaluación.

3. Ordenar las alternativas de acuerdo a la cercanía y lejanía de los puntos de las alternativas a los puntos de la solución ideal e anti-ideal, las que están dadas por la ecuación (12).

$$RC(A^k, A^+) = \frac{\rho(A^k, A^+)}{\rho(A^k, A^+) + \rho(A^k, A^-)} \quad (12)$$

El criterio de selección que se usa en TOPSIS, consiste en elegir la alternativa que contenga el valor  $RC(A^k, A^+)$  menor que todas las demás.

## 5. Ejemplo de Selección de un Robot

Con el objetivo de ilustrar la aplicación de la técnica TOPSIS, se realiza un ejemplo en el cual el problema de selección consiste en elegir un robot de 6 alternativas posibles, las cuales se denotan por  $A^1, A^2, A^3, A^4, A^5$  y  $A^6$ . La selección se realiza en base a seis criterios, los cuales son  $X_1$  representa el costo del robot (\$),  $X_2$  denota la capacidad de carga (Kg.),  $X_3$  es la velocidad (m/s),  $X_4$  representa el servicio al cliente por parte del proveedor,  $X_5$  indica la flexibilidad de programación y finalmente  $X_6$  representa la integración que tiene este robot con los sistemas ya implantados en la línea de producción.

Este problema tiene fines puramente didácticos, se emplean solamente seis variables de decisión, esto no indica que el modelo planteado sea el idóneo y que represente la totalidad del problema de selección de robots. Cada empresa o institución debe especificar los criterios de evaluación de acuerdo a sus necesidades de proceso o tecnológicas, económicas, estratégicas y sociales. Las primeras tres variables (Costo, Capacidad de Carga y Velocidad) que son analizadas, son cualitativas y su valor es objetivo para los cinco expertos que evalúan los robots, por lo que estos valores deberán ser los mismos para ambos. La tabla 1 muestra los valores de estas variables.

**Tabla 1. Valores objetivos**

Variables Alternativas	Costo	Capacidad de carga	Velocidad
A <sub>1</sub>	8500	90	1.4
A <sub>2</sub>	4750	85	1.3
A <sub>3</sub>	6300	105	0.9
A <sub>4</sub>	4800	95	1.3
A <sub>5</sub>	7200	98	1.6
A <sub>6</sub>	9400	93	1.9

Los últimas tres variables que se analizan en este problema de selección (servicio al cliente por parte del proveedor, facilidad de programación y facilidad de integración), corresponden a valores subjetivos. Para la estimación de estos valores se recurre a los juicios que emiten 5 expertos en robótica (E<sub>i</sub>), los cuales evalúan los criterios de acuerdo a

estimaciones subjetivas en una escala de 1-9; calificando así según su experiencia estas características. La tabla 2 muestra esta información, en la que aparecen los juicios de los cinco expertos para las tres variables y en las últimas columnas se indican los promedios (media aritmética) de cada una de estas variables.

**Tabla 2. Valores Subjetivos**

Expertos alternativas	E <sub>1</sub>			Promedio														
	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>			
A <sub>1</sub>	6	9	7	6	6	6	3	7	5	7	6	8	4	7	5	5.2	7	6.2
A <sub>2</sub>	4	7	5	5	7	6	6	6	6	5	6	6	7	5	6	5.4	6.2	5.8
A <sub>3</sub>	6	8	5	3	8	5	4	7	6	5	5	5	3	4	4	4.2	6.4	5
A <sub>4</sub>	7	2	5	7	5	6	6	6	6	5	8	8	7	3	8	6.4	4.8	6.6
A <sub>5</sub>	6	7	7	8	4	7	7	5	7	6	7	7	8	5	6	7	5.6	6.8
A <sub>6</sub>	9	6	8	9	3	6	8	4	8	7	6	6	9	6	7	8.4	5	7

Los valores objetivos y valores subjetivos, constituyen una matriz de valores de decisión final, la cual se forma con las

seis alternativas que son evaluadas y las seis variables de medición. La matriz de decisión final se ilustra en la tabla 3.

**Tabla 3. Matriz de Decisión Final**

Variables Alternativas	Costo	Capacidad de carga	Velocidad	Calidad del servicio	Facilidad de programación	Integración
A <sub>1</sub>	8500	90	1.4	5.2	7	6.2
A <sub>2</sub>	4750	85	1.3	5.4	6.2	5.8
A <sub>3</sub>	6300	105	0.9	4.2	6.4	5
A <sub>4</sub>	4800	95	1.3	6.4	4.8	6.6
A <sub>5</sub>	7200	98	1.6	7	5.6	6.8
A <sub>6</sub>	9400	93	1.9	8.4	5	7

Los valores de la alternativa ideal A+, corresponden a los valores nominales más deseados dentro de la matriz de valores de decisión final y los valores de A- indican los valores menos deseados. Por ejemplo, el mejor valor del

atributo costo es el menor (\$ 4750, de la alternativa A<sub>2</sub>), mientras que el mejor valor del atributo de la velocidad corresponde al más alto (1.9 m/s, de la alternativa A<sub>6</sub>); los vectores A+ y A-, son los que se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4. Alternativas Ideal e Anti-ideal**

Alternativas	Costo	Capacidad de carga	Velocidad	Calidad del servicio	Facilidad de programación	Integración
A <sup>+</sup>	4750	105	1.9	8.4	7	7
A <sup>-</sup>	9400	85	0.9	4.2	4.8	5

Se ha solicitado a los 5 expertos en robótica que evalúen la importancia que tiene para ellos cada una de las variables cualitativas y cuantitativas; para ello emiten un juicio en la

escala de 1-9, basándose en sus experiencias. Los valores proporcionados se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5. Ponderación de Variables**

Variables Expertos	Costo	Capacidad de carga	Velocidad	Calidad del servicio	Facilidad de programación	Integración
E <sub>1</sub>	8	9	8	7	6	8
E <sub>2</sub>	8	8	7	6	5	9
E <sub>3</sub>	6	8	7	9	5	7
E <sub>4</sub>	7	8	6	7	9	7
E <sub>5</sub>	8	5	6	7	9	7
<b>Promedio</b>	7.4	7.6	6.8	7.2	6.8	7.6
<b>W</b>	0.17051	0.17512	0.15668	0.16590	0.15668	0.17512

En la tabla anterior, cada experto emitió su juicio sobre la importancia que tiene para cada uno de ellos, cada variable de decisión; las estimaciones de los expertos para cada una de las variables, se suma y se obtiene un promedio. Después estos promedios se suman y cada uno de éstos se divide entre

la suma anteriormente obtenida, obteniéndose así un vector cuya suma es la unidad; este proceso es conocido como normalización. Este vector representa los niveles de preferencia o ponderación para cada una de las variables de decisión y se denota por W.

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1$$

Dado que las variables cuantitativas y cualitativas se encuentran expresadas en diferentes unidades de medición, se procede a la normalización de las mismas con la finalidad de

convertir los criterios de evaluación en unidades adimensionales y así poder realizar comparaciones entre ellas. Para este cálculo se emplean las ecuaciones 7, 8 y 9.

**Tabla 6. Normalizaciones de las Variables**

Variables Alternativa	Costo	Capacidad de carga	Velocidad	Calidad del servicio	Facilidad de programación	Integración
A <sub>1</sub>	0.49260	0.38864	0.39886	0.33967	0.48560	0.40369
A <sub>2</sub>	0.27528	0.36705	0.37037	0.35274	0.43010	0.37764
A <sub>3</sub>	0.36511	0.45341	0.25641	0.27435	0.44397	0.32556
A <sub>4</sub>	0.27818	0.41023	0.37037	0.41806	0.33298	0.42973
A <sub>5</sub>	0.41727	0.42319	0.45584	0.45725	0.38848	0.44275
A <sub>6</sub>	0.54476	0.40159	0.54131	0.54870	0.34685	0.45578
A <sup>+</sup>	0.27528	0.45341	0.54131	0.54870	0.48560	0.45578
A <sup>-</sup>	0.54476	0.36705	0.25641	0.27435	0.33298	0.32556

La matriz de valores normalizados se multiplica por la ponderación o factor de importancia que tiene cada uno de los criterios de evaluación, **W**; obtenidos en la tabla 5. Para la realización de esta operación, se considera al criterio como

un vector columna y a la ponderación de ese criterio, como un escalar. La matriz que se obtiene se ilustra a continuación en la tabla 7.

