

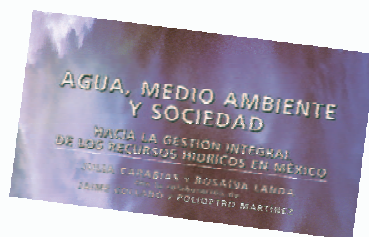
# Tlaloc AMH

Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C.

Revista Cuatrimestral

Enero - Abril 2006

No. 36



## ARTÍCULOS

## PUBLICACIONES

## NOTICIAS

Resultados del estudio del comportamiento del sedimento en el embalse del P. H. El Cajón, Nayarit  
*Jesús Gracia Sánchez*

Aplicación del cociente de sequedad en la República Mexicana  
*Daniel Fco. Campos Aranda*

El IV Foro Mundial del Agua, reflejo de voces unidas y propuestas para que el recurso sea factor de desarrollo y bienestar social: *Jaime Jáquez*

Segundo Simposium de Hidráulica: "El agua: estrategias, vida y desarrollo"  
*Ing. Miguel Angel Haces Zorrilla*

Agua, Medio Ambiente y Sociedad  
Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México



# Grupo Universal

## 50 Años en el Desarrollo Hidráulico de México



Presa Canoas, Durango



Acueducto DIM  
Lázaro Cárdenas, Michoacán



### OBRAS PRINCIPALES

- 12 presas de almacenamiento y derivación
- 58,000 m de canales de riego
- 15 sistemas de agua potable/drenaje
- 3 plantas potabilizadoras/tratamiento
- 24 acueductos y sistemas de distribución

Además:

- 610 kms. de construcción de caminos y carreteras
- 2 millones de m<sup>2</sup> en obras de aeropuertos, pistas, rodajes y plataformas
- 120,000 m<sup>2</sup> de edificaciones urbanas
- 1,410,100 m<sup>2</sup> de urbanizaciones



Planta "Los Borros"  
Cutzmalá, Edo. de México

### EXPERTOS EN:

- Estudios
- Proyectos específicos
- Proyectos ejecutivos integrales
- Consultorías
- Asesoría técnica
- Coordinación y supervisión de proyectos
- Supervisión técnica y administrativa

### ÁREAS DE TRABAJO

- Hidráulica
- Hidrología superficial y subterránea
- Hidrometría
- Ingeniería sanitaria y saneamiento
- Topografía
- Control de calidad
- Estudios de factibilidad técnica, económica y financiera
- Sistemas computacionales

Ingeniería y Consultoría Universal, S.A. de C.V.

Torres Adalid 1412-1, México, D.F. C.P. 03020  
Tels./Fax 5682 3976, 5687 2711 y 5687 2973  
e-mail: [ingicusa@prodigy.net.mx](mailto:ingicusa@prodigy.net.mx)

Grupo de Ingeniería Universal, S.A. de C.V.

California 119, México, D.F. C.P. 03100, Tel. 5559 1044  
Fax 5575 8335, e-mail: [corp@giusa.com](mailto:corp@giusa.com)

# EDITORIAL

Tláloc AMH No. 36

Estimados amigos:

La coyuntura actual ha contribuido a elevar y ampliar el debate en torno a la importancia de los recursos hídricos como un elemento determinante que garantice la viabilidad y desarrollo de cualquier nación del mundo, en un marco de sustentabilidad.

El hecho de que México haya sido anfitrión del IV Foro Mundial del Agua permitió que los más destacados especialistas en la materia discutieran diversos tópicos, a partir del éxito y las experiencias que en este sentido han llevado a cabo las distintas naciones del orbe.

Si bien los esfuerzos que técnicos y especialistas del sector hidráulico han impulsado a lo largo de muchas décadas para atender las necesidades que en materia de agua demanda la población son un hecho palpable: el desarrollo social y el crecimiento demográfico exigen la adopción de nuevas herramientas y mejores esquemas en donde prevalezca el cuidado y la preservación del medio ambiente.

A la necesidad de canalizar mayores recursos con innovadores esquemas de financiamiento, se suma la tarea de desarrollar nuevos modelos que consideren un manejo integral del agua, donde la participación de la comunidad científica debe estar muy ligada a las prioridades y necesidades de la población en su conjunto.

Al mismo tiempo, los cambios que en materia de gobierno registrará este año nuestro país, abren la oportunidad para replantear la política hídrica nacio-

nal que considere las anteriores premisas e incorpore otros elementos que contribuyan a garantizar la disponibilidad de agua para las presentes y futuras generaciones, así como la gobernabilidad hídrica.

De ahí que la celebración de nuestro XIX Congreso Nacional de Hidráulica, que tendrá lugar en noviembre próximo en el estado de Morelos, sea una excelente oportunidad para promover el intercambio y la generación de un mayor conocimiento, con el fin de lograr una gestión integral del agua e influir en la toma de decisiones al inicio de un nuevo gobierno.

La participación entusiasta de todo nuestro gremio en este evento debe favorecer el desarrollo de un valioso foro de análisis y discusión sobre la problemática hídrica de México, que permita proponer mejores alternativas de solución en el corto, mediano y largo plazos. Las conclusiones que emerjan del Congreso serán presentadas al nuevo Gobierno Federal para que sean incorporadas al Programa Nacional Hídrico 2006-2012.

Por lo anterior, los exhorto a poner todo su esfuerzo y conocimiento a su alcance para lograr esta noble tarea que, sin duda alguna, redundará en un mayor beneficio para nuestro país.

Atentamente.

Poliopetro F. Martínez Austria



# Consejo Editorial

Director • • • • • *Jorge Malagón Díaz*

Editor • • • • • *Carlos A. Escalante Sandoval*  
Técnico

*Daniel Campos Aranda*  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

*Jaime Collado*  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

*Carlos Cruickshank Villanueva*  
Instituto de Ingeniería, UNAM

*Rubén Chávez Guillén*  
Comisión Nacional del Agua

*Salvador Díaz Maldonado*  
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Sonora

*Ramón Domínguez Mora*  
Instituto de Ingeniería, UNAM

*Rosalba Landa*  
El Colegio de México

*Polioproto Martínez Austria*  
Comisión Nacional del Agua

*Roberto Melville*  
Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social

*Gabriela Moeller Chávez*  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

*Martín Mundo Molina*  
Universidad Autónoma de Chiapas

*Lilia Reyes Chávez*  
Facultad de Ingeniería, UNAM

*Rodolfo Silva Casarín*  
Instituto de Ingeniería, UNAM

*Gilberto Sotelo Ávila*  
Facultad de Ingeniería, UNAM

*Juan Carlos Valencia Vargas*  
Comisión Nacional del Agua

*Miguel Ángel Vergara*  
Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, IPN

Miembros del Consejo Editorial

# Tláloc AMH

Tláloc AMH, No. 36, Enero - Abril 2006

ÓRGANO DE COMUNICACIÓN DE LA  
ASOCIACIÓN MEXICANA DE HIDRÁULICA, A.C.

## XXVII Consejo Directivo de la AMH

### Presidente

*Polioproto F. Martínez Austria*

### Vicepresidente

*Jorge Malagón Díaz*

### Tesorero

*Ángel E. Ortega Mata*

### Primer Secretario

*Claudia Lucía Hernández Martínez*

### Segundo Secretario

*Jorge Arturo Casados Prior*

### Vocales

*Héctor Fernández Esparza*

*Agustín Félix Villavicencio*

### Ventas y Publicidad:

*José Aarón Campos R.*

Director de Promoción

Tels. 5580 4782

5557 1505

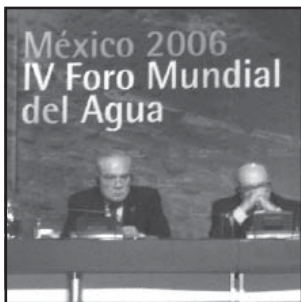
[aaroncampos@prodigy.net.mx](mailto:aaroncampos@prodigy.net.mx)

**Tláloc AMH. Es una publicación cuatrimestral de la Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C.** Para mayores informes dirigirse a Camino a Santa Teresa 187, Colonia Parques del Pedregal, C.P. 14010, México, D.F., tel. y fax (55) 5666 0835. Certificado de licitud de título núm. 12217 y de contenido núm. 8872. Reserva de derechos al uso exclusivo en trámite. El contenido de los artículos firmados es responsabilidad de los autores y no necesariamente representa la opinión de la AMH. Ninguna parte de esta revista puede ser reproducida en medio alguno, incluso electrónico, ni traducida a otros idiomas sin autorización escrita de sus editores. El tiraje es de 2,500 ejemplares incluyendo los de reposición. Impresa en los talleres de Editores e Impresores FOC, S.A. de C.V. Los Reyes 26, Col. Jardines de Churubusco, Delegación Iztapalapa, C.P. 09410, México, D.F., Tel. 5633 2872. Editor Responsable: Jorge Malagón Díaz.

Certificado de circulación pagada (o gratuita), cobertura geográfica y estudio del perfil del lector, ante la Secretaría de Gobernación con el número DGMI 397.

[www.amh.org.mx](http://www.amh.org.mx)

# INDICE



## ARTÍCULOS

---

**R**esultados del estudio del comportamiento del sedimento en el embalse del P. H. El Cajón, Nayarit 4  
*Jesús Gracia Sánchez*

**A**plicación del cociente de sequedad en la República Mexicana 12  
*Daniel Fco. Campos Aranda*

## NOTICIAS Y RESEÑAS

---

**E**l IV Foro Mundial del Agua, reflejo de voces unidas y propuestas para que el recurso sea factor de desarrollo y bienestar social: *Jaime Jáquez* 24

**S**egundo Simposium de Hidráulica: "El agua: estrategias, vida y desarrollo" 26  
*Ing. Miguel Ángel Haces Zorrilla*

## SEMBLANZA

---

**G**ilberto Sotelo Ávila 27

## PUBLICACIONES

---

**A**gua, Medio Ambiente y Sociedad 31  
*Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*

## EMPRESAS DEL SECTOR

---

**S**olución efectiva en taludes y protección de ductos 35

## SITIOS WEB

---

**G**estión Integral del Agua 37

# Resultados del estudio del comportamiento del sedimento en el embalse del P. H. El Cajón, Nayarit

*Jesús Gracia Sánchez*

Instituto de Ingeniería, UNAM.

## *Resumen*

Se presentan los resultados de una investigación sobre el comportamiento del sedimento en el embalse del P. H. El Cajón, Nayarit. Empleando la información de campo disponible, dos modelos numéricos elaborados *ex profeso*, así como los resultados de un modelo físico, se estudia el comportamiento tanto del sedimento grueso como del fino dentro del embalse y se proponen soluciones.

## *Introducción*

Este trabajo se realizó con el patrocinio de la CFE, para estudiar el comportamiento del sedimento (grueso y fino) en el embalse del P. H. El Cajón. Al ingresar agua con sedimento a un embalse, el material sólido tendrá dos destinos principales, uno permanecer en suspensión dentro del vaso (turbidez), y el otro depositarse en el fondo. El primero produce principalmente problemas de calidad del agua, que repercute en la flora y fauna del agua almacenada, así como en la calidad del efluente; y el segundo en la disminución de la capacidad del vaso.

El material fino implica principalmente calcular el comportamiento de la turbidez para determinar la calidad del agua dentro del embalse y en su efluente principal (la obra de toma), así como definir las posibles zonas de depósito en el interior del vaso. El material grueso generalmente se deposita en la entrada del vaso, y es más importante por los efectos que causa en la dirección aguas arriba, que por el volumen que ocupa dentro del embalse. Es decir, el depósito de material grueso generalmente propicia

inundaciones en las zonas de llegada al embalse. En este caso, en especial, también importa determinar el comportamiento de la descarga profunda en la extracción de sedimento y conocer los efectos de erosión aguas abajo de la cortina. Los resultados de este análisis servirán para definir y proponer las posibles medidas de mitigación dentro y fuera del embalse.

Los antecedentes más importantes para estudiar el problema de turbidez se presentan en referencias como Kikkawa, 1978, Naoumura y Aki, 1976. Con base en estos estudios se empleó un modelo numérico para determinar el comportamiento del material en suspensión dentro de un embalse (Gracia et al, 2004). Es importante señalar que la turbidez no está asociada solamente con factores físicos sino también con otros de carácter químico y biológico, que cambian el comportamiento de las partículas suspendidas. Mientras la materia inorgánica puede considerarse que no cambia en su paso por el embalse, la orgánica puede alterarse significativamente de acuerdo con su evolución químico - biológica dentro del embalse. Esto implica que con tiempos largos de retención, puede haber cambios del material suspendido, y por ende de la turbidez, debido al desarrollo de microorganismos a expensas, principalmente, de la materia orgánica. En el estudio que aquí se presenta se establece la hipótesis de que la turbidez es originada solamente por la presencia de material suspendido que no tiene evolución química ni biológica.

Suponiendo que el depósito de sedimento dentro del embalse sea importante, uno de los objetivos de este trabajo es determinar el comportamiento (la eficiencia) de una descarga profunda para extraer sedimento del embalse. Esto se debe a que se ha considerado la posibilidad de habilitar un túnel de la obra de desvío como descarga profunda, para lo cual habría necesidad de realizar una inversión económica importante en el revestimiento y acondicionamiento de las estructuras de control (compuertas) para que funcione durante el desfogue de sedimento. Si no se habilita la descarga de fondo, entonces el costo económico sería menor, pues bastaría con construir

un tapón de concreto para cerrar el conducto. En muchos casos, la descarga de fondo es recomendable y tiene más importancia como elemento de seguridad de la presa (ICOLD, 1989 y White R, 2001), que como dispositivo para extraer sedimento del embalse.