**Tabla 7. Ponderación de Criterios Normalizados**

Criterio Alternativa	Costo	Capacidad de carga	Velocidad	Calidad del servicio	Facilidad de programación	Integración
A <sub>1</sub>	0.08399	0.06806	0.06249	0.05635	0.07608	0.07069
A <sub>2</sub>	0.04694	0.06428	0.05803	0.05852	0.06739	0.06613
A <sub>3</sub>	0.06225	0.07940	0.04018	0.04551	0.06956	0.05701
A <sub>4</sub>	0.04743	0.07184	0.05803	0.06936	0.05217	0.07525
A <sub>5</sub>	0.07115	0.07411	0.07142	0.07586	0.06087	0.07753
A <sub>6</sub>	0.09289	0.07033	0.08481	0.09103	0.05435	0.07981
A <sup>+</sup>	0.04694	0.07940	0.08481	0.09103	0.07608	0.07981
A <sup>-</sup>	0.09289	0.06428	0.04018	0.04551	0.05217	0.05701

Para calcular las distancias que existen de una alternativa cualquiera a las alternativas ideal e anti-ideal, considerando

estas como vectores en el espacio euclidiano, se emplea la ecuación 10. Los resultados se resumen en la tabla 8.

**Tabla 8. Distancias entre Alternativas**

Alternativa	$\rho(A^k, A^+)$	$\rho(A^k, A^-)$	$RC(A^k, A^+)$	Orden
A <sub>1</sub>	0.05732	0.03831	0.59937	5
A <sub>2</sub>	0.04760	0.05398	0.46859	4
A <sub>3</sub>	0.06972	0.03833	0.64524	6
A <sub>4</sub>	0.04286	0.05782	0.42571	2
A <sub>5</sub>	0.03550	0.05443	<b>0.39474</b>	1
A <sub>6</sub>	0.05164	0.06801	0.43156	3

## 6. Análisis de Resultados y Conclusiones

En la quinta columna de la tabla 8 se indica el orden de preferencia que tienen las alternativas analizadas. De acuerdo al criterio establecido, la alternativa representada por A<sub>5</sub>, tiene una relación RC con un valor de 0.39474, la cual es menor a las demás alternativas y debe ser elegida. Se observa además que esta alternativa mantiene la menor distancia a la alternativa ideal -0.03550-, aunque la distancia a la alternativa anti-ideal no es la más lejana -0.05443-, ya que en este caso la alternativa A<sub>6</sub>-0.06443-, es superior a ésta.

Si se usa el criterio de Zeleny, en el que se sugiere que se elija la alternativa más cercana a la alternativa ideal A<sup>+</sup>, entonces la alternativa representada por A<sub>5</sub>, debe ser elegida; asimismo, si se usa el criterio de elegir la alternativa más lejana a la anti-ideal A<sup>-</sup>, entonces la alternativa A<sub>6</sub> debe ser elegida.

Se concluye que la ventaja de usar TOPSIS en evaluaciones para toma de decisiones, es que se consideran las dos distancias, y que por lo tanto la evaluación es más completa y objetiva.

## Referencias

- Al Khalil, M. 2002. *Selecting the appropriate project delivery method using AHP*. International Journal of Project Management. Vol. 20, Issue 6, pp 469-474.
- Al-Harbi, K. 2001. *Application of the AHP in project management*. International Journal of Project Management. Vol. 19, Issue 1, pp 19-27.
- Canada, J. and Sullivan, W. 1990. *Persistent pitfalls and applicable approaches for justification of advanced manufacturing systems*. Engineering Costs and Production Economics. Vol. 18, Issue 3, pp 247-253.
- Chen, S. and Hwang, C. *Fuzz y Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, Berlin.
- Churchill G. and Surprenant, C. 1982. *An investigation into the determinants of customer satisfaction*. Journal of Marketing Research, No. 19, pp 491-504.

Goh, C. et al 1996. *A revised weighted sum decision model for robot selection.* Computers & Industrial Engineering. Vol. 30, Issue 2, pp 193-199.

Hwang, C. and Yoon, K. 1981. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, A State-of-the-Art Survey.* Springer-Verlag, Berlin.

Khouja, M. 1995. *The use of data envelopment analysis for technology selection.* Computers and Industrial Engineering. Vol. 28, pp 123-132.

Parkan, C. and Wu, L. 1999. *Decision-making and performance measurement models with applications to robot selection.* Computers & Industrial Engineering. Vol. 36, Issue 3, pp 503-523.

Sacristán, M. et al. 2003. *View of developing patterns of investment in AMT through empirical taxonomies: new evidence.* Journal of Operations Management. Vol. 21, Issue 5, pp 577-606.

Segelod, E. 2000. *A comparison of managers' perceptions of short-termism in Sweden and the U.S.* International Journal of Production Economics. Vol. 63, Issue 3, pp 243-254.

Small, M. and Chen, I. 1997. *Economic and strategic justification of AMT inferences from industrial practices.* International Journal of Production Economics. Vol. 49, Issue 1, pp 65-75.

Sohal, A. and Millen, A. 1998. *Planning processes for advanced manufacturing technology by large American manufacturers.* Technovation. Vol. 18, Issue 12, pp 741-750.

Srinivasan, V. and Shocker, A. 1973. *Estimating the weights for multiple attributes in a composite criterion using pairwise judgments.* Psychometrika. Vol. 38, pp 473-493.

Suresh, N. and Meredith, J. 1985. *Achieving factory automation through Group Technology principles.* Journal of Operations Management. Vol. 5, Issue 2, pp 151-167.

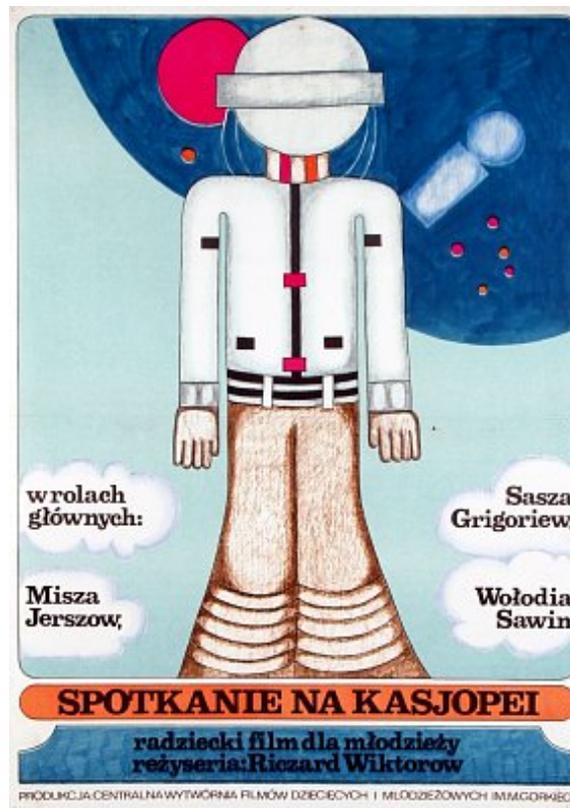
Wilkes, F. and Samuels, J. 1991. *Financial appraisal to support technological investment.* Long Range Planning. Vol. 24, Issue 6, pp 60-66.

Yoon, K. 1980. *Systems Selection by Multiple Attribute Decision Making.* PhD dissertation, Kansas State University, Manhattan.

Yoon, K. and Hwang, C. 1995. *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction.* Sage, California.

Yusuff, R. and Hashmib, M. 2001. *A preliminary study on the potential use of the analytical hierarchical process (AHP) to predict advanced manufacturing technology (AMT) implementation.* Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. Vol. 17, Issue 5, pp 421-427.

Zeleny, M. 1974. *Linear Multiobjective Programming.* Springer-Verlag, New York.



## MUCHACHOS EN EL UNIVERSO

## De las Revistas Universitarias Mexicanas

### Viejos y Nuevos Dilemas de las Revistas Académicas en México

Victoriano Garza Almanza<sup>1</sup>

La problemática que plantea la publicación de las revistas científicas y académicas en México se ha discutido por más de treinta años en foros especializados, sin que de ello haya existido retroalimentación y acciones que permitieran a esta clase de empresa evolucionar y posicionarse. Por el contrario, en las instituciones de educación superior del país se cuentan por cientos las revistas que sucesivamente se fundan y que se publican una o a lo sumo dos veces, y que no vuelven a aparecer. Prácticamente son productos *mortinatos*; es decir, que nacen

mueren. A las revistas que mejor les va, permanecen en el medio por largos períodos de tiempo, pero siempre al filo del precipicio, batallando por sobrevivir.

El libro *Viejos y Nuevos Dilemas de las Revistas Académicas en México*, editado por Eduardo Loría con la colaboración de varios autores (Colección:

Ciencias Sociales Serie:

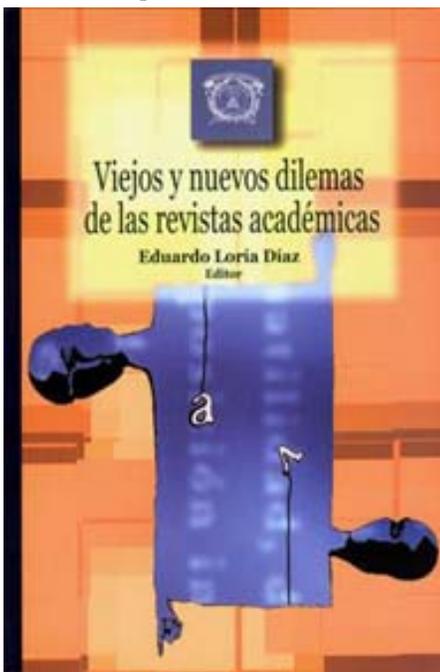
Comunicación. Universidad Autónoma del Estado de México, 2001), repasa esa vieja problemática que rodea a las revistas científicas y académicas de México y que, aún hoy, continua siendo un auténtico nudo gordiano. Es, como dice Patricia Magaña en la introducción, un eterno “luchar porque (las revistas) tengan los recursos económicos y humanos apropiados, así

como una valoración adecuada, es una labor colectiva que implica convencer a amplios grupos de lo valioso de este trabajo.”

En México, la investigación científica se gesta y se desarrolla en las instituciones públicas de educación superior. En los centros de investigación del sector público se realiza una pequeña parte de esta actividad, pero en las instituciones particulares de educación superior y empresas privadas de México, sectores que en los países desarrollados constituyen la principal fuente de apoyo y promoción de la investigación científica, la contribución a este propósito es casi inexistente.

Por tal motivo se dice que en México la ciencia es una labor del estado. No porque pertenezca a él, sino porque casi la totalidad del financiamiento y las líneas de investigación provienen de allí. Por el contrario, según Mikkelsen, en su estudio sobre revistas científicas universitarias estadounidenses, en los países desarrollados la industria es la principal promotora de ciencia y en segundo lugar las universidades. El estado juega un papel preponderante como socio o promotor de ciertas líneas.

Asimismo, gran parte de los principales canales de comunicación utilizados por los científicos de países desarrollados son privados, asunto impensable en México. Estos canales, que no son otra cosa que los *journals* o revistas científicas, se caracterizan por tener en común una serie de estándares aceptados universalmente, que les permite seleccionar los trabajos más originales y de mejor calidad. El **Institute of Scientific Information**, a través del *Science Citation Index*, es uno de los evaluadores de la calidad de las revistas e incluye alrededor de 5,200 revistas de un mundo editorial científico de aproximadamente 150,000 revistas de ciencia.



<sup>1</sup> Prof. Titular C. Programa Ambiental. DICA, Instituto de Ingeniería. UACJ. Correo-e: vgarza@uacj.mx

Para hablar de ciencia en México es preciso hablar de comunicación científica. La mayoría de los investigadores mexicanos pertenecientes a las denominadas *ciencias duras*, comunican sus hallazgos a sus pares tomando como única referencia, para la elaboración de sus reportes, los estándares internacionales del *Science Citation Index* y desdeñando las revistas científicas nacionales que no se hallen en esa lista, las cuales constituyen la inmensa mayoría de las revistas científicas y/o académicas que se publican en el país.

El motivo del malinchismo científico, como apunta Schoijet en su colaboración, no es en razón única de alcanzar niveles de calidad y proyección internacional, sino de validar internamente, en la comunidad científica y académica mexicana, un sistema de reconocimiento y premios a quienes publiquen un determinado número de artículos al año en alguna de esas 5,200 revistas indizadas.

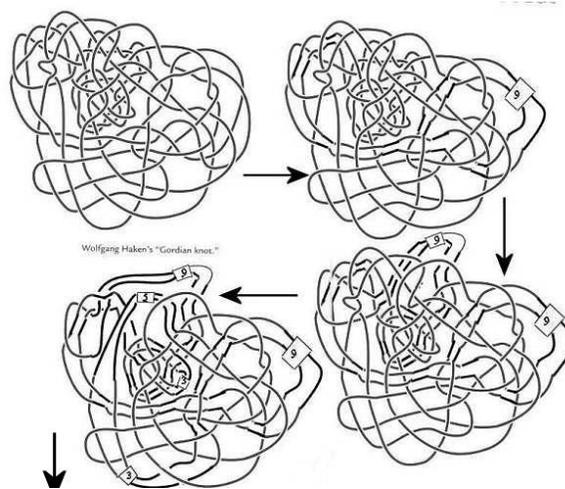
Es por esto que en el medio científico mexicano ya no sólo cuenta la antigua máxima de *publicar o morir*, como lo menciona Loría en su aportación, sino que “ahora deben añadirle a esa frase el dónde se publica y el número de citas de trabajos para que los sistemas de evaluación le otorguen valor.”

“El que la información científica de un país se publique en ese mismo lugar es importante, debido a que ésta no sólo estará disponible para otros investigadores sino también para los diferentes sectores...” dice Quintanilla, otro de los coautores, pero tal parece que muchos de los investigadores no lo hacen así y renuncian a publicar en medios científicos mexicanos, ya que eso les resta presencia entre sus colegas y bajo puntaje cuando les evalúa el Sistema Nacional de Investigadores para el otorgamiento de recompensas.

Producir ciencia de estado en México y exigir a los investigadores que alcancen la altura de salto de los investigadores de los países desarrollados,

quienes practican la denominada *super ciencia* y que además cuentan con todo el respaldo económico de corporaciones internacionales y universidades, es un absurdo; principalmente a nivel de universidades de provincia.

No solamente porque, como lo han detectado algunos estudios, el **factor de impacto** de sus publicaciones es pobre; es decir, colegas de otras naciones no leen ni citan a los investigadores mexicanos, sino porque, como lo señala Blackett, los investigadores no se preocupan “lo suficiente en cuanto a los efectos que tienen sus descubrimientos –para bien o para mal– sobre la sociedad.” Y no sólo eso, no se preocupan porque a la sociedad le llegue información de sus actividades.



“Lo que es pequeño seguirá siéndolo, aunque quiera ser grande”, dijo el sabio chino Lin Tai Wao. Y ese es el caso de la ciencia mexicana. Es importante publicar internacionalmente pero es más preocupante no hacerlo internamente; nuestros problemas y nuestros intereses generalmente no son asunto de otros investigadores, como apuntan Pescador y

colaboradores en otro capítulo del libro. Estar en los grandes escaparates no hará grande a la ciencia mexicana, y la realidad es que los científicos mexicanos apenas publican por encima de 300 artículos al año en revistas indizadas, afirma Wyatt Gibbs.