### Información general del embalse

En la figura 1 se muestra el plano general de la cuenca del embalse, el cual tiene una longitud máxima de inundación de 64 km sobre el río Santiago, esto al considerar la cota del NAMO (391 msnm, información directa de CFE).



Los datos más importantes del embalse en relación a este estudio son los siguientes (CFE, 2003):

- a) Capacidad al NAMO,  $2250 \times 10^6 \text{ m}^3$
- b) Capacidad al NAME,  $2367.5 \times 10^6 \text{ m}^3$

Fig. 1 Esquema general de las corrientes de aporte

### Gastos líquidos de entrada

La información hidrométrica empleada para obtener los gastos medios mensuales se obtuvo de la referencia

Vázquez *et al.*, 2004, donde se muestran los volúmenes de escurrimiento y el transporte sólido anual. De este trabajo, también se obtuvo la misma información pero para períodos mensuales. Las estaciones consideradas fueron El Caimán y La Yesca. En la zona de avenidas ocurre principalmente en el período de junio a noviembre.

En la tabla 1 se muestran los valores medios mensuales de los escurrimientos líquidos. Los datos del

Mes	Gasto Est. El Caimán ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Gasto Est. La Yesca ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Gasto total ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
ENE	11.961	54.049	66.010
FEB	5.351	42.073	47.423
MAR	2.383	44.605	46.988
ABR	2.357	44.108	46.465
MAY	1.860	46.144	48.004
JUN	13.000	68.855	81.855
JUL	75.631	228.337	303.969
AGO	92.048	273.252	365.300
SEP	72.650	236.709	309.359
OCT	26.146	131.785	157.931
NOV	7.455	70.792	78.248
DIC	9.202	50.478	59.681

Tabla 1. Gastos mensuales en la entrada del embalse

Embalse	Sedimentación ( $\times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ )
Caracol	29.0
Santa Rosa	9.0
La Soledad	0.86
Tuxpango	0.22
La Venta	0.6

Tabla 2. Tasas de sedimentación en embalses mexicanos

río Bolaños se obtuvieron de la estación El Caimán (1945-1999) y los del Santiago de la estación La Yesca (1949-1999).

### *Aporte de material sedimentable*

Dada la falta de información sobre el aporte de sedimento, se optó por recabar información sobre el material depositado en diferentes embalses mexicanos. La CFE proporcionó la siguiente información de la tabla 2.

Con el análisis de la información anterior, es muy probable que el aporte total de sedimento para el embalse de El Cajón sea de  $11.2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ ; o sean  $560 \times 10^6 \text{ m}^3$  en 50 años para el caso más desfavorable, y de  $5.46 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ ; o sean  $273 \times 10^6 \text{ m}^3$  en 50 años en el caso menos desfavorable. Si se comparan los valores de sedimentación en cincuenta años, con la capacidad total del embalse al NAMO ( $2250 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), se puede observar que corresponden al 24.9 % y al 12.0 % respectivamente. Si bien en la información anterior el sedimento depositado seguramente es una mezcla de material sólido fino y grueso, sin saber la proporción.

### *Sólidos transportados por las corrientes*

La información de sólidos transportados se obtuvo de la referencia Vázquez et al. 2004. En la tabla 3 se muestran los valores medios mensuales de las concentraciones de llegada al vaso que se emplearon en las simulaciones numéricas.

Mes	Gasto ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Concentración ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
Enero	66	0.040
Febrero	47	0.036
Marzo	47	0.038
Abril	46	0.053
Mayo	48	0.071
Junio	82	0.971
Julio	304	1.835
Agosto	365	1.476
Septiembre	309	1.547
Octubre	162	0.699
Noviembre	84	0.140
Diciembre	60	0.107

Tabla 3. Datos de gastos y concentraciones mensuales promedio

Dada la calidad de información existente, se decidió emplear los datos y concentraciones promedio de los datos existentes, para realizar las simulaciones numéricas. Es evidente que en la medida que se disponga de información sobre el aporte de sedimento y gastos, durante la vida útil del embalse, entonces será posible determinar la conveniencia de realizar nuevas simulaciones.

En el trabajo de Gracia et al (2004) se discute la conveniencia de usar para el material fácilmente sedimentable una velocidad máxima de caída de  $W_o = 0.0003 \text{ m/s}$ . En tanto que para el material que no se sedimenta  $W_o = 1 \times 10^{-12} \text{ m/s}$ . Se propone aquí emplear los mismos criterios dada la incertidumbre de los datos de concentraciones medidos.

### *Comportamiento del sedimento grueso*

No existe información de campo sobre el transporte de material grueso. El volumen total de material grueso calculado que se deposita en la entrada del embalse, ocurre con una tasa de  $1.4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ , por lo cual, desde el punto de vista de la pérdida de capacidad del embalse, en un horizonte de 50 años se depositarán  $70 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Este volumen no es significativo, pues la capacidad total al NAMO de este es de  $2250 \times 10^6 \text{ m}^3$ , lo cual significa que se perdería del orden del 3 % de la capacidad total. Esto suponiendo que todo el material grueso penetrara al embalse. De los cálculos realizados, gran parte del depósito ocurre en la entrada (antes del nivel del NAME). La ubicación de este sedimento, va desde donde el NAMO intersecta a la plantilla hasta 5000 m en la dirección aguas arriba y 6000 m aguas abajo, presentándose el máximo depósito aguas abajo del NAMO. En las simulaciones realizadas se consideró que el NAMO era el nivel representativo del funcionamiento del embalse. En términos generales se puede decir que el material sólido grueso se deposita a la entrada del embalse y su importancia radica, más que por el volumen ocupado, por los efectos de remanso en la dirección de aguas arriba.

### *Comportamiento del sedimento fino*

El volumen total de material de lavado transportado es de  $4.02 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ , por lo cual, desde el punto



de vista de la turbidez, en la condición más desfavorable, ésta será la cantidad de sedimento anual que se depositará en el embalse. Según las distribuciones calculadas éste tipo de sedimento alcanza a llegar hasta la cortina. El material de mayor tamaño se deposita principalmente en una zona que abarca desde la cortina hasta aproximadamente 15 km aguas arriba de ella. En la figura. 2 se muestra un ejemplo de las tasas de depósito anual calculadas a lo largo del embalse (Wo se refiere a diferentes diámetros característicos).

Considerando que la capacidad del embalse sea de  $2250.0 \times 10^6 \text{ m}^3$  (NAMO), el volumen ocupado por el sedimento fino en 50 años ( $201.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) es del orden del 9 % del volumen total. De aquí se concluye que el material fino no representa ningún problema desde el punto de vista de la pérdida de capacidad del embalse.

En el caso de materia no sedimentable, el embalse reduce la concentración máxima en 17.6% ( $100\% - 82.4\% = 17.6\%$ ). El tiempo promedio que tarda este tipo de sedimento, desde que entra al embalse, hasta que sale por la obra de toma es de 7 meses.

### *Cálculo del volumen que ocuparán a lo largo del tiempo los sedimentos dentro del embalse*

Si se consideran los dos tipos de sedimento juntos (grosso y fino) el total ocupado en 50 años será de  $271.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Esta cifra representa el 12.0 % del total al NAMO.

Como puede observarse, en el caso más desfavorable, la pérdida total del embalse no es grave, ya que aún suponiendo que el depósito se comportara como si fuera agua (nivel horizontal), y sabiendo que la capacidad del embalse al nivel 300 m, es de  $264 \times 10^6 \text{ m}^3$ , y como el piso de la entrada a la obra de toma es la 322.402 m, entonces el sedimento apenas llegaría a este nivel. Pero como el sedimento se deposita casi paralelo al fondo, no todo el material de turbidez se depositará y gran parte del sedimento grueso se queda en la cola del embalse, entonces es poco probable, según los cálculos realizados, que el sedimento sea un problema importante.

Ahora bien, no se debe olvidar que el volumen total de sedimento estimado con las mediciones en

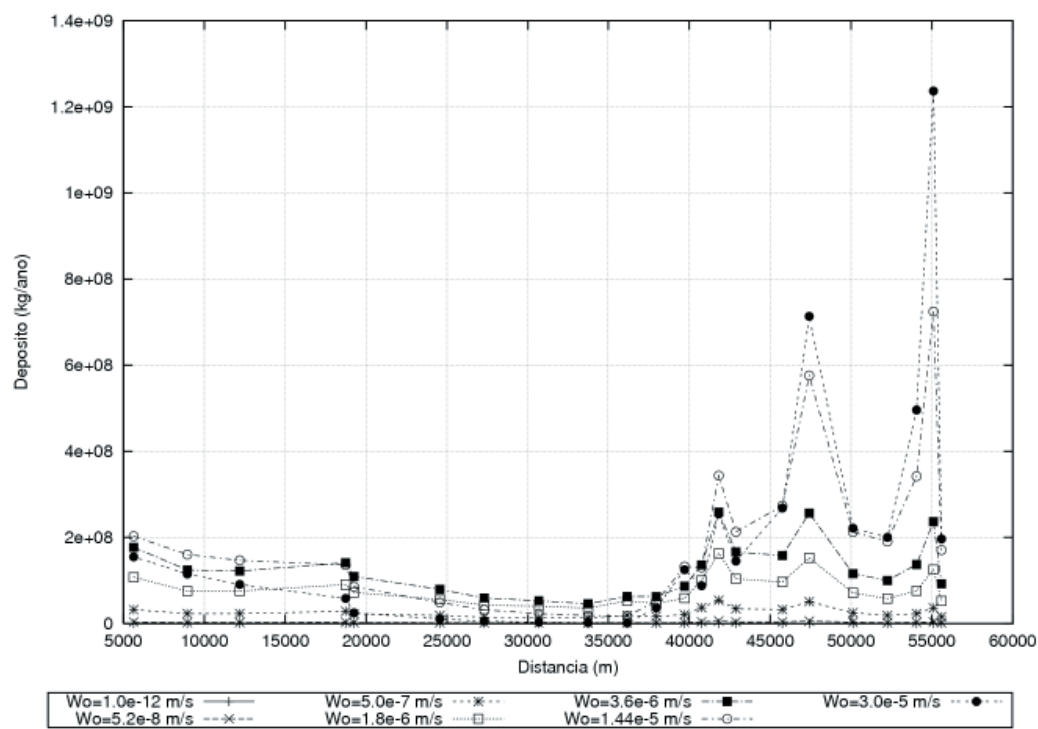


Fig. 2 Tasas de depósito anual a lo largo del embalse

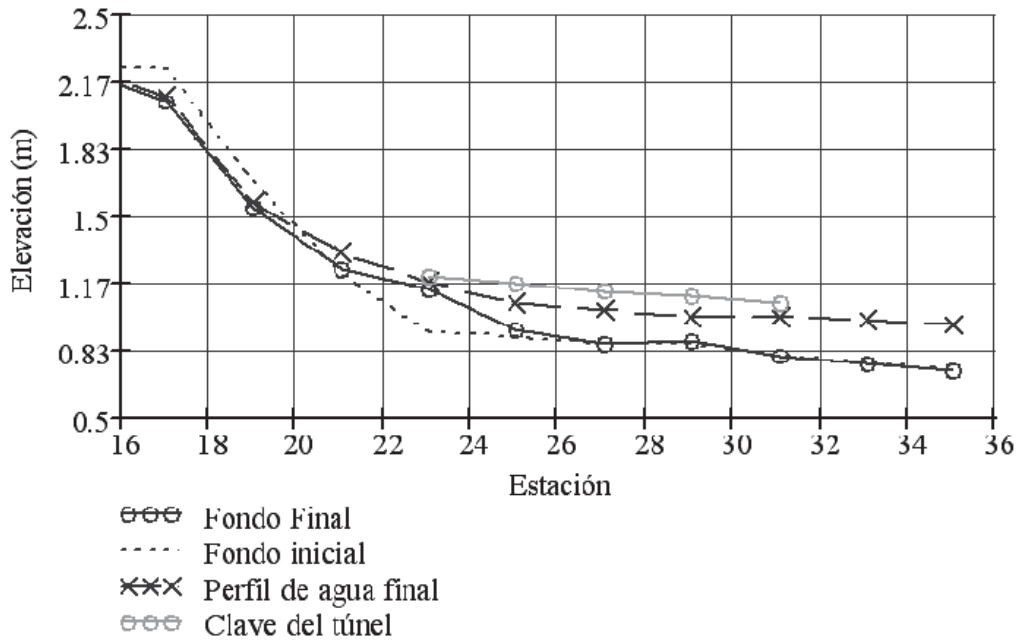


Fig. 3 Perfil del fondo para una condición de modelo físico.

embalses mexicanos en 50 años es de  $560 \times 10^6 \text{ m}^3$  en el caso más desfavorable y de  $273 \times 10^6 \text{ m}^3$  en el menos desfavorable. Comparando con estas cifras el valor de  $271 \times 10^6 \text{ m}^3$  calculado en este trabajo, se puede concluir que el resultado coincide mejor con la condición menos desfavorable.

Debe quedar claro que, de todos modos, que en un embalse tan grande el perder el 12 % de la capacidad al NAMO, es un problema muy serio ya que el aporte de sedimento es muy grande, y se refleja en las altas concentraciones de entrada, lo cual muestra el grave problema de erosión en las cuencas de aporte. De hecho, sería conveniente considerar que el problema de turbidez, es el reflejo del impacto del medio ambiente por la erosión, sobre el P. H. El Cajón (y no al revés). Lo anterior se refleja en la paradoja de que el suelo útil que se pierde en las cuencas, es el sedimento inútil que azolva los embalses.

### Comportamiento de la descarga profunda

Los resultados obtenidos de la simulación numérica indican que el volumen a extraer por período de descarga no es significativo ya que se extraerían  $0.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ , que comparativamente con la capacidad total de  $2250 \times 10^6 \text{ m}^3$  es menos del 0.1 %. Nótese que ello implicaría

vaciar totalmente el embalse y dependerá de que el sedimento llegue a depositarse hasta cerca de la cortina, lo cual según los cálculos realizados es poco probable.

Al realizar las pruebas en un modelo físico, consistentemente se observó el peligro de obstrucción del conducto para varios de los gastos probados. Sin embargo en la modelación numérica se observó que este riesgo disminuye. La razón de esta diferencia estriba en que, dado que no es posible escalar con precisión el sedimento, el diámetro del material empleado en el modelo (aún el más fino) sigue siendo muy grande para la escala seleccionada. Es decir, no es posible disponer (“fabricar”) de un material más fino para el modelo, porque entonces se tendría un material con comportamiento diferente al de los granos de arena (prácticamente sería limo o arcilla). En la Fig. 3 se muestra un ejemplo de un perfil del fondo calculado para una condición de modelo físico.

En el caso de que se depositara material en el interior del conducto, el problema es manejable, ya que al final de la operación de desfogue, el modelo físico muestra que durante el proceso de llenar nuevamente el embalse, si se realiza una descarga de agua con el túnel en carga, se producen velocidades suficientemente altas para remover cualquier material depositado. Esta descarga requeriría del uso de cantidades mínimas de agua y sería relativamente fácil de efectuar (Fan J., Morris G.L., 1992).



Es conveniente señalar que el hecho de que la descarga profunda no extraiga cantidades importantes de sedimento, no implica que no deba habilitarse tal descarga. Hay que recordar que como herramienta de seguridad, sobre todo durante la fase de llenado del embalse, es recomendable disponer de un mecanismo de seguridad (como lo es la descarga profunda) que permita, en un momento dado, realizar un desfogue de emergencia; esta es razón suficiente para implementar la descarga profunda.

### *Comportamiento de la erosión aguas abajo de la cortina*

El máximo descenso del fondo del cauce en un período de 10 años se ha calculado de 10.14 m y ocurre inmediatamente aguas abajo de la cortina. Será conveniente revisar el basamento de la cortina para verificar que la socavación calculada no dañe a la estructura y en todo caso preparar las medidas de corrección.

Ante la preocupación de que cuando operara la descarga profunda, podría reducirse la eficiencia de las turbinas por la acumulación del material removido “repentinamente”. Según las simulaciones realizadas, suponiendo que este material ( $0.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) se extendiera en un ancho del cauce de 60 m en una longitud de 9,500 m (longitud de socavación), si el depósito tuviera forma de cuña, se tendría que la profundidad del depósito al pie de la cortina sería de 1.053 m. Esto significa que no hay ningún problema, ya que tal depósito sería menor que la profundidad de socavación esperada por el efecto de la erosión aguas abajo.

Podría suponerse aún que como la descarga es “repentina”, el depósito se acumulara en la salida del túnel y no alcanzara a distribuirse en el cauce; esto no fue observado ni en las simulaciones numéricas ni en el modelo físico. Finalmente considérese que el gasto descargado por las turbinas es de  $519 \text{ m}^3/\text{s}$ ; la remoción de material sólido que este gasto puede realizar es mucho mayor que el transporte de la corriente con  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ , aún cuando este haya sido con concentraciones “altas”.

Por otro lado hay que considerar que si esta operación se realizara cada 10 o más años, la posible

interferencia con la operación de las turbinas será mínima, si se toma en cuenta que habrá que parar la operación de los generadores por meses para vaciar y luego volver a llenar el embalse.

En resumen, en el caso de intentarse la descarga de sedimento, no parece representar un problema importante de obstrucción importante, ni duradero, ni es de esperar que disminuya substancialmente la eficiencia de la generación.

### *Recomendaciones:*

- Es conveniente realizar levantamientos detallados en la entrada del embalse para disponer en el futuro de un punto de partida en la cuantificación del depósito de material grueso. Esto evidentemente, está asociado a realizar una medición en detalle de las secciones de la entrada al vaso, que permitan mejorar la simulación numérica del comportamiento de sedimento grueso.
- Es recomendable explorar la posibilidad de construir represas para controlar el sedimento (principalmente el grueso) antes de su llegada al embalse. Generalmente para el control del sedimento grueso será necesario realizar la construcción de represas de sedimentación (check dam), la rectificación y protección de cauces, el control de cárcavas, etc.
- Convendría realizar un estudio hidrológico para determinar la generación de avenidas con diferentes períodos de retorno, que permitan una mejor cuantificación del material sólido grueso.
- Si bien el problema de turbidez no genera un problema grave en las tasas de sedimentación, sí puede implicar problemas en la calidad del agua. La recomendación más importante en este sentido, es la necesidad de detener el sedimento en las cuencas de aporte. Hay que notar que esta recomendación no depende de la construcción de la cortina del P. H. El Cajón, es decir, aunque



no se construyera la obra es necesario detener la erosión en las cuencas.

- Sería recomendable realizar un estudio del control de la erosión en la cuenca, para definir aquellos sitios que deben tener preponderancia tanto por el aporte de sedimento como por su valor social. En términos generales, además del proceso típico de reforestación, será necesario definir la implementación de otras obras para el control del sedimento fino tales como: la construcción de terrazas, vías y fajas vegetadas, cultivos en contorno, etc. A este respecto existe una gran cantidad de literatura y procedimientos para el control de la erosión, dentro de los que se destacan el uso de la vegetación regional para implementar algunas de las obras de protección. El problema que se enfrentará en la práctica será la determinación de las prioridades en la atención a estos problemas, ya que normalmente la disponibilidad de recursos es escasa y el problema es muy grande. Con la determinación de las zonas con mayor aporte de sedimento (grueso y fino), será posible diseñar las obras a realizar y después de una evaluación técnico-económica, hacer una programación de las obras y actividades para atender aquellos casos donde, por el gran aporte de sedimentos, requieran una atención prioritaria. Del estudio de erosión de la cuenca de aporte, se obtiene que la cuenca del río Bolaños aporta el 39.1 % de material en suspensión, por lo cual bastaría con empezar por esta sub-cuenca para aliviar sensiblemente el problema.
- En el enfoque de este trabajo se ha considerado importante determinar el impacto de un Proyecto Hidroeléctrico como El Cajón, hacia el medio ambiente, sin embargo, probablemente, será conveniente contemplar en un nuevo escenario, el impacto del medio ambiente (aporte de sedimento) sobre El Cajón, y en función de ello definir las contribuciones a mitigar el problema.

- Paralelo a los trabajos del control de la erosión, es necesario el saneamiento total de las cuencas de aporte para controlar, en lo posible, el aporte de nutrientes, pesticidas y en general todos aquellos productos que alteren la calidad del agua embalsada y además influyan en el fenómeno de turbidez.

## Referencias

CFE, 2003, "Proyecto El Cajón", Coordinación de proyectos hidroeléctricos, CFE

FAN J., MORRIS G.L., 1992, "Reservoir sedimentation. II: Reservoir desiltation and long-term storage capacity", *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol 118, No 3, pp. 370-384

GRACIA S J *et al.*, 2004, "Estudio del comportamiento del sedimento en el embalse del Proyecto Hidroeléctrico El Cajón, Nayarit", Informe del Instituto de Ingeniería, UNAM, a la CFE.

ICOLD, 1989, "Sedimentation control of reservoirs", Comisión Internationale des Grands Barrages

KIKKAWA H., 1978, "Reservoir sedimentation", Chap.8, Proceedings of the first Seminary Japanese - American in erosion and sedimentation, Hawaii, USA

NAOUMURA, T & AKI, S, 1976, "Long term persistence of turbid water phenomenon in Hitotsue Reservoir", Douzième Congrès des Grands Barrages (Q.47,R.7)

ROSETE, R A Y MENDOZA, R A, 2004, "Estudio de la turbidez en el embalse del P.H. EL Cajón", Informe del II, UNAM para la CFE

VÁZQUEZ F E *et al.*, 2004, "Estudio del aporte de sedimentos al embalse del P. H. El Cajón", informe del II, UNAM para la CFE.

WHITE R, 2001, "Evacuation of sediments from reservoirs", Thomas Telford Publishing, London.



Con el fin de contribuir a la promoción y mejoramiento de la práctica profesional de la hidráulica en nuestro país, y estimular a quienes han destacado en el ejercicio de esta actividad, la Asociación

Mexicana de Hidráulica convoca al **PREMIO NACIONAL**

# Francisco Torres H., 2006

## a la práctica profesional de la hidráulica

Que será entregado bajo las siguientes bases:

### 1. Los candidatos deberán

Ser menores de sesenta años a la fecha de recepción de propuestas.

Tener estudios en cualquier disciplina relacionada con la hidráulica.

Haber ejercido la práctica de la hidráulica con una trayectoria relevante, durante un periodo mínimo de 15 años y mantenerse activo.

Destacar, a nivel nacional, por su desempeño profesional en la hidráulica, en beneficio de la población.

Distinguirse, como formador de profesionales en la hidráulica.

Haber participado en trabajos innovadores para la práctica en alguno de los campos de la hidráulica.

No haber recibido este premio con anterioridad.

### 2. Las propuestas:

Podrán ser presentadas por los miembros de la Asociación Mexicana de Hidráulica e instituciones afines.

Cada firmante podrá proponer solamente a una persona.

Deberá incluir:

Una carta dirigida al Presidente de la Asociación Mexicana de Hidráulica, en la que se explique clara y sucintamente las principales razones que sustentan la propuesta. Al calce aparecerá(n) el (los) nombre(s) y la(s) firma(s) de (los) proponentes(s). En caso de una institución, su director deberá firmar la propuesta.

Curriculum completo del candidato (cinco ejemplares).

Resumen del currículum, donde destaquen las aportaciones del candidato a la práctica profesional de la hidráulica (cinco ejemplares).

Documento oficial que compruebe la edad del candidato.

Cualquier otra información que el proponente considere importante.

### 3. Recepción de propuestas:

Las propuestas se recibirán en la Asociación Mexicana de Hidráulica, Camino a Sta. Teresa 187, Col. Parques del Pedregal 14010, México, D.F.

### 4. Fecha límite:

La recepción de propuestas será hasta el 30 de julio de 2006.

### 5. Designador del ganador:

El nombre de la persona ganadora se dará a conocer a más tardar el 2 de octubre de 2006.

A juicio del Jurado el premio podría declararse desierto.

### 6. El premio consistirá en:

Un diploma que será entregado en una ceremonia especial durante el XIX Congreso Nacional de Hidráulica.

Presentar, en sesión plenaria durante el XIX Congreso Nacional de Hidráulica la Conferencia Magistral "Francisco Torres H." con un tema de su especialidad.

Un cheque por \$50,000 M.N,



Con el fin de contribuir a la promoción y mejoramiento de la investigación y docencia de la hidráulica en nuestro país, y estimular a quienes han destacado en el ejercicio de esta actividad, la Asociación Mexicana de Hidráulica convoca al

**PREMIO NACIONAL**  
**Enzo Levi, 2006**  
**a la investigación y docencia de la hidráulica**

Que será entregado bajo las siguientes bases:

**1. Los candidatos deberán**

Ser menores de cincuenta años a la fecha de la recepción de propuestas

Poseer una trayectoria relevante durante un periodo mínimo de quince años, en la investigación y docencia de la hidráulica.

Mantenerse activo en los campos de investigación y docencia hidráulica.

Haber destacado, a nivel nacional e internacional, por sus investigaciones o desarrollo de tecnologías en el área de la hidráulica

Ser conocido, a nivel nacional, como un investigador y docente de prestigio.

Haberse distinguido como un formador de profesionales en la hidráulica o campos afines.

Haber participado en la formación de grupos de investigación hidráulica, en instituciones de investigación y educativas del país.

No haber recibido este premio con anterioridad.

**2. Las propuestas:**

Podrán ser presentadas por los miembros de la Asociación Mexicana de Hidráulica e instituciones afines.

Cada firmante podrá proponer solamente a una persona.

Deberá incluir:

Una carta dirigida al Presidente de la Asociación Mexicana de Hidráulica, en la que se explique clara y sucintamente las principales razones que sustentan la propuesta. Al calce aparecerá(n) el (los) nombre(s) y la(s) firma(s) de (los) proponentes(s). En caso de una institución, su director deberá firmar la propuesta.

Currículum completo del candidato (cinco ejemplares).

Resumen del currículum, donde destaquen las aportaciones del candidato a la investigación y docencia de la hidráulica en México (cinco ejemplares).

Cinco ejemplares de las publicaciones más relevantes del candidato.

Documento oficial que compruebe la edad del candidato.

Cualquier otra información que el proponente considere importante.

**3. Recepción de propuestas:**

Las propuestas se recibirán en la Asociación Mexicana de Hidráulica, Camino a Sta. Teresa 187, Col. Parques del Pedregal 14010, México, D.F.

**4. Fecha límite:**

La recepción de propuestas será hasta el 30 de julio de 2006.

**5. Designador del ganador:**

El nombre de la persona ganadora se dará a conocer a más tardar el 2 de octubre de 2006.

A juicio del Jurado el premio podría declararse desierto.

**6. El premio consistirá en:**

Un diploma que será entregado en una ceremonia especial durante el XIX Congreso Nacional de Hidráulica.