Y si a esto se le suman los prejuicios étnicos, geográficos, educativos e intelectuales de los pares evaluadores, no es garantía de impacto convertir al inglés y poner evaluadores internacionales a las publicaciones científicas mexicanas. Esto lo detectó Pescador al estudiar la conversión, del francés al inglés, de la revista *Anales* del Instituto Pasteur de París. Pescador pudo demostrar que el factor de impacto entre los investigadores internacionales no varió y, en cambio, la revista perdió lectores de francés. “Una revista mexicana, dice, tendría menos probabilidades de aumentar su factor de impacto que la revista francesa estudiada.”

---

La ciencia en México es pequeña y de corte clásico, nada parecida a la *super ciencia* ni a la *tecno ciencia* que se realiza en las naciones desarrolladas. Podemos medir su actividad en función de la producción de artículos científicos publicados e indizados internacionalmente. Y aunque esto pueda decir mucho sobre la calidad de los trabajos, habla poco sobre su impacto. No del factor impacto, que se evalúa según las veces que un autor es citado por otro en revistas de igual valor, sino del impacto social de su trabajo de investigación; es decir, que beneficios tangibles aporta su trabajo de investigación a la sociedad que lo cobija.

Ya expertos han ensayado escribir artículos de carácter científico pero de contenido ficticio, o tratado de publicar artículos reconocidos en alguna área de la ciencia pero bajo título y nombre de autores inexistentes, y han logrado que sus “fraudes” sean publicados o aceptados en revistas internacionales del más alto arbitraje. Estos engaños a los comités evaluadores de revistas, se han hecho para probar que no necesariamente los pares evaluadores se las saben de todas ni que lo publicado en un medio científico prestigioso sea enteramente válido.

Tal es el caso de Jan Hendrik Schon, la estrella científica de los laboratorios Bell, que publicaba en promedio un artículo científico cada dos semanas en las mejores revistas del mundo. Se descubrió que manejaba la información y que, entre 1998 y 2001, alteró la información en al menos 16 ocasiones. Este es el primer caso de fraude científico en la historia de los laboratorios ganadores del Premio Nóbel.

Paradójicamente, mientras que en México las revistas académicas luchan por sobrevivir dado el escaso interés y apoyo dentro de las instituciones universitarias o de investigación oficial, y habido el poco valor que les otorgan los sistemas evaluadores propios, en el país vecino del norte las instituciones de educación superior tienen la obligación de producirlas, publicarlas y mantenerlas.

En su estudio *Revistas universitarias de investigación: Propósitos y características del escenario de la escritura científica* (1994), Mikkelsen menciona que la publicación de dichas revistas es un compromiso que las universidades adquieren con quienes les financian las investigaciones que se desarrollan

en ellas, como una forma de difundir las actividades que llevan a cabo, los resultados obtenidos y el posible impacto de su trabajo en el sistema de la ciencia y en la sociedad.

El esquema de esas revistas universitarias de investigación cae dentro de las llamadas multidisciplinarias o de divulgación científica. Y la divulgación de la ciencia, que es el marco por el cual se debe dar el llamado “entendimiento público de la ciencia”, actividad que promueven, financian y reconocen los consejos y academias de ciencias de muchos gobiernos de países desarrollados –para que la sociedad comparta por derecho información sobre lo que están haciendo las instituciones públicas– en México es discriminada.

Y mientras que en aquellas naciones se profesionaliza el quehacer del escritor de ciencia y tecnología y se instituyen sus espacios de trabajo, en nuestro país se le cierran los caminos hacia la formalización de su labor. Paradójicamente algunos de los investigadores que claman por altos niveles de evaluación, se autoproclaman promotores de la divulgación de la ciencia en México. Habrá científicos que podrán o no estar interesados en divulgar la ciencia, pero es un hecho que esta actividad no debe de quedar en manos de gente cuya principal preocupación es la producción de artículos indizados; ni en manos de administradores universitarios que jamás han escrito ni publicado una sola línea.

Y mientras que en aquellas naciones se consolidan y se siguen creando programas de enseñanza universitaria y posgrado para formar escritores de ciencia, en México se piensa que el escritor de ciencia –como el poeta– nace no se hace. Pero se equivocan, el escritor de ciencia se hace, no con un “cursito” como otros piensan, sino a golpes de experiencia y a largo plazo.

Finalmente, con la creación de bases de datos electrónicas en línea desde mediados de los años setenta hasta la aparición del Internet en los noventa, y con el surgimiento de las computadoras personales y su consecuente popularización, se formó una nueva actitud de trabajo intelectual y consulta de datos.

Algunas revistas de “ciencias duras” altamente especializadas, como el *Physical Review Letters* y *Physics Today*, que son toda una tradición en calidad e impacto, según Hernández y Méndez,

---

coautores con Loría, cuentan, además de su versión impresa, con versiones electrónicas en la Internet. Los precios entre una y otra versión varían. La revista *Science*, por su parte, otorga a sus suscriptores el derecho de acceder a los archivos electrónicos que mantiene en línea. Y como las mencionadas existen muchas otras revistas científicas que han aprovechado favorablemente la red.

Hay asociaciones científicas, como la internacional de física, que ya tienen fecha para dejar de publicar en papel sus revistas y hacerlo exclusivamente vía Internet. Las ventajas de

estas publicaciones son que estarán accesibles desde cualquier lugar del mundo donde haya red, abaratarán costos de publicación y el costo al público lego será menor.

Finalmente, debo mencionar que *Viejos y Nuevos Dilemas de las Revistas Académicas* analiza la problemática nacional y sirve de guía a quienes pretendan incursionar en este medio especializado.



Alejandro Cortando el Nudo Gordiano



*A veces me siento y pienso...*



*y a veces, nada más me siento*

*Yo leo, y tú... ¿yo? Sagitario*

-¡Ah! o sea que nada

- Si, nadar si, bueno más o menos

Quizá esta podría ser una conversación de un par de jóvenes (sin generalizar por supuesto). Creo que el verbo leer no es un verbo que se practique mucho entre una buena parte de nuestra población estudiantil universitaria, de allí la posible confusión, y muchos no lo detectan. ¿Leer? Yo leo, tú lees, él lee... casi nadie lee<sup>o</sup>

Hemos entrado en la era del verbo ver, todo es imagen, en cualquiera de sus presentaciones. Existe un dicho que reza “*una imagen dice más que mil palabras*”, aunque luego sean necesarias más de mil palabras para explicarla.

La palabra escrita...

La lectura, como ya se sabe, no es santo de devoción en nuestro país; evidentemente no es la excepción entre los jóvenes universitarios, más bien es el común denominador. Y por alguna razón los estudiantes de ingeniería se encuentran aún más alejados de la lectura. A veces uno puede sorprenderse de que existan jóvenes que en años no han leído un solo libro. Los motivos son muy variados; el más socorrido es que ellos no encuentran un beneficio en la lectura, ya no digamos una utilidad.

La expresión más fehaciente de su falta de andanzas en libros es que su comunicación oral y escrita es un desastre. Pobre vocabulario, pobre ortografía y redacción.

Para muchos futuros ingenieros la visión de su carrera no incluye como parte importante la comunicación. Dan por sentado que entender lo técnico y su vocabulario (y a veces deficientemente) es más que suficiente. Intentar que los estudiantes descubran los beneficios de ser un lector ávido no sólo de libros, revistas o manuales técnicos (es habitual descubrir que ni estos forman parte de su lectura) les ayudará a ser mejores en su profesión, es un reto de singular complejidad.

El ejemplo más cercano que tengo es el de aquellos cuyo derrotero los llevará a ser profesionales del desarrollo de software. Ponerles sobre la mesa la importancia de desarrollar habilidades de comunicación escrita y oral, como una forma de ser mejores profesionistas es uno de los puntos medulares de algunos cursos.