Presentar, en sesión plenaria durante el XIX Congreso Nacional de Hidráulica la Conferencia Magistral "Enzo Levi" con un tema de su especialidad.

Un cheque por \$50,000 M.N.





# Aplicación del cociente de sequedad en la República Mexicana

*Daniel Fco. Campos Aranda*

Investigador Nacional

## *Resumen*

Inicialmente se expone de manera breve el concepto de desertificación. En seguida se define conceptualmente el cociente de sequedad (dryness ratio), como la relación media anual entre el balance de energía radiante en la superficie y el calor requerido para evaporar la precipitación anual. Con base en el cociente de sequedad (CS) se presenta una clasificación climática para las zonas áridas. A continuación se describe con detalle el cálculo numérico del CS, exponiendo sus ecuaciones y los tres procedimientos desarrollados para procesar 40 observatorios meteorológicos que cuentan con datos de insolación, 14 que no tienen tal información y 123 estaciones climatológicas que corresponden a las principales localidades del país. Las evaluaciones del CS se realizaron para dos valores del albedo: 0.10 y 0.25, que representan aproximadamente suelo desnudo o con vegetación escasa y con una cubierta vegetal. Por último, se exponen y comentan los resultados.

## *Introducción*

Circundando los desiertos del planeta existen amplias extensiones de terreno semiárido y subhúmedo donde habita una gran población humana. Muchos países se localizan en estas áreas con precipitación deficiente y a pesar del riesgo que esto implica, sus poblaciones han podido sobrevivir por siglos. Sin embargo, en las últimas décadas han ocurrido eventos desastrosos algunos de ellos generando trágicas hambrunas, como se ha observado principalmente en África, oeste de

China, Australia y noreste de Brasil. ¿Qué ha originado tal situación? ¿Es una falla humana o ha sido originada por sus impactos? o ¿Es una consecuencia del cambio climático? Las respuestas a estas preguntas involucran el problema de la desertificación, o grupo de procesos tales que los ecosistemas pierden su capacidad para revivir o para repararse ellos mismos; esto implica la degradación del terreno hasta que no es capaz de mantener adecuadamente las comunidades vivientes (Hare, 1985).

¿Por qué parece que los desiertos se propagan o extienden? Primero porque la población de las zonas áridas ha crecido notablemente en las últimas décadas, generado una gran demanda de alimentos, fibras y recursos naturales que tales áreas no pueden satisfacer. Por otra parte, las sequías, que en condiciones naturales tendrían poco efecto, en la gran población existente generan graves inconvenientes; además estos grupos humanos han perdido su capacidad para lidiar con tales eventos climáticos extremos, pues han cambiando sus sistemas de pastoreo nómada por zonas de cultivo (Hare, 1985).

## *Clasificación Climática de las Zonas Áridas*

### *Definición del cociente de sequedad*

Para estudiar el clima de las zonas áridas del planeta es necesaria una medida de la aridez y como en estos climas cálidos y secos, el abastecimiento de energía en su superficie es excesiva y la precipitación deficiente, el índice de aridez buscado medirá el balance hídrico superficial entre estas magnitudes. El cociente de sequedad (*dryness ratio*) de Budyko-Lettau se define como la relación entre el balance de energía radiante en la superficie y el calor requerido para evaporar la precipitación anual; en ambas cantidades se consideran su valores promedio anual y se excluye el calor aportado o extraído por los vientos (Hare, 1985).





En palabras simples, un cociente de uno significa que el calentamiento de la superficie debido a la energía radiante es suficiente para evaporar la lluvia de un año. Este valor ocurre cerca del límite entre el bosque lluvioso y los pastizales. Un cociente de dos, comúnmente tomado como el límite exterior de las zonas áridas, significa que la energía disponible puede evaporar dos años de lluvia media y así en adelante. En teoría el cociente llega a ser infinito cuando la lluvia anual es cero. Los desiertos ocurren con cocientes mayores de diez (Hare, 1985).

Desde el punto de vista de la desertificación, la zona de riesgo ocurre en cocientes de sequedad de 2 a 7, ya que con valores mayores la productividad biológica es muy baja para mantener poblaciones humanas y sólo sobreviven alrededor de los oasis. Con valores menores de dos la vegetación existente es lo suficientemente vigorosa para recolonizar las áreas dañadas y aunque la erosión del suelo ocurre en zonas húmedas, no origina la pérdida de productividad (Hare, 1985).

### *Principales ecosistemas naturales*

- Semidesierto chaparro (*semi-desert scrub*), ocurre con cocientes de sequedad que varían de 7 a 10, está formado por arbustos que crecen en grupos aislados o de manera individual, son especies adaptadas a las sequías debido a su anatomía especializada, por ejemplo tienen hojas y tallos que retienen la humedad, presentan sistemas radiculares profundos y buscadores de la humedad. Estos arbustos también pueden ser espinosos y amargos para evitar el ataque de los animales. Los cactus y los mezquites son ejemplos de nuestros semidesiertos. En el espacio que dejan los arbustos existe una capa discontinua de hierbas y pastos perennes, además de plantas efímeras anuales, capaces de completar su ciclo de vida en unas 12 semanas después de las lluvias escasas. Las áreas de suelos desnudos están protegidas contra la erosión del viento y del agua por una costra delgada, que es destruida por las pezuñas. Estas zonas son sumamente vulnerables al pastoreo y ramoneo, además el uso de los arbustos para leña agrava tal situación (Hare, 1985).

- *Sabanas*, con cocientes de sequedad variando de 1 a 7, son pastizales que presentan árboles y arbustos esparcidos, así como árboles a las orillas de los ríos o cauces estacionales. Sus pastos son altos y de crecimiento rápido pues florecen, producen semilla y entran en letargo, durante e inmediatamente después de la época de lluvias. El resto de año los pastos están secos y por ello se queman regular y fácilmente. Las sabanas ocurren en zonas climáticas donde la época de lluvias origina de dos a seis meses que permiten el crecimiento de la vegetación (Hare, 1985).

- *Bosque seco*, también con cocientes de sequedad que fluctúan de 1 a 7, estuvieron originalmente dispersos dentro de las zonas áridas, principalmente en terrenos ondulados localizados al borde los bosques tropicales lluviosos. Algunos bosque secos tienen árboles que mudan sus hojas en época de secas, otros son perennes como los eucaliptos de los bosques de Australia. Aunque son propensos a los incendios anuales, sus árboles los resisten. La mayoría de estos bosques han sido deforestados para la agricultura, explotados para leña, o bien ha sufrido sobrepastoreo, por ello muy pocos se encuentran en condiciones naturales (Hare, 1985).

## *Cálculo Numérico del Cociente de Sequedad*

### *Ecuaciones del cociente de sequedad*

El cociente de sequedad (*CS*) está definido por la relación:

$$CS = \frac{Rn}{Rip} \quad (1)$$

en la cual, *Rn* es el balance de energía radiante en una superficie y *Rip* es la energía solar incidente necesaria para evaporar la precipitación media anual, ambas en cal/cm<sup>2</sup>/día, es decir en langley/día (ly/d). La radiación neta *Rn* se calcula con la ecuación siguiente:

$$Rn = Ri (1 - \alpha) - Rnl \quad (2)$$





en la cual,  $R_i$  es la radiación solar incidente,  $\alpha$  el albedo y  $R_{nl}$  el balance de radiación de onda larga. Tanto  $R_i$  como  $R_i$  y  $R_{nl}$  se expresan en  $ly/d$ ; las ecuaciones para su estimación se tienen en el Apéndice 1. Por otra parte, con base en la ecuación 1.10 del apéndice 1 que transforma radiaciones de  $ly/d$  a lámina de agua evaporada, se puede estimar el valor de  $R_{ip}$ , esto es:

$$R_{ip} = \frac{PMA \cdot H_v}{3,650} \quad (3)$$

en donde,  $PMA$  es la precipitación media anual en milímetros y  $H_v$  es el calor latente de evaporación (ecuación 1.11).

### Datos utilizados

La información meteorológica que fue utilizada en este trabajo corresponde a la que se puede obtener del documento *Normales Climatológicas* (SMN, 1982), que incluye 56 observatorios meteorológicos y 731 estaciones climatológicas. Se emplearon 54 observatorios, pues se eliminaron Isla Guadalupe (BCN) por su lejanía y Temosachic por no contar con registros de humedad relativa. De estos observatorios, 40 cuentan con registros de número total de horas de insolación ( $n$ ). Además se procesaron 123 estaciones climatológicas, con los datos y resultados que se muestran en la Tabla 2. Para el caso particular del estado de San Luis Potosí, se utilizó toda la información disponible, dos observatorios meteorológicos y 18 estaciones climatológicas.

### Cálculo del cociente de sequedad

Una de las dificultades que presenta el cálculo del cociente de sequedad es la selección del albedo ( $\alpha$ ); con base en los valores de la Tabla 1 se consideró conveniente hacer cálculos con dos valores 0.10 y 0.25, que representan aproximadamente suelo desnudo o con vegetación escasa y con una cubierta vegetal. Por otra parte, de acuerdo a la información meteorológica disponible se realizaron tres procedimientos de obtención del cociente de sequedad, estos son:

**Primero:** en los 40 observatorios meteorológicos que cuentan con datos de insolación ( $n$ ), se aplicó la ecuación 1.1 para estimar la radiación solar incidente ( $R_i$ ) media anual, por ello se evaluaron  $R_E$  y  $N$  como el promedio de sus doce valores mensuales. Después se aplican las ecuaciones 1.6 y 1.7 para disponer de los datos necesarios en la ecuación 1.5. Posteriormente se evalúan las ecuaciones 2, 3 y 1.

**Segundo:** en los 14 observatorios meteorológicos restantes, primero se estima la radiación solar incidente media anual del mapa respectivo (Hernández *et al.*, 1991) y con base en la ecuación 1.1 se obtiene la insolación relativa ( $n/N$ ). Se aplican las ecuaciones 1.6 y 1.7, y posteriormente las 1.5, 2, 3 y 1.

**Tercero:** en las estaciones climatológicas se sigue un procedimiento similar al anterior, que sólo varía en la aplicación de las ecuaciones 1.8 y 1.9 para estimar la presión de vapor.

Tipo de superficie	Albedo	Localidad
Agua	0.05 – 0.10	Varias
Suelo desnudo húmedo	0.11	Oeste de Europa
Suelo desnudo seco	0.18	Oeste de Europa
Bosque de abeto	0.05 – 0.08	Oeste de Europa
Bosque de pino	0.10 – 0.12	Oeste de Europa
Bosque de bambú	0.12	Kenya
Bosque de árboles de hoja perenne	0.14	Kenya
Bosque tropical denso	0.18	Kenya
Piña	0.05 – 0.08	Hawaii
Caña de azúcar	0.05 – 0.18	Hawaii
Té	0.16	Kenya
Papa	0.15 – 0.27	Oeste de Europa
Centeno y trigo	0.10 – 0.25	Oeste de Europa
Maíz	0.12 – 0.24	Norte América
Remolacha azucarera	0.14 – 0.25	Oeste de Europa
Pasto corto	0.14 – 0.25	Varias
Algodón	0.17 – 0.25	Varias
Alfalfa (Lucerna)	0.19 – 0.25	Varias
Lechuga	0.19 – 0.28	Oeste de Europa
Vegetales verdes	0.25	Norte América

Tabla 1. Valores del albedo ( $\alpha$ ) medio diario para diversas superficies. (Dunne y Leopold, 1978)

Los procedimientos anteriores se ilustran numéricamente en el apéndice 2 con los observatorios meteorológicos de Rioverde y San Luis Potosí, así como la estación climatológica Agua Buena, todos del estado de San Luis Potosí.

### Presentación de Resultados

En la Tabla 2, las primeras 8 columnas corresponden a los datos de cada observatorio meteorológico (en cursiva) o estación climatológica, el resto son resultados de las aplicaciones de las ecuaciones anteriores. En total se presentan 177 evaluaciones del cociente de sequedad, recomendándose utilizar los valores con albedo de 0.10 (columna 15) para las zonas áridas y los de albedo de 0.25 (columna 17) para las zonas húmedas.

Los tres valores más altos del CS fueron 68.5, 45.1 y 30.9 en el observatorio de Puerto Cortés

(BCS) y en las estaciones de San Luis Río Colorado (Son.) y Mexicali (BCN). En cambio, el valor más bajo fue de 0.6 en Tapachula (Chia.), Papaloapan (Oax.), Huauchinango (Pue.), Córdoba (Ver.) y Orizaba (Ver.).

Para una continuación de este trabajo se plantea utilizar toda la información climatológica disponible en la 731 estaciones de las Normales Climatológicas (SMN, 1982), y posteriormente trazar un mapa de la República Mexicana con las siguientes cinco zonas climáticas: (1) húmeda,  $CS < 1$ ; (2) subhúmeda,  $1 < CS < 2$ ; (3) semiárida,  $2 < CS < 7$ ; (4) árida,  $7 < CS < 10$  y (5) desiertos,  $CS > 10$ .

Por lo pronto, los resultados concentrados en la Tabla 2 permiten tener una idea, por localidades, de su clima según el CS, para definir previamente si existe el riesgo de desertificación, esto es cuando se presentan CS que varían de 2 a 7.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Nombre	Latitud (°-')	PMA (mm)	Tt (°C)	HR (%)	t (°C)	n (h)	Ri (ly/d)	R <sub>p</sub> (ly/d)	N (h)	Ri (ly/d)	e (mb)	Rnl (ly/d)	Rn <sub>1</sub> (ly/d)	CS <sub>1</sub> α = 0.10	Rn <sub>2</sub> (ly/d)	CS <sub>2</sub> α = 0.25
<b>Aguascalientes</b>																
<i>Aguascalientes</i>	21-53	537.2	18.4	57	-	2749.1	-	798.6	12.149	487.2	12.0	157.0	281.5	3.3	208.4	2.4
Calvillo	21-51	589.8	20.0	-	10.9	-	490	798.7	12.149	-	13.0	155.1	285.9	3.0	212.4	2.2
Pabellón de Arteaga	22-11	471.2	17.0	-	7.9	-	485	797.1	15.150	-	10.7	162.3	274.2	3.6	201.4	2.7
<b>Baja California Norte</b>																
<i>Ensenada</i>	31-51	176.1	16.2	78	-	-	485	739.0	12.176	-	14.3	162.4	274.1	9.7	201.3	7.1
Mexicali	32-40	54.2	22.4	-	13.6	-	490	733.1	12.178	-	15.6	172.8	268.2	30.9	194.7	22.5
Tijuana	32-32	203.4	17.4	-	11.3	-	470	734.1	12.177	-	13.4	166.3	256.7	7.9	186.2	5.7
<b>Baja California Sur</b>																
<i>La Paz</i>	24-10	177.0	23.9	62	-	-	540	785.2	12.156	-	18.3	156.9	329.1	11.6	248.1	8.8
<i>Puerto Cortés</i>	24-26	31.8	21.4	81	-	-	540	785.3	12.156	-	20.6	137.5	348.5	68.5	267.5	52.6
Comondú	26-05	162.4	22.3	-	14.5	-	540	776.1	12.160	-	16.5	169.8	316.2	12.2	235.2	9.1
Mulegé	26-54	114.4	22.9	-	15.8	-	540	771.2	12.162	-	18.0	163.1	322.9	17.7	241.9	13.2
<b>Campeche</b>																
<i>Campeche</i>	19-51	1094.0	26.4	76	-	2302.7	-	808.2	12.144	451.4	26.1	80.6	325.6	1.9	257.9	1.5
Escarcega	18-37	1405.2	26.0	-	19.2	-	475	813.6	12.140	-	22.2	103.4	324.1	1.4	252.8	1.1
Palizada	18-16	1994.8	26.7	-	22.0	-	470	815.1	12.139	-	26.4	83.2	339.8	1.1	269.3	0.8
<b>Coahuila</b>																
<i>Piedras Negras</i>	28-42	529.5	21.6	66	-	2372.4	-	760.1	12.167	416.7	17.0	118.0	257.0	3.0	194.5	2.3
Saltillo	25-27	269.4	17.8	62	-	2129.0	-	779.7	12.159	409.9	12.6	122.9	246.0	5.7	184.5	4.3
Monclova	26-53	302.1	22.0	57	-	-	450	771.3	12.162	-	15.0	139.9	265.1	5.5	197.6	4.1
Torreón	25-32	144.0	22.3	47	-	-	500	779.2	12.159	-	12.6	177.2	272.8	11.8	197.8	8.6
Allende	28-20	453.1	22.0	-	14.6	-	425	762.5	12.166	-	16.6	123.2	259.3	3.6	195.6	2.7
Cuatro Ciénegas	27-00	212.2	21.4	-	13.7	-	465	770.6	12.163	-	15.7	142.1	276.4	8.1	206.7	6.1
Nueva Rosita	27-55	408.3	20.9	-	13.8	-	430	765.1	12.165	-	15.8	126.9	260.1	4.0	195.6	3.0
<b>Colima</b>																
<i>Colima</i>	19-14	972.9	24.6	67	-	2033.3	-	810.9	12.142	426.7	20.7	92.4	291.6	1.9	227.6	1.5
Manzanillo	19-03	1076.2	26.5	74	-	-	500	811.7	12.142	-	25.6	96.4	353.6	2.1	278.6	1.6
<b>Chiapas</b>																
<i>San Cristóbal de las C.</i>	11-44	1200.6	14.3	79	-	2080.7	-	821.4	12.135	440.3	12.8	113.9	282.4	1.5	216.4	1.1
Comitán	16-15	1036.4	18.1	80	-	2177.9	-	823.2	12.134	451.8	16.5	107.0	299.7	1.8	231.9	1.4
Tapachula	14-55	2552.4	26.1	73	-	1920.6	-	828.2	12.131	429.7	24.7	74.8	311.9	0.8	247.5	0.6
Tuxtla Gutiérrez	16-45	849.0	24.4	75	-	1946.9	-	821.3	12.135	426.6	22.9	80.5	303.4	2.2	239.5	1.8
Tonalá	16-05	1694.7	27.0	-	21.2	-	450	823.9	12.134	-	25.2	80.8	324.2	1.2	256.7	1.0
<b>Chihuahua</b>																
<i>Chihuahua</i>	28-38	300.5	18.7	44	-	2459.5	-	760.6	12.167	425.3	9.4	159.3	223.5	4.6	159.7	3.3
Ciudad Camargo	27-42	303.4	20.5	-	11.2	-	500	766.4	12.165	-	13.3	174.0	276.0	5.7	201.0	4.1
Ciudad Cuauhtemoc	28-25	385.0	15.2	-	6.5	-	505	761.9	12.166	-	9.7	192.7	261.8	4.2	186.1	3.0
Ciudad Delicias	28-12	274.0	18.6	-	10.1	-	500	763.3	12.166	-	12.4	177.7	272.3	6.2	197.3	4.5
Ciudad Jiménez	27-08	318.0	18.6	-	8.9	-	500	769.8	12.163	-	11.4	181.6	268.4	5.3	193.4	3.8
Ciudad Juárez	31-44	238.0	17.1	-	8.7	-	490	739.8	12.175	-	11.2	188.6	252.4	6.6	178.9	4.7

Tabla 2. Datos promedio anual y resultados del cálculo del cociente de sequedad en los 54 observatorios meteorológicos y 123 estaciones climatológicas de la República Mexicana.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Nombre	Latitud (°-')	PMA (mm)	Tt (°C)	HR (%)	t (°C)	n (h)	Ri (ly/d)	R <sub>p</sub> (ly/d)	N (h)	Ri (ly/d)	e (mb)	Rnl (ly/d)	Rn <sub>i</sub> (ly/d)	CS <sub>i</sub> α = 0.10	Rn <sub>i</sub> (ly/d)	CS <sub>i</sub> α = 0.25
Coyame	29-28	311.4	18.5	-	11.3	-	490	755.2	12.169	-	13.4	169.0	272.0	5.4	198.5	4.0
Escalón	26-45	292.0	18.9	-	9.8	-	500	772.1	12.162	-	12.1	176.0	274.0	5.9	199.0	4.2
Galeana	30-07	310.0	17.1	-	7.9	-	500	750.9	12.171	-	10.7	193.0	257.0	5.2	182.0	3.7
Janos	30-53	297.5	11.9	-	4.5	-	500	745.7	12.173	-	8.4	199.6	250.4	5.2	175.4	3.7
La Trascquila	29-44	310.7	16.6	-	8.6	-	500	753.4	12.170	-	11.2	186.3	263.7	5.3	188.7	3.8
Manuel Benavides	29-05	302.2	19.8	-	12.1	-	480	757.7	12.168	-	14.1	161.0	271.0	5.6	199.0	4.1
Nuevo Casas Grandes	30-26	328.4	16.6	-	8.4	-	495	748.8	12.172	-	11.0	187.2	258.3	4.9	184.1	3.5
Ojinaga	29-34	238.0	21.9	-	13.3	-	485	754.5	12.170	-	15.3	161.8	274.7	7.2	202.0	5.3
Villa Ahumada	30-37	225.1	17.1	-	7.3	-	490	747.5	12.172	-	10.2	192.6	248.4	6.9	174.9	4.8
<b>Distrito Federal</b>																
<i>Tacubaya</i>	19-24	746.8	15.4	58	-	1914.3	-	810.2	12.142	414.1	10.1	120.9	251.8	2.1	189.7	1.6
<b>Durango</b>																
<i>Durango</i>	24-02	411.5	17.8	49	-	2672.2	-	787.5	12.155	469.5	9.9	165.4	257.2	3.9	186.7	2.8
<i>Ciudad Lerdo</i>	25-32	244.1	21.2	43	-	-	500	779.2	12.159	-	10.8	188.1	261.9	6.7	186.9	4.8
Cuencamé	24-52	352.7	20.7	-	12.3	-	500	783.0	12.157	-	14.3	160.1	289.9	5.1	214.9	3.8
Nazas	25-14	292.3	20.9	-	11.6	-	500	780.9	12.158	-	13.7	165.8	284.2	6.1	209.2	4.5
Pedriceñas	25-07	281.0	17.1	-	5.5	-	500	781.6	12.158	-	9.0	189.9	260.1	5.8	185.1	4.1
San Pedro del Gallo	25-33	142.2	20.9	-	11.6	-	500	779.1	12.159	-	13.7	166.6	283.4	12.4	208.4	9.2
<b>Estado de México</b>																
<i>Chapingo</i>	19-29	643.7	14.8	65	-	2588.9	-	809.8	12.143	481.6	10.9	148.5	284.9	2.7	212.6	2.1
<i>Toluca</i>	19-18	772.4	12.7	63	-	2026.0	-	810.6	12.142	425.7	9.3	126.2	256.9	2.1	193.0	1.5
Atlacomulco	19-48	788.4	14.5	-	5.9	-	475	808.4	12.144	-	9.3	155.4	272.1	2.1	200.8	1.6
Texcoco	19-31	685.8	15.9	-	7.2	-	475	809.7	12.143	-	10.2	152.3	275.2	2.5	203.9	1.8
<b>Guanajuato</b>																
<i>Guanajuato</i>	21-01	631.4	17.8	49	-	2889.7	-	802.8	12.147	505.1	9.9	176.8	277.8	2.7	202.0	2.0
<i>León</i>	21-07	615.0	19.5	58	-	1947.7	-	802.3	12.147	410.9	13.1	114.8	255.0	2.6	193.3	2.0
San Diego de la Unión	21-28	391.4	17.0	-	8.7	-	475	800.6	12.148	-	11.2	151.9	275.6	4.4	204.4	3.2
San Luis de la Paz	21-18	403.0	13.7	-	9.2	-	465	801.4	12.148	-	11.6	137.8	280.7	4.3	210.9	3.2
San Miguel de Allende	20-55	500.0	21.2	-	13.7	-	480	803.2	12.146	-	15.7	135.3	296.7	3.7	224.7	2.8
<b>Guerrero</b>																
<i>Acapulco</i>	16-50	1411.1	27.8	75	-	2582.8	-	821.0	12.136	491.2	28.0	81.7	360.3	1.6	286.7	1.3
<i>Chilpancingo</i>	17-33	649.3	21.4	77	-	2224.7	-	818.1	12.138	452.1	19.5	100.1	306.8	3.0	239.0	2.3
Iguala	18-21	1041.0	25.6	-	18.0	-	500	814.8	12.140	-	20.6	119.5	330.5	2.0	255.5	1.5
<b>Hidalgo</b>																
<i>Pachuca</i>	20-08	371.6	14.1	65	-	2723.4	-	806.9	12.144	492.4	10.4	156.5	286.6	4.8	212.8	3.6
<i>Tulancingo</i>	20-05	543.0	14.9	75	-	2408.1	-	807.1	12.144	461.0	12.7	130.3	284.6	3.3	215.5	2.5
Huichapan	20-23	473.8	16.1	-	7.4	-	465	805.7	12.145	-	10.3	148.6	269.9	3.5	200.1	2.6
Ixmiquilpan	20-29	405.9	18.3	-	8.6	-	455	805.3	12.145	-	11.2	143.0	266.5	4.1	198.3	3.0
Zimapan	20-44	446.6	20.2	-	12.3	-	450	804.1	12.146	-	14.3	127.3	277.7	3.9	210.2	2.9
<b>Jalisco</b>																
<i>Guadalajara</i>	20-40	901.6	19.2	56	-	2679.2	-	804.4	12.146	485.7	12.4	152.8	284.2	2.0	211.4	1.5
<i>Lagos de Moreno</i>	21-21	535.3	18.1	58	-	2940.7	-	801.2	12.148	508.6	12.0	165.7	292.1	3.4	215.8	2.5
<i>Huejucar</i>	22-21	551.2	17.4	56	-	-	500	796.2	12.150	-	11.1	168.3	281.7	3.2	206.7	2.3
Bolaños	21-49	555.1	24.4	-	15.1	-	500	798.9	12.149	-	17.2	143.0	307.0	3.5	232.0	2.6
Jalostitlan	21-11	717.6	18.8	-	8.8	-	490	802.0	12.147	-	11.3	162.1	278.9	2.4	205.4	1.8
Tequila	20-54	1038.1	23.2	-	14.8	-	500	803.3	12.146	-	16.8	140.9	309.1	1.9	234.1	1.4
Teocaltiche	21-27	650.6	18.5	-	9.6	-	490	800.7	12.148	-	12.0	157.9	283.1	2.7	209.6	2.0
<b>Michoacán</b>																
<i>Morelia</i>	19-42	776.0	17.8	62	-	2144.9	-	808.9	12.143	436.1	12.6	123.8	268.7	2.2	203.3	1.6
Apatzingan	-	728.4	28.2	-	20.6	-	510	811.6	12.142	-	24.3	108.6	350.4	3.0	273.9	2.4
La Piedad	20-22	858.8	20.1	-	11.6	-	500	805.8	12.145	-	13.7	153.0	297.0	2.2	222.0	1.6
Uruapan	19-25	1669.0	18.0	-	10.5	-	500	810.1	12.143	-	12.7	152.8	297.2	1.1	222.2	0.8
Zamora	20-00	766.4	20.9	-	11.5	-	505	807.5	12.144	-	13.6	156.9	297.6	2.4	221.9	1.8
<b>Morelos</b>																
Cuatla	18-49	997.6	23.9	-	15.0	-	485	812.8	12.141	-	17.1	131.0	305.5	1.9	232.8	1.5
Cuernavaca	18-55	1242.3	20.9	-	14.9	-	480	812.3	12.141	-	16.9	124.5	307.5	1.5	235.5	1.2
Zacatepec	18-39	818.6	24.0	-	15.4	-	485	813.5	12.140	-	17.5	128.4	308.1	2.4	235.3	1.8
<b>Nayarit</b>																
<i>Tepic</i>	21-31	1348.9	20.6	81	-	-	510	800.4	12.148	-	19.6	125.7	333.3	1.5	256.8	1.2
Compostela	21-14	992.0	22.5	-	15.5	-	510	801.7	12.147	-	17.6	139.8	319.2	2.0	242.7	1.5
Tuxpan	21-57	1161.8	25.7	-	20.6	-	515	798.2	12.149	-	24.3	110.6	352.9	1.9	275.7	1.5
<b>Nuevo León</b>																
<i>Monterrey</i>	25-40	587.9	22.3	66	-	1770.1	-	778.5	12.159	374.2	17.7	91.2	245.6	2.6	189.5	2.0
Cadereyta	25-36	686.2	22.6	-	15.7	-	445	778.8	12.159	-	17.8	120.4	280.1	2.6	213.3	1.9
Cerralvo	26-06	596.6	24.6	-	17.2	-	430	776.0	12.160	-	19.6	109.6	277.4	2.9	212.9	2.2
Doctor Arroyo	23-39	489.9	19.2	-	10.7	-	440	789.5	12.154	-	12.9	134.4	261.6	3.3	195.6	2.5
El Cuchillo	25-44	491.5	23.4	-	16.9	-	425	778.1	12.159	-	19.3	106.9	275.6	3.5	211.9	2.7
Galeana	24-49	365.0	18.6	-	10.7	-	455	783.2	12.157	-	12.9	143.2	266.3	4.5	198.1	3.4
Rayones	25-01	332.6	20.6	-	15.5	-	455	782.1	12.157	-	17.6	121.3	288.2	5.4	220.0	4.1
<b>Oaxaca</b>																
<i>Oaxaca</i>	17-04	606.0	20.7	55	-	1976.7	-	820.0	12.136	428.6	13.4	116.8	268.9	2.8	204.6	2.1
<i>Salina Cruz</i>	16-10	1063.0	27.6	67	-	2670.4	-	823.6	12.134	502.5	24.7	99.5	352.7	2.1	277.3	1.6
Juchitan	16-26	908.1	27.2	-	22.4	-	395	822.5	12.135	-	27.1	58.8	296.7	2.1	237.5	1.6
Papaloapan	18-09	2136.5	25.0	-	20.0	-	380	815.6	12.139	-	23.4	65.7	276.3	0.8	219.3	0.6