Frecuentemente recorro al pasaje bíblico de la *confusio linguarum* babilónica; en este episodio la construcción de la Torre de Babel queda inconclusa por el sólo hecho haberles roto la comunicación mediante la confusión de lenguas. Construir, en equipo, con una comunicación deficiente o nula, seguramente será un fracaso. Expresar las ideas claramente, plasmarlas en forma escrita no es una tarea sencilla.

¿Cómo hacer entender que una buena expresión oral y escrita abre puertas y suaviza el camino? ¿Cómo hacer entender que aquello que no tiene nombre no existe? No en vano un tema común a algunas religiones y mitologías es el de Nomoteta, es decir el primer creador del lenguaje.

En muchas ocasiones cuando un estudiante intenta expresar algo, no encuentra la palabra correcta o más aún usa un concepto diferente a lo que intenta dar a entender. En otras, no hila bien su construcción oral; la escrita es todavía más débil.

¿Cómo inculcar que leer vorazmente da armas para la comunicación?

Hace algunos años en un breve taller de literatura al que asistí guiado por Efraín Bartolomé (poeta chiapaneco), se le pidió a manera de colofón que mencionara si había alguna regla para aquellos que quieren escribir. La respuesta fue sencilla y contundente “*el que no lea, que no escriba*” Exagerando “*el que no lea, que no escriba... y tampoco hable*”

lfernand@uacj.mx



## Publica o perece

### La Ciencia y el Oficio de Escribir

"Publica o Perece"

Máxima en la Comunidad Científica Internacional

Trabaja, termina, publica.

M. Faraday

Un científico es un hombre de pluma: escribir libros es su vocación.

John Ziman

Sobre Rachel Carson, quien con su libro *Primavera silenciosa* (1962) propició el movimiento ambientalista mundial, Paul Brooks, su editor y biógrafo, afirmó: "cualquiera que esté interesado como se escriben los buenos libros (...), encontrará una experiencia esclarecedora observando a Rachel Carson en su trabajo." Ella "... hizo de sus libros una unión tan eficaz de la ciencia y la literatura."

...los escritores, como las lentes, podrían distinguirse en cromáticos y acromáticos; estos últimos, perfectamente corregidos de la manía dispersiva, saben condensar con toda precisión las ideas que por la lectura o la observación recolectan, mientras que los primeros, faltos de freno de la corrección, gustan ensanchar con irisaciones retóricas, con franjas de brillantes matices, los contornos de las ideas, lo que no se logra sino a expensas del vigor y de la precisión misma.

Santiago Ramón y Cajal

El hombre de ciencia corriente sigue siendo tan anárquico como siempre en sus métodos de publicación, y tiene escasa conciencia de sus obligaciones respecto a la comunicación de la ciencia y al mantenimiento de los registros de sus trabajos.

H. Coblans

Sobre la cantidad y calidad de las publicaciones científicas.

"El volumen mismo de las publicaciones científicas resulta engañoso. Su valor es muy disparate; en una gran proporción, tal vez de las tres cuartas partes, no merece haber sido publicada, y sólo se publica por consideraciones económicas que no tienen nada que ver con los verdaderos intereses de la ciencia... Con frecuencia la publicación es prematura y está dictada por la necesidad de establecer prioridades."

J.D.Bernal

Cualquier investigación está lejos de haber terminado cuando se ha anotado la última verificación... La forma en que esto es presentado a la comunidad científica, el "documento" en que... se da cuenta de la investigación, las subsecuentes críticas y citas de otros autores, y el lugar definitivo que llega a ocupar en la cultura de la generación siguiente: todo esto es parte de la propia investigación. Describir una

investigación científica desde su inicio hasta el momento en que se publican sus resultados, es como tratar de describir a un ser humano desde su niñez hasta su pubertad, sin tomar en cuenta los años de madurez y responsabilidad que siguen.

John Ziman

A.M. Weinberg llama nueva casta de interpretes científicos a aquellos "hombres de ciencia e ingenieros en actividad, que mantienen el más estrecho contacto con sus profesiones técnicas y que, por el hecho de encontrarse cerca de los datos, pueden realizar nuevas síntesis, que no se encuentran al alcance de aquellos que no tienen todos los datos en la punta de los dedos." A estos "acarreadores" se les conoce como meta-analistas.

El científico escribe y publica tanto, que la acumulación y manejo de la información científica surgió como problema insoluble en la década de los 30's. Aun en la década de los 60's se discutía la dificultad de la captura y diseminación de la información. Los sistemas de computo de esa época servían para la recolección, acumulación y selección de datos, más no para la documentación de los métodos y las teorías de los textos científicos. El advenimiento de las computadoras personales en los 80's, paliaron un poco el problema de registro y subregistro de los cientos de miles de

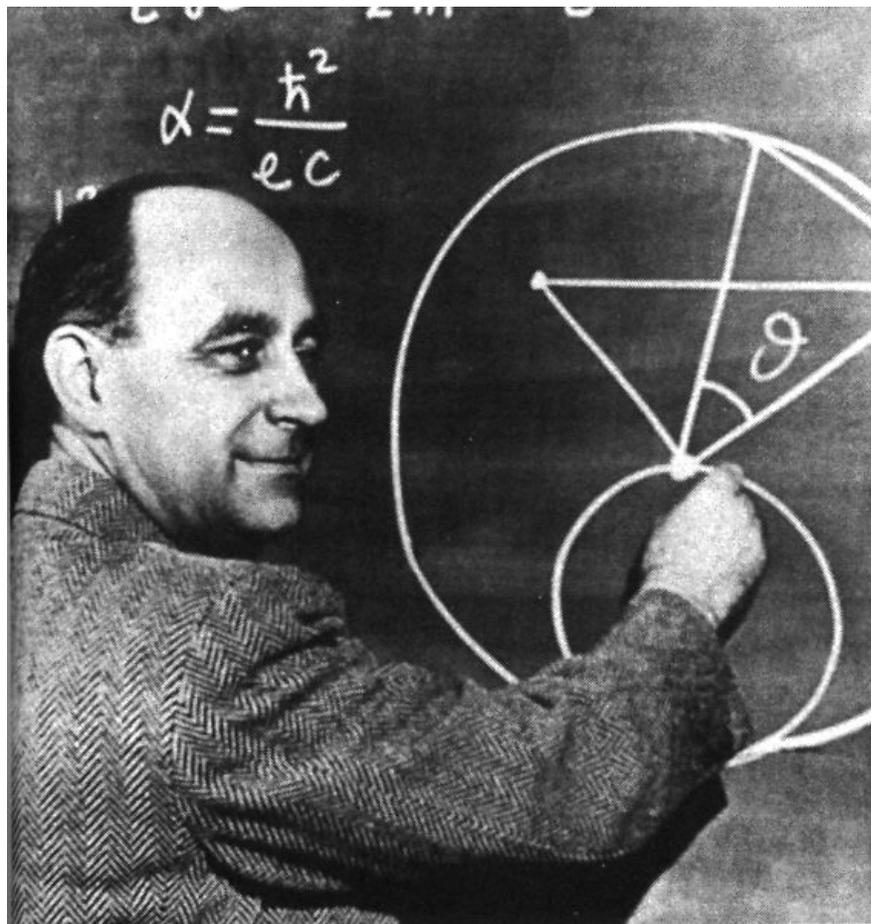
---

publicaciones generadas por la comunidad científica cada año. En los 90's se plantea como sustituto de las publicaciones normales a las publicaciones por medios electrónicos; tal es el caso de la Sociedad Internacional de Física que en 1995 votó por dejar de hacer sus publicaciones impresas y diseminar su información por la red mundial de Internet a partir de 1997.