Tabla 2. Datos promedio anual y resultados del cálculo del cociente de sequedad en los 54 observatorios meteorológicos y 123 estaciones climatológicas de la República Mexicana.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Nombre	Latitud (°-')	PMA (mm)	Tt (°C)	HR (%)	t (°C)	n (h)	Ri (ly/d)	R <sub>p</sub> (ly/d)	N (h)	Ri (ly/d)	e (mb)	Rnl (ly/d)	Rn <sub>i</sub> (ly/d)	CS <sub>i</sub> α = 0.10	Rn <sub>s</sub> (ly/d)	CS <sub>s</sub> α = 0.25
<b>Puebla</b>																
<i>Puebla</i>	19-02	814.4	16.8	57	-	2701.8	-	811.8	12.141	494.8	10.9	158.7	286.6	2.2	212.4	1.6
Acatlan de Osorio	18-12	649.6	24.3	-	15.6	-	450	815.4	12.139	-	17.7	112.7	292.3	2.8	224.8	2.2
Chiautla de Tapia	18-17	782.1	24.8	-	16.7	-	465	815.0	12.139	-	19.0	113.3	305.2	2.4	235.5	1.9
Huauchinango	20-11	1908.9	16.9	-	11.5	-	400	806.7	12.145	-	13.6	102.2	257.8	0.8	197.8	0.6
Izucar de Matamoros	18-37	812.9	22.8	-	13.8	-	460	813.6	12.140	-	15.8	124.8	289.2	2.2	220.2	1.7
<b>Querétaro</b>																
<i>Querétaro</i>	20-36	589.2	19.0	52	-	-	480	804.7	12.146	-	11.4	156.0	276.0	2.9	204.0	2.2
Jalpan	21-13	881.1	23.4	-	16.3	-	420	801.8	12.147	-	18.5	100.2	277.8	2.0	214.8	1.5
Tolimán	20-54	402.5	20.5	-	11.0	-	450	803.3	12.146	-	13.1	134.5	270.5	4.2	203.0	3.1
<b>Quintana Roo</b>																
<i>Cozumel</i>	20-31	1447.6	25.4	84	-	-	500	805.1	12.145	-	27.2	89.0	361.0	1.6	286.0	1.2
Felipe Carrillo Puerto	19-34	1283.7	25.8	-	19.8	-	480	809.4	12.143	-	23.1	102.1	329.9	1.6	257.9	1.3
<b>San Luis Potosí</b>																
<i>Rioverde</i>	21-56	484.9	20.9	71	-	2138.9	-	798.3	12.149	426.5	17.5	105.2	278.7	3.6	214.7	2.8
<i>San Luis Potosí</i>	22-09	315.4	18.2	52	-	-	475	797.2	12.150	-	10.8	158.7	268.8	5.3	197.5	3.9
Agua Buena	21-57	1767.2	23.4	-	17.4	-	420	798.2	12.149	-	19.9	95.6	282.4	1.0	219.4	0.8
Col. Alvaro Obregón	22-17	407.4	20.7	-	12.9	-	425	796.6	12.150	-	14.9	116.9	265.6	4.1	201.9	3.1
Cárdenas	21-59	547.2	22.0	-	14.9	-	430	798.1	12.149	-	16.9	110.7	276.3	3.2	211.8	2.4
Cedral	23-48	395.7	16.9	-	7.4	-	470	788.7	12.154	-	10.3	160.6	262.4	4.1	191.9	3.0
Ciudad del Maíz	22-24	634.5	19.7	-	12.3	-	425	796.0	12.150	-	14.3	118.3	264.2	2.6	200.5	2.0
Ciudad Valles	21-59	1243.8	24.7	-	19.0	-	410	798.1	12.149	-	22.0	85.1	283.9	1.4	222.4	1.1
Charcas	23-08	358.3	17.7	-	9.8	-	460	792.2	12.152	-	12.1	144.4	269.6	4.7	200.6	3.5
El Salto	22-36	1539.8	22.7	-	17.4	-	420	795.0	12.151	-	19.9	95.8	282.2	1.1	219.2	0.9
Lagunillas	21-34	721.4	22.0	-	15.0	-	430	800.1	12.148	-	17.1	109.5	277.5	2.4	213.0	1.8
Matehuala	23-39	479.2	19.2	-	11.5	-	450	789.5	12.154	-	13.6	135.3	269.7	3.5	202.2	2.6
Mexquitic	22-16	384.2	17.9	-	9.3	-	480	796.7	12.150	-	11.7	155.1	276.9	4.5	204.9	3.3
Moctezuma	22-45	333.0	18.9	-	9.2	-	475	794.2	12.151	-	11.6	156.3	271.2	5.1	199.9	3.7
Paso de San Antonio	22-01	568.3	20.6	-	8.7	-	450	797.9	12.149	-	11.2	147.8	257.2	2.8	189.7	2.1
Santo Domingo	23-19	778.3	17.7	-	4.7	-	450	791.3	12.153	-	8.5	162.1	242.9	1.9	175.4	1.4
Soledad Diez Gutiérrez	22-11	283.3	16.9	-	9.3	-	430	797.1	12.150	-	11.7	128.5	258.5	5.7	194.0	4.3
Venado	22-55	469.3	17.3	-	9.5	-	475	793.4	12.152	-	11.9	151.8	275.7	3.7	204.4	2.7
Villa de Arriaga	21-55	433.2	15.6	-	8.2	-	480	798.4	12.149	-	10.9	154.7	277.3	4.0	205.3	2.9
Villa de Reyes	21-48	676.6	19.4	-	9.5	-	475	799.0	12.149	-	11.9	153.7	273.8	2.5	202.5	1.9
<b>Sinaloa</b>																
<i>Culiacán</i>	24-49	699.0	25.1	68	-	2496.0	-	783.2	12.157	448.5	21.6	105.3	298.3	2.7	231.1	2.1
<i>Mazatlán</i>	23-12	748.1	24.3	76	-	2640.3	-	791.9	12.153	470.3	23.0	102.3	321.0	2.7	250.4	2.1
Choix	26-43	779.7	24.7	-	15.3	-	520	772.3	12.162	-	17.4	161.9	306.1	2.5	228.1	1.8
El Fuerte	26-20	605.2	24.8	-	15.1	-	520	774.6	12.161	-	17.2	162.6	305.4	3.2	227.4	2.4
Guamuchil	25-28	546.9	24.6	-	16.2	-	505	779.6	12.159	-	18.4	145.5	309.0	3.5	233.3	2.7
Ixpalino	23-57	792.8	25.1	-	17.5	-	505	787.9	12.155	-	20.0	133.6	320.9	2.5	245.1	1.9
Jaina	25-54	883.7	24.4	-	15.0	-	510	777.1	12.160	-	17.1	157.0	302.0	2.1	225.5	1.6
<b>Sonora</b>																
<i>Guaymas</i>	27-55	218.4	25.0	52	-	2927.6	-	765.1	12.165	473.5	16.4	150.8	275.4	7.9	204.3	5.9
<i>Hermosillo</i>	29-04	247.9	24.6	43	-	2637.4	-	757.8	12.168	439.6	13.3	156.4	239.2	6.0	173.3	4.4
Altar	30-43	318.9	21.1	-	11.2	-	520	746.8	12.173	-	13.3	195.2	272.8	5.3	194.8	3.8
Bavispe	30-29	429.5	20.7	-	11.9	-	510	748.4	12.172	-	13.9	183.4	275.6	4.0	199.1	2.9
Etchojoa	26-55	244.8	22.9	-	14.5	-	525	771.1	12.162	-	16.5	166.7	305.8	7.8	227.1	5.8
Imuris	30-47	423.9	20.1	-	10.3	-	515	746.4	12.173	-	12.5	196.3	267.2	3.9	189.9	2.8
Puerto Peñasco	31-18	127.7	20.6	-	13.7	-	510	742.8	12.174	-	15.7	173.0	286.0	14.0	209.5	10.2
San Luis Río Colorado	32-29	38.9	22.9	-	14.7	-	500	734.4	12.177	-	16.7	169.9	280.1	45.1	205.1	33.0
Ures	29-26	418.6	22.6	-	13.1	-	525	755.4	12.169	-	15.1	183.6	288.9	4.3	210.2	3.1
<b>Tabasco</b>																
Macuspana	17-45	2285.7	25.1	-	20.1	-	460	817.3	12.138	-	23.5	90.4	323.6	0.9	254.6	0.7
Tenosique	17-29	2110.9	26.1	-	20.4	-	430	818.4	12.137	-	24.0	80.0	307.0	0.9	242.5	0.7
Villahermosa	17-59	2237.8	27.6	-	21.7	-	455	816.3	12.139	-	26.0	81.6	327.9	0.9	259.6	0.7
<b>Tamaulipas</b>																
<i>Soto La Marina</i>	23-46	640.2	24.2	76	-	-	440	788.9	12.154	-	22.9	93.6	302.4	3.0	236.4	2.3
<i>Tampico</i>	22-13	985.9	24.2	80	-	-	410	796.9	12.150	-	24.1	76.8	292.2	1.9	230.7	1.5
Ciudad Victoria	23-45	830.2	23.9	-	17.3	-	435	789.0	12.154	-	19.7	105.6	285.9	2.2	220.7	1.7
Nuevo Laredo	27-30	445.6	22.6	-	17.0	-	425	767.6	12.164	-	19.4	108.6	273.9	3.8	210.1	2.9
Presa Falcón	26-32	470.5	22.6	-	16.8	-	425	773.4	12.161	-	19.1	107.8	274.7	3.7	210.9	2.8
Reynosa	26-06	425.5	23.2	-	17.4	-	430	776.0	12.160	-	19.9	106.3	280.7	4.1	216.2	3.2
Villagrán	24-29	818.9	22.3	-	15.3	-	445	785.1	12.156	-	17.4	120.0	280.5	2.1	213.8	1.6
San Fernando	24-51	624.5	23.5	-	17.2	-	440	783.0	12.157	-	19.6	109.5	286.5	2.9	220.5	2.2
Tula	23-00	435.7	20.5	-	13.2	-	430	792.9	12.152	-	15.2	118.7	268.3	3.8	203.8	2.9
<b>Tlaxcala</b>																
<i>Tlaxcala</i>	19-19	819.6	16.6	55	-	2039.0	-	810.6	12.142	426.9	10.3	128.1	256.2	1.9	192.2	1.5
Huamantla	19-19	636.4	23.2	-	15.3	-	425	810.6	12.142	-	17.4	104.0	278.5	2.7	214.7	2.1
<b>Veracruz</b>																
<i>Córdoba</i>	18-54	2093.5	20.5	79	-	1162.3	-	812.4	12.141	340.1	19.0	61.7	244.3	0.7	193.3	0.6
<i>Jalapa</i>	19-32	1454.0	18.0	78	-	1626.3	-	809.6	12.143	384.7	16.0	86.6	259.6	1.1	201.9	0.9
<i>Orizaba</i>	18-51	2116.7	19.2	76	-	1544.0	-	812.6	12.141	378.7	16.8	81.8	259.1	0.8	202.3	0.6
<i>Veracruz</i>	19-12	1710.0	25.4	79	-	2150.4	-	811.1	12.142	438.6	25.6	77.4	317.4	1.2	251.6	0.9

Tabla 2. Datos promedio anual y resultados del cálculo del cociente de sequedad en los 54 observatorios meteorológicos y 123 estaciones climatológicas de la República Mexicana.