El científico francés Gastón Bachelard se preguntaba por que la ciencia no se escribía de una manera menos fría ya que, aseguraba, se podía decir lo mismo de una manera más poética. No encontró eco en la comunidad científica. Las obras científicas se siguen escribiendo con la misma rigurosidad con que la ciencia se hace. Sin embargo, para el nivel de alta divulgación científica esto no rige igualmente. Según Paul Brooks, Rachel Carson “como escritora usaba palabras para revelar la poesía (...) que está en el centro de cualquier hecho científico... Nunca se preocupaba de que la disciplina científica en la que había sido entrenada embotara su pluma... No se avergozaba de su respuesta emocional a las fuerzas de la naturaleza.”

El humanista mexicano Antonio Gómez Robledo afirmó, en un homenaje que le hicieron en junio de 1994, que su obra “no tiene la menor originalidad por no tratarse de creación si no de 'acarreo', aunque eso si, bromeó, del mejor.” Ciertamente, con mucho del material creado hasta ahora en las letras y en las ciencias se podría 'acarrear' suficiente recurso para entretener a numerosos universitarios inquisitivos o escritores de ciencia en busca de tema.

[publicaoperece@yahoo.com.mx](mailto:publicaoperece@yahoo.com.mx)



Enrico Fermi (1901-1954)

# Ba'huí

## La curiosidad ha despertado

Seis meses después estaba concluida una de las muchas partes del trabajo: los resultados preliminares pero muy preliminares, me confirman que la Sierra de Samalayuca pertenece a una estructura de grandes dimensiones y que se extiende hasta la zona del Carrizalito (noreste de Cd. Chihuahua). Pero no fue la única que se vislumbró de entre los resultados preliminares muy preliminares, hay otra mega-estructura paralela que se extiende desde las inmediaciones de la Sierra de Boca Grande, en la parte mas noroeste del Estado, pasa cerca de Bismark (mina famosa de plomo y zinc) y se trunca al sureste de esta unidad minera.

Ambas megaestructuras, como las llamo, presentan en sus flancos oriente y poniente anticlinales y sinclinales, (similares a las crestas y valles de una onda sonora). Estos últimos son rasgos negativos localizados por debajo de la superficie y que semejan la oquedad que formamos cuando juntamos las manos para tomar agua.

A estas alturas, la pregunta tenía una respuesta parcial: sí había un control por parte de la megaestructura sobre los acuíferos libres, pero solo apreciable en la medida en que nos alejamos del área de Cd. Juárez. Desde que tengo uso de razón, el Acuífero de El Bolsón del Hueco se está terminando. Pero a pesar de estar sujeto a una excesiva extracción de agua por bombeo, mayor que su recarga por la lluvia y el Río Bravo (aunque estudios recientes dicen que todavía cuenta) la aritmética no me da, no se ha agotado! ¿Hmmm? ¿Entonces, qué sucede? ¿De donde viene esa ganancia que impide que se agote? ¿Existe una alimentación lateral y/o vertical ascendente subterránea que se suma a la recarga? ¿Quien es el mecenas? ¿Cuántos mecenas existen?

Las únicas, aparte de las abundantes arenas y arcillas de nuestro paisaje son las calizas, (como las rocas que se ven en el Cerro Bola) pero de esas existen estudios importantes, PEMEX y UTEP, y no dicen nada al respecto. Justo ahí es donde nace el gusanito, ¿tienen esas rocas las características hidrogeológicas necesarias para aportar cantidades importantes al Bolsón del Hueco a pesar de su profundidad? ¿Constituyen el basamento? ¿Qué acomodo geológico o estructural genera mecanismos hidráulicos que propician un flujo vertical ascendente o lateral? Uf!! Un millón de preguntas de a dólar.

Preferiría una pregunta de un millón de dólares. Sentí que estaba llegando a un callejón sin salida. En primer lugar porque la información de que disponía además de insuficiente, era viejita, necesitaba actualizarla, compararla, entrelazarla, categorizarla y todo lo terminado en “..arla”.



Samalayuca Foto: SEMARNAT

De antemano sé que en el área la biblioteca con mas libros especializados, pues es la de UTEP. Mi primer impulso fue correr a ella, pero diez segundos después me acuerdo que no tengo pasaporte, ¡recórcholis! (como dijera Batman a Robin), bueno pues activemos el plan B. Zambomba! (replica Robin a Batman) cuál plan B!? si no tengo plan B (debería tener uno).

Lo único que tengo es la Internet y solo la he utilizado para búsqueda de equipo; ni siquiera sé si la información que se “baja” es válida en estudios serios (no puedo llamar estudio científico a este remedo mental escrito a partir de una curiosidad). Bien, como creo saber cómo navegar por la Internet y al no tener otra alternativa, pues, “que sea lo que la Internet quiera”.

carlosmartinez\_mx@yahoo.com.mx

# La Puerta



## Transmitir el Conocimiento...

Se suele recurrir a la imagen de la Sociedad del Conocimiento para definir la tendencia de los países desarrollados. Más allá de las escenas que nos ofrecen diariamente los medios de comunicación y de la posible distorsión de la realidad que puedan proporcionarnos, es cierto que la sofisticada especialización que han alcanzado las diferentes ramas del saber produce una ingente cantidad de información que, si fuera convenientemente divulgada, mejoraría sin duda las condiciones de vida de millones de personas y en algunos casos ayudaría a explicar fenómenos que parecerían sujetos al ámbito de lo enigmático.

Sin embargo, tales resultados apenas rebasan los límites de las publicaciones especializadas y sólo alcanzan a las comunidades de intereses de los científicos y en el mejor de los casos, de quienes financian las investigaciones. Frente a ese aislamiento, aumentan cada vez más las supersticiones y prospera el oscurantismo, que tanto desprestigia la búsqueda del conocimiento tras las apariencias y las preguntas audaces.

Se hace necesario cubrir ese abismo que parece infranqueable entre el saber y sus destinatarios, que son los seres humanos, mediante una labor paciente y meticulosa de indagación, divulgación y transmisión. Es indispensable ese esfuerzo, si no queremos que la ignorancia acabe por embrutecernos, si queremos que la Edad media que se detecta sobre todo en los síntomas sociales, no vuelva a sumirnos en la oscuridad de los miedos y el analfabetismo.

La posibilidad de cubrir el abismo la ofrece las nuevas tecnologías de la comunicación, que tanto están marcando los hábitos en nuestro tiempo, pues nos plantean cada día nuevos retos que ponen a prueba nuestra capacidad de adaptación a un medio siempre cambiante.

Por ejemplo tenemos Internet, como una plataforma global donde se escenifican los cambios de orientación en los comportamientos y se ponen en evidencia las

debilidades sociales y morales del sistema que sustenta ese potente instrumento de comunicación.

Todavía es pronto para poder calibrar en su justa proporción de qué manera esta compleja red de relaciones está influyendo en los procesos cognitivos de los que navegan por sus aguas virtuales, aunque ya hemos podido detectar que favorece determinados vicios inconfesables y también alienta y beneficia a los que buscan el conocimiento, por muy fragmentado y disperso que se encuentre en los laberintos de las líneas que nos ponen en contacto con los más recónditos archivos o bases de datos.

Tenemos también la certeza de otro interesante estímulo y es el desafío que presenta a la creatividad, en el sentido de la puesta en práctica de la potencia imaginativa para encontrar nuevos estilos, aplicaciones originales y en cierto sentido extraer todos los posibles beneficios que puede proporcionarnos.

La evolución tecnológica, que ha logrado la Humanidad en esta fase de su Historia, debe corresponderse con un desarrollo de las potencialidades que aun están latentes en cada ser humano, sin olvidar la necesidad de profundizar en una ética que oriente el sentido de las finalidades y de los objetivos.

La técnica nos invita a mirar hacia delante, a experimentar nuevos métodos y estilos, a sacudirnos inercias que pertenecen a un tiempo ya pasado. He aquí uno de los desafíos de nuestro tiempo.