1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Nombre	Latitud (°-')	PMA (mm)	Tt (°C)	HR (%)	t (°C)	n (h)	Ri (ly/d)	R <sub>E</sub> (ly/d)	N (h)	Ri (ly/d)	e (mb)	Rnl (ly/d)	Rn <sub>1</sub> (ly/d)	CS <sub>1</sub> α = 0.10	Rn <sub>2</sub> (ly/d)	CS <sub>2</sub> α = 0.25
Alvarado	18-46	1655.0	26.3	-	22.4	-	390	813.0	12.141	-	27.1	58.7	292.3	1.1	233.8	0.9
Cosamaloapan	18-22	1419.2	25.8	-	21.2	-	375	814.7	12.140	-	25.2	59.6	277.9	1.2	221.7	1.0
Pánuco	22-03	921.7	24.2	-	19.1	-	395	797.7	12.150	-	22.1	78.9	276.6	1.9	217.3	1.5
Poza Rica	20-33	1129.5	24.1	-	19.2	-	400	805.0	12.146	-	22.2	78.1	281.9	1.6	221.9	1.2
<b>Yucatán</b>																
Mérida	20-59	956.8	25.9	72	-	2308.8	-	802.9	12.147	447.4	24.0	89.2	313.5	2.1	246.4	1.6
Progreso	21-18	424.0	25.5	77	-	2481.1	-	801.4	12.148	463.2	25.1	89.3	327.5	4.8	258.0	3.8
Dzitas	20-51	1207.2	28.8	-	19.1	-	490	803.6	12.146	-	22.1	112.2	328.8	1.7	255.3	1.3
Tizimin	21-09	1084.4	25.4	-	19.1	-	490	802.1	12.147	-	22.1	112.0	329.0	1.9	255.5	1.5
<b>Zacatecas</b>																
La Bufa	22-47	248.9	13.3	51	-	2654.7	-	794.1	12.151	473.7	7.8	169.1	257.2	6.4	186.2	4.6
Cañitas de Felipe P.	23-36	407.9	14.8	-	7.5	-	480	789.8	12.154	-	10.4	160.1	271.9	4.1	199.9	3.0
Juchipila	21-25	704.5	22.7	-	13.1	-	490	800.8	12.148	-	15.1	147.1	293.9	2.6	220.4	2.0
Nieves	24-00	317.0	19.3	-	15.4	-	495	787.7	12.155	-	17.5	133.7	311.8	6.1	237.5	4.7
Río Grande	23-50	369.6	18.7	-	8.3	-	490	788.6	12.154	-	10.9	170.8	270.2	4.6	196.7	3.3
Sain Alto	23-36	491.1	17.3	-	7.0	-	490	789.8	12.154	-	10.0	173.4	267.6	3.4	194.1	2.5
Sombrerete	23-38	661.5	16.7	-	8.5	-	480	789.6	12.154	-	11.1	159.6	272.4	2.6	200.4	1.9
Villa de Cos	23-18	460.6	18.1	-	7.7	-	480	791.4	12.153	-	10.5	165.9	266.1	3.6	194.1	2.6
Villanueva	22-20	472.1	18.5	-	9.1	-	485	796.3	12.150	-	11.6	160.0	276.5	3.6	203.7	2.7
Zacatecas	22-47	432.1	15.9	-	8.4	-	480	794.1	12.151	-	11.0	156.4	275.6	4.0	203.6	2.9

Tabla 2. Datos promedio anual y resultados del cálculo del cociente de sequedad en los 54 observatorios meteorológicos y 123 estaciones climatológicas de la República Mexicana.

## APÉNDICE 1

### Ecuaciones para calcular el balance de energía

Para la estimación de la radiación incidente (Ri) se tienen dos métodos de estimación, el primero, más exacto, se aplica cuando se tienen datos de insolación (n), obtenidos en el heliógrafo Campbell–Stokes, se realiza con base en la ecuación de Angström:

$$R_i = R_E \left( a + b \cdot \frac{n}{N} \right) \quad (1.1)$$

siendo,  $R_E$  es la radiación solar extraterrestre (ly/d) función de la época del año y de la latitud  $\phi$ , por lo tanto está tabulada. Se puede estimar con un polinomio de interpolación de Newton de tercer grado (Campos, 2003), el cual cuando la latitud varía de 10 a 40 °N es el siguiente (Campos, 2002):

$$R_E = b_0 + b_1 \cdot (\phi - 10) + b_2 \cdot (\phi - 10)(\phi - 20) + b_3 \cdot (\phi - 10)(\phi - 20)(\phi - 30) \quad (1.2)$$

los coeficientes  $b_i$  son los de la tabulación de la página siguiente.

a y b son constantes empíricas con los valores siguientes para la República Mexicana (Jáuregui, 1978):

$$a = 0.290 \cdot \cos \phi \quad b = 0.550 \quad (1.3)$$

donde  $\phi$  es la latitud del lugar en grados. El segundo método de estimación de  $R_i$  consiste en leer sus valores mensuales en los mapas que han sido construidos para la República Mexicana, por ejemplo por Hernández *et al* (1991).

Mes	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$
Ene	760	-12	-0.075	1/600
Feb	820	-9	-0.100	1/1200
Mar	875	-5	-0.125	1/1200
Abr	895	0	-0.125	-1/1200
May	890	4	-0.100	-1/400
Jun	875	6	-0.100	-1/600

Mes	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$
Jul	880	5	-0.100	-1/1200
Ago	890	2	-0.125	-1/1200
Sep	880	-2.5	-0.150	1/1200
Oct	840	-8	-0.075	-1/1200
Nov	780	-11.5	-0.025	-1/300
Dic	740	-12.5	-0.075	1/1200

El cociente  $n/N$  se llama insolación relativa y requiere la estimación del soleamiento máximo posible ( $N$ ), el cual también es función de la época del año y de la latitud, para evitar su lectura en una tabla se puede aplicar la ecuación siguiente (Campos, 2005):

$$N = A + B [\text{sen}(30 \text{ nm} + 83.5)] \quad (1.4)$$

en la cual,  $nm$  es el número del mes, uno para enero y doce para diciembre;  $A$  y  $B$  son constantes función de la latitud del lugar ( $\varphi$ ) en grados, con las expresiones siguientes cuando ésta varía de  $15^\circ$  a  $35^\circ$  N, es decir, las latitudes en que se ubica aproximadamente la República Mexicana:

$$A = 12.09086 + 0.00266 \cdot \varphi$$

$$B = 0.2194 - 0.06988 \cdot \varphi$$

Por último la radiación neta de onda larga ( $Rnl$ ) se estima con la ecuación debida a Brunt, la cual en función de la temperatura, la humedad y la insolación relativa, ésta es (Dunne y Leopold, 1978):

$$Rnl = \sigma \cdot Tt_2^4 (0.56 - 0.08 \sqrt{e_2}) (0.10 + 0.90 \frac{n}{N}) \quad (1.5)$$

en la cual:

$\sigma$  = constante de Stefan–Boltzmann, igual a  $1.17 \cdot 10^{-7}$  ly/°K<sup>4</sup>/día  
 $Tt_2$  = temperatura del aire a una altura de 2 metros, en °K (°K = °C + 273)  
 $e_2$  = presión del vapor del aire a 2 metros de altura, en milibares (mb)

La presión de vapor ( $e_2$ ) se despeja de la fórmula de la humedad relativa, ésta es:

$$HR = (e/e_s)100 \quad (1.6)$$

en la cual,  $e_s$  corresponde a la presión de vapor de saturación para la temperatura media ( $Tt$ ), se estima con la expresión siguiente (Campos, 2005):

$$e_s = 6.020543 + 0.525097 \cdot Tt + 0.004585162 \cdot Tt^2 + 0.0006141563 \cdot Tt^3 \quad (1.7)$$

Cuando no se dispone de datos de la humedad relativa media se ha propuesto (Campos, 2004) para valuar  $e_2$  que una estimación aproximada de la temperatura de punto de rocío ( $t_*$ ) se obtiene por medio de la temperatura promedio de mínimas ( $t$ ), entonces a partir de una ecuación de tipo exponencial (UC, 1984) de la presión de vapor de saturación ( $e_s$ ), se obtiene:

$$B = \frac{t}{237.3 + t} \quad (1.8)$$

$$e_2 = 6.108 \cdot \exp(17.27 \cdot B) \quad (1.9)$$

De la radiación que llega a la superficie terrestre (suelos, rocas, vegetación, agua, etc.), una parte se refleja debido a su *albedo* ( $\alpha$ ). El albedo se define como el cociente entre la radiación reflejada por la superficie u objeto y la radiación total que incide en ésta ( $Ri$ ). La estimación del albedo presenta varias complicaciones, por ejemplo varía con el tipo de vegetación y entre estaciones o etapas de un mismo cultivo. En el Cuadro 1 (Dunne y Leopold, 1978) se muestran valores del albedo medio diario, cuyo intervalo para cada tipo de vegetación depende de la reflectividad de su suelo, la cual varía según si está desnudo o con bajo crecimiento de hierba, o bien totalmente cubierto.

Finalmente para transformar la radiación solar ( $Ri$ ) de ly/d a lámina de agua evaporada ( $Ri'$ , mm/d) se emplea la fórmula siguiente (Campos, 2005):

$$Ri' = \frac{10Ri}{Hv} \quad (1.10)$$

en la cual  $Hv$  es el llamado calor latente de evaporación, es decir, la energía requerida (cal) para evaporar un gramo ( $\text{cm}^3$ ) de agua a la temperatura media  $Tt$ , se puede estimar con la expresión siguiente (Hargreaves y Samani, 1991):

$$Hv = 595.9 - 0.55 Tt \quad (1.11)$$

## APÉNDICE 2

### Ejemplos Numéricos

Observatorio meteorológico de Ríoverde, S.L.P.

Datos:      Latitud =  $21^\circ 56' = 21.93333^\circ = \varphi$   
                  PMA = 484.9 mm.  
                   $Tt$  = 20.9 °C.  
                  HR = 71 %  
                   $n$  = 2,138.9 h.

Con base en las ecuaciones 1.2 y 1.4 se obtienen:

$R_{E1} = 614.760$ ly/d	$R_{E2} = 710.138$ ly/d	$N_1 = 10.945$ h	$N_2 = 11.368$ h
$R_{E3} = 812.294$ ly/d	$R_{E4} = 92.271$ ly/d	$N_3 = 12.001$ h	$N_4 = 12.673$ h
$R_{E5} = 935.891$ ly/d	$R_{E6} = 944.603$ ly/d	$N_5 = 13.205$ h	$N_6 = 13.454$ h
$R_{E7} = 937.515$ ly/d	$R_{E8} = 911.138$ ly/d	$N_7 = 13.354$ h	$N_8 = 12.930$ h
$R_{E9} = 846.551$ ly/d	$R_{E10} = 742.958$ ly/d	$N_9 = 12.298$ h	$N_{10} = 11.626$ h
$R_{E11} = 642.810$ ly/d	$R_{E12} = 588.948$ ly/d	$N_{11} = 11.093$ h	$N_{12} = 10.844$ h

por lo tanto:       $R_E = 798.323$  ly/d      por lo cual:       $N = 12.149$  h

$$\text{La insolación relativa será: } n/N = \frac{2,138.9 / 365}{12.149} = 0.4823$$

y la radiación solar incidente según la ecuación 1.1:

$$Ri = 798.323 [0.29 \cos(21.93333) + 0.55 (0.4823)] = 426.5355 \cong 426.5 \text{ ly/d}$$

las presiones de vapor de acuerdo a las ecuaciones 1.7 y 1.6 son:  $e_s = 24.604$  mb

$$e_2 = e_s (HR/100) = 24.604 (0.71) = 17.469 \text{ mb}$$

entonces la radiación neta de onda larga con base en la ecuación 1.5 es:

$$Rnl = 1.17 \cdot 10^{-7} (20.9 + 273)^4 (0.56 - 0.08 \sqrt{17.469}) [0.10 + 0.90 (0.4823)]$$

$$Rnl = 872.9394 (0.2256) (0.5341) = 105.183 \cong 105.2 \text{ ly/d}$$

Las radiaciones netas de acuerdo a la ecuación 2 serán:

$$Rn = 426.5 (1 - 0.10) - 105.2 = 278.650 \text{ ly/d}$$

$$Rn = 426.5 (1 - 0.25) - 105.2 = 214.675 \text{ ly/d}$$

y la radiación necesaria para evaporar la *PMA* es según las ecuaciones 1.10 y 1.11:

$$Hv = 595.9 - 0.55 (20.9) = 584.405 \text{ cal/g}$$

$$Rip = \frac{484.9 \cdot (584.405)}{3650} = 77.638 \text{ ly/d}$$

Finalmente los cocientes de sequedad definidos por la ecuación 1 serán:

$$CS_1 = \frac{278.650}{77.638} = 3.589 \quad CS_1 \cong 3.6 \quad CS_2 = \frac{214.675}{77.638} = 2.765 \quad CS_1 \cong 2.8$$