Finalmente, no cabe duda que Internet—entre las más populares tecnologías de comunicación—está cumpliendo un deber divulgador, dando facilidades a los investigadores y esta revista pretende aportar su granito de arena difundiendo aquello que nos resulta interesante para mejorar la interpretación del mundo hoy en día.

jorge.rodas@itesm.mx

## México tiene 100 veces menos físicos per cápita que Estados Unidos

México tiene 100 veces menos físicos per cápita que Estados Unidos. De hecho, el país cuenta sólo con aproximadamente mil 500 expertos en la materia, en parte, por un bajo reconocimiento de esta disciplina por parte del gobierno y de la iniciativa privada, y por otro, debido a las deficiencias en la educación media superior que no preparan a los estudiantes para una carrera científica.

Arturo Menchaca Rocha, coordinador del área física de la Academia Mexicana de Ciencias (AMC) consideró que la cifra es muy baja para una nación de poco más de 100 millones de habitantes y, agregó, en proceso de formación en el área de esa ciencia básica hay sólo alrededor de 3 mil 500 estudiantes en las universidades e instituciones de educación superior a escala nacional, lo que consideró que se puede traducir como una escasa vocación profesional hacia esa rama de la ciencia.

Menchaca Rocha, también director del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México, reconoció que si bien en el país se forman cada año 60 doctores en física, las instituciones de educación superior sólo emplean 15 o 20 de ellos; los demás deberán buscar trabajo en la iniciativa privada, donde las plazas son muy escasas.

"Durante la década reciente se ha creado una institución o dependencia donde se hace física cada año, que por lo general emplea entre 15 o 20 investigadores", dijo, "pero en la actualidad se producen cada año 60 doctores en física, lo que significa que se producen tres veces más recursos humanos de los que el mercado es capaz de captar, dado que por lo general las instituciones ya formadas no tienen recursos económicos para abrir nuevas plazas".

En el contexto del Año Internacional de la Física, sostuvo por ello que es muy importante para nuestro país desarrollar esa ciencia o, de lo contrario, advirtió, seguiremos utilizando tecnología proveniente del extranjero que no entendemos y sólo la compramos porque nos parece bonita o por la marca, pero no somos capaces de reproducirla, ni de repararla si se descompone.

Sostuvo que México ha atravesado por tres etapas, que reflejan el atraso que ahora vivimos. En la década de los 50 del siglo pasado el sueño era hacer las cosas, es decir, fabricar los aparatos que utilizamos en la vida diaria. Después "ese avión" se nos fue y empezamos a pensar en repararlas. Y añadió que ahora ya no podemos ni entendemos los avances científicos, por eso, cuando un aparato tecnológico se nos descompone, simplemente lo tiramos, porque no somos capaces ni de repararlo, "pues no entendemos esa nueva tecnología".

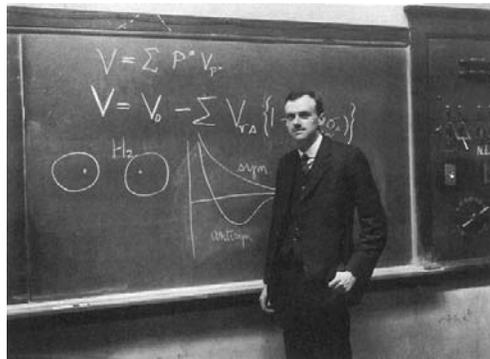
Lo peor de todo, agregó el académico, es que ni siquiera estamos tomando decisiones adecuadas y pensadas de cómo adquirir esa tecnología, o sea, uno adquiere lo bonito o por la marca, pero no lo entendemos a profundidad. "Compramos cosas sin saber que son".

Subrayó que la inversión en ciencia no es un lujo, sino una prioridad para el país, que puede propiciar el desarrollo de México y elevar la calidad de vida de sus habitantes.

"A la hora de amarrarnos el cinturón como país no debemos ser tontos. Tal vez habrá cosas que dejemos de hacer o gastar, pero no podemos matarnos de hambre o dejar de educar a la gente. Si alguien tiene poco dinero, la mejor inversión es la educación, para que su familia tenga un futuro mejor".

José Galán

*La Jornada*



Paul Dirac  
1902-1984

---

## Glaciares del Himalaya retroceden por calentamiento global: WWF

GINEBRA (Reuters) – Marzo 15. Los glaciares del Himalaya están menguando a un ritmo mayor debido al calentamiento global del planeta, amenazando con la escasez de agua a millones de personas en China, India y Nepal, dijo el lunes el grupo ecologista WWF.

La Fundación Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés) dijo en un nuevo estudio que los glaciares del Himalaya están menguando entre 10 y 15 metros promedio por año y que la tasa se estaba acelerando ante el incremento del calentamiento global.

En India, el glaciar Gangotri está retrocediendo a una media de 23 metros por año, dijo el estudio.

"Los glaciares del Himalaya están entre los que más rápido están retrocediendo debido a los efectos del calentamiento global," dijo la WWF en un comunicado.

"Esto a la larga producirá escasez de agua para cientos de millones de personas que dependen de los ríos que se nutren del glaciar en China, India y Nepal," dijo.

"El rápido deshielo de los glaciares del Himalaya incrementará primero el volumen de agua en los ríos provocando grandes inundaciones," dijo Jennifer Morgan, directora del programa sobre cambio climático global de la WWF.

"Pero en unas pocas décadas esta situación cambiará y el nivel de agua en los ríos bajará, lo que provocará problemas económicos y medioambientales para la población del oeste de China, Nepal y el norte de India," dijo.

La WWF realizó el estudio antes de la apertura de un congreso internacional de dos días que tendrán lugar en Londres, a la que asistirán los 20 países que más energía consumen. Al encuentro le sucederá una reunión del Grupo de los Ocho países más industrializados (G8) que estará centrada en el cambio climático en África.

Los glaciares del Himalaya nutren de agua a siete de los mayores ríos de Asia: el Ganges, el Indo, el Brahmaputra, el Salween, el Mekong, el Yangtsé y el Huanghe.

WWF convocó a trabajar en conjunto para reducir las emisiones de dióxido de carbono, culpables del calentamiento global, y aumentar el uso de energías renovables y medidas para ahorrar energía.



Montes Himalaya, Nepal.

Foto: Takashi Akamatsu

---

## BACTERIAS EN POZOS DE AGUA PERMITIRIAN SABER MÁS SOBRE VIDA EXTRATERRESTRE

Según un grupo de investigadores de la Agencia Espacial Estadounidense (NASA), el estudio de bacterias primitivas podría revelar importantes pistas sobre la existencia de vida extraterrestre.

Científicos del Instituto de Astrobiología de la NASA recurrieron al estudio de los estromatolitos, que son estructuras de roca formadas por capas de algas con lodo en su interior, que se encuentran en los pozos del valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, en el desierto Chihuahuense, al norte de México.

La investigación de estas antiguas formaciones podría ayudar a identificar las condiciones atmosféricas únicas creadas por la vida primitiva en planetas que orbitan alrededor de una estrella, como el sol.

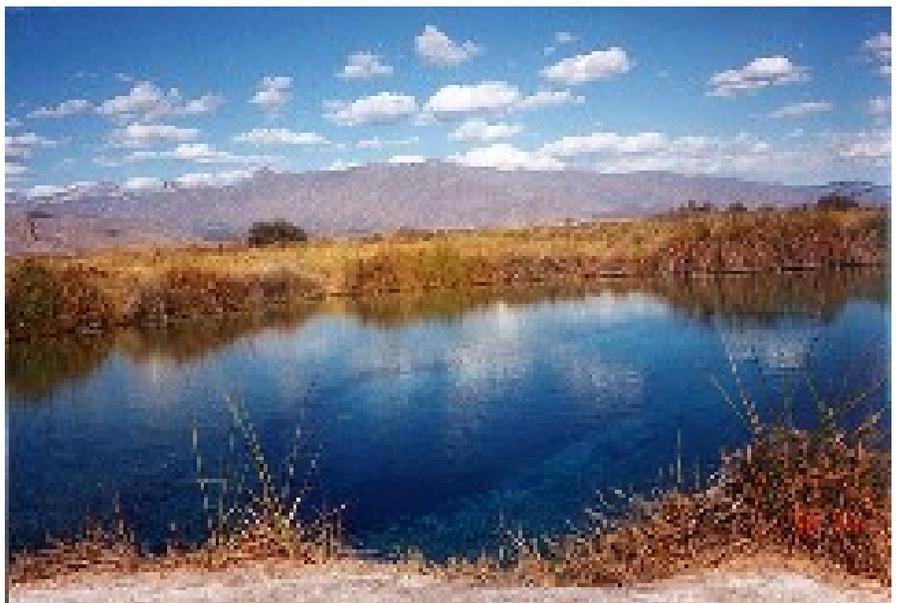
En la NASA creen que los planetas del sistema solar podrían estar poblados por colonias similares de bacterias primitivas, que sirvieron de base desde la cual complejas plantas y animales multicelulares que habitan la Tierra evolucionaron posteriormente.

"Creemos, y es sólo una creencia hasta ahora, que es probable que exista mucha vida afuera, pero podría ser sólo en etapa microbiana", explicó la jefa del laboratorio planetario virtual del Instituto Victoria Meadows, y agregó: "No seres a bordo de OVNI, pero sí vida en cualquier otra parte del universo".

*Reuters*

El paisaje de Cuatro Ciénegas está salpicado por alrededor de 200 pozos de aguas termales.

Foto: Nancy T. Wilson



El Valle de Cuatrociénegas se encuentra a tres horas de Torreón. Ubicado en el estado mexicano de Coahuila, tiene una altura de 740 m snm, y está rodeado por seis montañas cuya altitud rebasa las tres mil metros sobre el nivel de mar.

Es considerado una reserva ecológica debido a que en él existe flora y fauna únicas, endémicas, como la tortuga bisagra, la tortuga de concha blanda de color blanco, el pez ciego.

Su color azuloso se debe a algas microscópicas llamadas estromatolitos, una especie de coral, que provee de oxígeno al agua.

El Valle de Cuatrociénegas es uno de los lugares con mayor concentración de especies endémicas y se encuentra dentro del desierto coahuilense. Fue decretado por el Gobierno Federal como área natural, ya que en él existen peces, aves, reptiles, mamíferos.

En las pozas se pueden realizar diferentes actividades como el buceo; la bicicleta de montaña; la fotografía de paisaje, subacuática y de vida silvestre; el campismo y el rappel, sin olvidar las posibilidades de investigación de las formas de vida que allí se encuentran.

Ayuntamiento de Torreón, Coahuila. MÉXICO.

---

## Científicos y universitarios de países pobres emigran al primer mundo

Datos de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) indican que la cantidad de científicos e ingenieros que han abandonado sus países de origen hacia naciones industrializadas en busca de mejores opciones de trabajo, de ascenso y de remuneración, equivale a cerca de un tercio del número de los que se quedan en sus países de origen, lo cual provoca una merma importante del capital humano para estos rubros, el cual es "indispensable para la productividad y el crecimiento económico" de las naciones pobres.

En su estudio *En busca de un compromiso equitativo para los trabajadores migrantes en la economía globalizada*, la OIT plantea que por lo menos hay "400 mil científicos e ingenieros de naciones en desarrollo" que trabajan en actividades de investigación y desarrollo en las naciones del primer mundo, y 1.2 millones siguen laborando en su país.

En el apartado "Emigración de personas calificadas: fuga de cerebros", este organismo internacional expone que desde principio de la década de los 90 la movilidad de trabajadores muy calificados está aumentando de manera constante, ante la creciente demanda mundial de especialistas, del avance de la globalización y del espectacular desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación.

Advierte que la fuga de cerebros no sólo puede frenar el avance tecnológico de un país en ciertas circunstancias y dependiendo de la magnitud, sino que también puede "engendrar círculos viciosos", por ejemplo, en la atención de aspectos tan importantes como la salud, y cita que la emigración de médicos y enfermeras africanos está "menoscabando el nivel de la atención de salud" en ese continente, justo en el momento en que es más acuciante la necesidad de disponer de esa atención en razón del avance del VIH/sida. Subraya que en Ghana y en Jamaica los médicos formados en el propio país que trabajan en el exterior "son más numerosos que los que siguen ejerciendo en su país".

En el análisis también se sostiene que la migración de estudiantes es un fenómeno precursor de la fuga de cerebros, y alude que

según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) a principios del actual milenio poco más de "1.5 millones de estudiantes extranjeros cursaban estudios superiores en los estados miembros, y que de ellos más de la mitad eran procedentes de países ajenos a la OCDE, de este total casi medio millón estaba en Estados Unidos, un cuarto de millón en el Reino Unido y en Alemania alrededor de 200 mil".

Tras acotar que una proporción importante de los estudiantes acaba siendo inmigrante permanente, alude que aproximadamente "47 por ciento de las personas nacidas en el extranjero que completan un doctorado en Estados Unidos se quedan en este país".

Aspectos positivos

Pero la OIT destaca que cuando el éxodo tiene retorno se "desencadenan diversas fuerzas que pueden promover el crecimiento económico por un efecto de retroacción, pues los migrantes al regresar traen sus calificaciones y su experiencia laboral del extranjero impulsando con ello el aumento de la productividad". De igual forma, refiere que "por sí sola la perspectiva de conseguir ingresos más altos gracias a la migración puede incitar a invertir más de lo previsto en educación, tanto pública como privada", pero ello realmente depende de las condiciones de cada país.

Al citar que también las naciones desarrolladas "promueven la inmigración de profesionales mediante mecanismos de contratación y sistemas de selección que facilitan su entrada", y que esos sistemas de selección consiguen "atraer a los más brillantes y competentes de los países en desarrollo", la OIT señala que en el decenio pasado las personas que habían inmigrado a Estados Unidos procedentes de países en desarrollo tenían en promedio un nivel de educación "dos veces superior al de sus compatriotas que seguían viviendo en su país", un ejemplo de ello lo fueron los jamaicanos, ya que a principios de esta década había "3.7 veces más jamaicanos de nivel universitario en Estados Unidos que en su propio país".

Carolina Gómez Mena

*La Jornada*

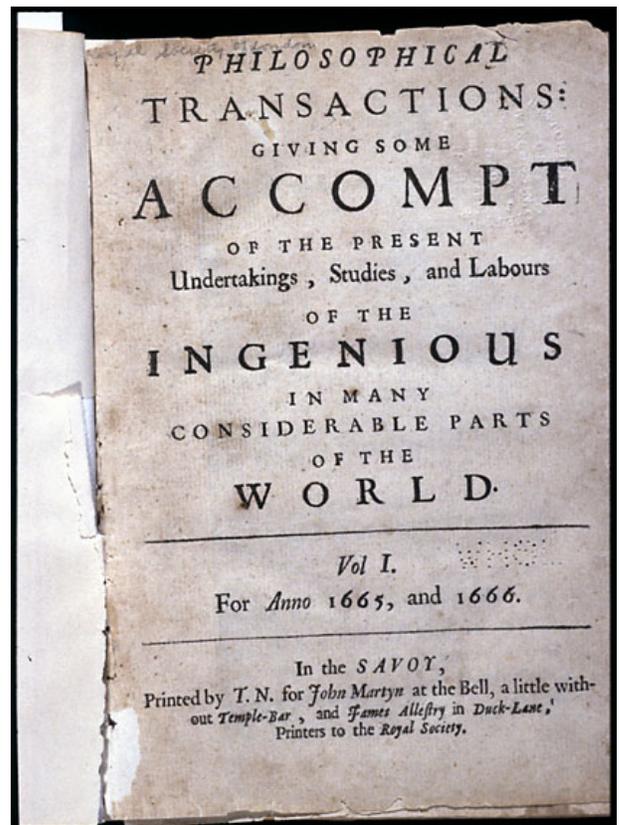
**CULCyT**

## Primeras Revistas Científicas de la Historia



**Le Journal des Savants**  
París, Francia.  
1665

**Philosophical Transactions**  
Londres, Inglaterra.  
1665



Facsímiles digitales