*Observatorio meteorológico de San Luis Potosí, S.L.P.*

Datos:    Latitud =  $22^\circ 09' = 22.15^\circ = \varphi$   
           *PMA*    = 315.4 mm.  
           *Tt*     = 18.2 °C.  
           *HR*    = 52 %  
           *Ri*     = 475 ly/d

A partir de las ecuaciones 1.2, 1.4, 1.7 y 1.6 se obtienen:

$$R_E = 797.248 \text{ ly/d} \quad N = 12.150 \text{ h} \quad e_s = 20.798 \text{ mb} \quad e_2 = 10.815 \text{ mb}$$

La insolación relativa se obtiene con la ecuación 1.1:

$$n/N = \left[ \frac{R}{R_E} - 0.29 \cos \varphi \right] / 0.55 = \left( \frac{475}{797.2} - 0.2686 \right) / 0.55 = 0.59497 \cong 0.595$$

La radiación neta de onda larga según la ecuación 1.5 es:

$$Rnl = 841.300 (0.2969) (0.6355) = 158.736 \cong 158.7 \text{ ly/d}$$

los balances de calor de acuerdo a la ecuación 2 serán:

$$Rn = 475 (1 - 0.10) - 158.7 = 268.80 \text{ ly/d}$$

$$Rn = 475 (1 - 0.25) - 158.7 = 197.55 \text{ ly/d}$$

y la radiación necesaria para evaporar la *PMA* es según las ecuaciones 1.10 y 1.11:

$$Hv = 585.89 \text{ cal/g} \quad Rip = 50.627 \text{ ly/d}$$

Finalmente los cocientes de sequedad son:

$$CS_1 = \frac{268.8}{50.627} = 5.309 \quad CS_1 \cong 5.3 \quad CS_2 = \frac{197.5}{50.627} = 3.902 \quad CS_1 \cong 3.9$$





*Estación climatológica Agua Buena, S.L.P.*

Datos:            Latitud =  $21^{\circ} 57' = 21.95^{\circ} = \varphi$   
                        $PMA = 1,767.2$  mm.  
                        $Tt = 23.4$  °C.  
                        $t = 17.4$  °C.  
                        $Ri = 420$  ly/d

A partir de las ecuaciones 1.2, 1.4 y 1.1 se obtienen:

$$R_E = 797.248 \text{ ly/d} \qquad N = 12.150 \text{ h} \qquad n/N = 0.4676$$

Ahora se aplican las ecuaciones 1.8 y 1.9 para obtener la presión de vapor:

$$B = \frac{17.4}{237.3 + 17.4} = 0.0683 \qquad e_2 = 6.108 \exp(17.27 \cdot 0.0683) = 19.869 \text{ mb}$$

El resto de cálculos son:

$Rnl = 95.658$ ly/d	$Rn = 219.3$ ly/d
$Rn = 282.3$ ly/d	$Rip = 282.3$ ly/d
$Hv = 583.03$ cal/g	$CS_2 = 0.777 \cong 0.8$
$CS_1 = 1.0$	

## Referencias

CAMPOS A., D. F. Estimación de la ETP en la República Mexicana con base en el método de Penman (Primera parte: Teoría y datos utilizados). *XVII Congreso Nacional de Hidráulica*. Avances en Hidráulica 9, páginas 377–382. Monterrey, N. L. 18 al 22 de noviembre del 2002.

CAMPOS A., D. F. *Introducción a los Métodos Numéricos: Software en Basic y aplicaciones en Hidrología Superficial*. Capítulo 2: Interpolación mediante polinomios, páginas 30–41. Editorial Universitaria Potosina. San Luis Potosí, S.L.P. 2003. 223 páginas.

CAMPOS A., D. F. Estimación de la evaporación mensual en tanque tipo A en la República Mexicana mediante datos de temperatura. *Ingeniería Hidráulica en México*, Vol. XIX, No. 4, páginas 85–96, octubre–diciembre del 2004.

CAMPOS A., D. F. *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. Capítulo 2: Análisis de la radiación solar y de las temperaturas, páginas 33–64. Editorial Trillas. México, D. F. 2005. 320 páginas.

DUNNE, T. & L. B. LEOPOLD. *Water in Environmental Planning*. Chapter 4: Water loss from lakes, pp. 95–125 and chapter 5: Water use by vegetation, pp. 126–162. W. H. Freeman and Co. San Francisco. 1978. 818 p.

HARE, F. K. *Climate variations, drought and desertification*. WMO–No. 653. Secretariat of the World Meteorological Organization. Geneva, Switzerland. 1985. 35 p.

HARGREAVES, G. H. & Z. A. SAMANI. *Programación del Riego (Un Manual Bilingüe)*. Tema: Evapotranspiración de referencia, páginas 19–23. Editts... Las Cruces, Nuevo Mexico, U.S.A. 1991. 86 p.

HERNÁNDEZ H., E., A. TEJEDA MARTÍNEZ Y S. REYES T. *Atlas Solar de la República Mexicana*. Mapa de irradiación solar global anual (ly/d), página 81. Textos Universitarios. Universidad de Colima y Universidad Veracruzana. 1991. 155 páginas.

JÁUREGUI O., E. Una primera estimación de la distribución de la radiación global y neta en México. *Recursos Hidráulicos*, Vol. VII, Núm. 2, páginas 96–105. 1978.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). *Normales Climatológicas. Periodo 1941–1970*. Dirección General del SMN de la S.A.R.H. México, D. F. 1982. 799 páginas.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA (UC). *Converting Humidity expressions with Computers and Calculators*. Leaflet 21372. Cooperative Extension. Berkeley, California, U.S.A. 1984. 24 p.

## El *IV Foro Mundial del Agua*, reflejo de voces unidas y propuestas para que el recurso sea factor de desarrollo y bienestar social: Jaime Jáquez

• *En el evento, al que asistieron más de 19,800 participantes de 146 países, se presentaron 1,600 acciones locales y experiencias exitosas en el manejo del líquido.*

• *Los resultados del IV FMA podrán concretarse en la medida en que se fortalezca la cooperación y el intercambio técnico en la materia.*

Las mil 600 acciones locales y experiencias sobre el manejo del agua que se presentaron durante los siete días del IV Foro Mundial del Agua, servirán de base para la instrumentación de programas nacionales, regionales y estatales que contribuyan al desarrollo económico y factor determinante para el bienestar social, señaló el Director General de la Comisión Nacional del Agua, Cristóbal Jaime Jáquez.

Durante el evento, al que asistieron más de 19,800 participantes de 146 países, se realizaron 205 sesiones en las que participaron 320 organizaciones nacionales e internacionales, provenientes de los ámbitos público, privado y social.

De manera paralela, se realizaron los Foros de Niños, Jóvenes y de Legisladores, el cual por primera vez se llevó a cabo en el marco de este tipo de eventos, así como la Feria del Agua, la Expo-Agua y la impartición de diversos cursos para el cuidado y aprovechamiento racional del líquido.

En la ceremonia de clausura, que coincidió con la celebración del Día Mundial del Agua, el titular de Conagua resaltó que los resultados obtenidos en las diversas sesiones, se reflejaron las voces unidas y las propuestas de los participantes por concretar acuerdos que garanticen un mayor cuidado del recurso, así como su preservación y el derecho de todos los seres humanos a contar con agua potable y servicios de saneamiento adecuados.



Jaime Jáquez precisó que ante los rezagos y condiciones económicas que afectan a algunos países se requiere apoyo técnico y económico para que puedan salir adelante. “Este tipo de asistencia implica, conocimientos y los recursos necesarios para que por sí mismos desarrollen a futuro las acciones que les permitan el uso sustentable del líquido”, añadió.

En este sentido, destacó la necesidad de incluir al agua en las agendas nacionales y planes de desarrollo de los gobiernos y revalorar la importancia de su buen uso y preservación. Para ello, puntualizó, deben orientarse esfuerzos para que los países cuenten con leyes de aguas actualizadas y con instituciones únicas responsables de la administración y preservación del recurso hídrico.

“Un aspecto trascendental es lograr que los planes consensuados que se establezcan en cada cuenca para el buen uso y preservación del agua sean obligatorios conforme a la ley, con el fin de maximizar las inversiones y dar continuidad a los programas y acciones en la materia”, abundó.

El amplio debate e intercambio de opiniones, estrategias, ideas y puntos de vista entre todos expertos, especialistas y participantes en general en torno a este recurso, alcanzó un punto en coincidencia sobre la necesidad de impulsar el uso sustentable del agua.



Entre las conclusiones del evento, se resaltó la importancia de destinar mayores recursos para la modernización del riego, con el propósito de reducir los volúmenes de agua utilizados e incrementar la productividad. Este es un aspecto trascendental si se considera la poca disponibilidad del recurso en diversas zonas y la necesidad de incrementar la producción de alimentos para atender los requerimientos de la población.

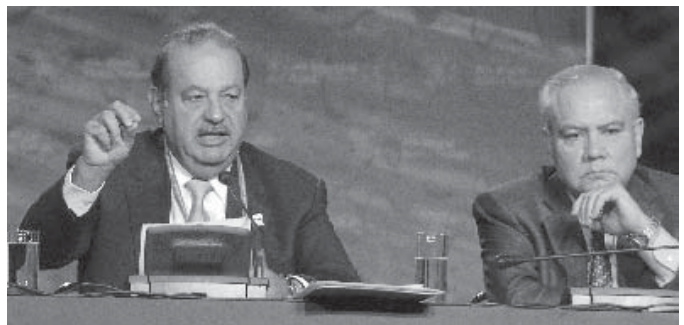
Otra de las recomendaciones del *IV Foro Mundial del Agua* es que se fortalezcan las acciones preventivas y de mitigación para enfrentar de mejor manera los efectos de fenómenos hidrometeorológicos extremos, como los huracanes y las sequías cada vez más severos y frecuentes, que tienen su origen en las condiciones de cambio climático, que ha modificado la temperatura en el planeta.

Asimismo, es imperativo desarrollar reglas claras para el manejo, uso y preservación del agua en las cuencas que comparten dos o más países; consolidar la cooperación en las cuencas transfronterizas, a través de acuerdos y tratados formales, así como en instituciones técnicas y financieras sólidas para enfrentar los retos en materia hídrica en esas regiones.

Jaime Jáquez apuntó que los resultados del *IV FMA* podrán concretarse en la medida en que se fortalezca la cooperación y el intercambio técnico en la materia, “ya que no existe mayor fuerza que la que podemos lograr todos juntos, trabajando en un mismo sentido”.

En este punto, dijo que uno de los logros más significativos de este Foro fue la creación del Consejo del

Agua de la Región Asia-Pacífico, que es una muestra de los mecanismos y acuerdos de cooperación que se han establecido en diferentes países y el espíritu de equipo que se ha desarrollado en las diversas regiones del mundo.



Fotografías de esta página cortesía de Leila Mead / IISD





## Segundo Simposium de Hidráulica: “El agua: estrategias, vida y desarrollo”

*Ing. Miguel Ángel Haces Zorrilla*

Secretario de la Asociación Mexicana de Hidráulica  
Sección Regional Sur de Tamaulipas y Norte de Veracruz



Con la finalidad de promover el uso, reuso y maximizar el aprovechamiento del recurso hídrico y plantear los requerimientos para alcanzar el desarrollo sustentable en la conurbación de la desembocadura del río Pánuco, en primera instancia y en toda la cuenca del río Guayalejo - Tamesí como meta a largo plazo, se desarrolló noviembre pasado el Segundo Simposium de Hidráulica con el tema “El Agua: Estrategias, Vida y Desarrollo”.

La respuesta de los sectores gubernamentales, universitarios locales, de diferentes estados de la república y de la comunidad interesados en la temática del agua fue intensa y sostenida durante todo el Simposium. Asistieron 211 personas, para escuchar las 18 ponencias que se impartieron, abarcando tópicos como el estudio hidrológico de la cuenca Guayalejo-Tamesí, programas de simulación de avenidas, tratamientos para disponer agua residual y su posible reuso, manejo ambiental en los puertos, diseño de redes colectoras de aguas pluviales, riesgo de daños a estructuras en la costa, manejo de indicadores biológicos con cocodrilos, hasta la tipificación de viento en la conurbación para su adecuado uso en la simulación hidrodinámica de cuerpos de agua someros.

En la inauguración contamos con la presencia del Ing. Alberto Berlanga Bolado, secretario de la SEDUE y del Director de la Facultad de Ingeniería, Arturo Narro Siller, así como los representantes de los tres municipios conurbados y de los organismos relacionados con el manejo del agua.

Esperamos seguir respondiendo dentro de nuestras posibilidades, a motivar a las autoridades en los tres niveles de gobierno, responsables de lograr el desarrollo sustentable para que implementen acciones decididas para lograr la añorada meta “El Desarrollo Sustentable en la Cuenca Guayalejo - Tamesí”, sub-cuenca del bajo río Pánuco.





## Gilberto Sotelo Ávila



Para la Asociación Mexicana de Hidráulica es un orgullo presentar en esta ocasión la semblanza del maestro Gilberto Sotelo Ávila, quien a lo largo de toda su vida profesional y académica se ha distinguido por su entrega al campo de la investigación y la docencia, así como su participación en la planeación, diseño, dirección, ejecución y supervisión de destacadas obras de infraestructura.

Originario de la comunidad de Arcelia, Guerrero y con una edad de 70 años, el ingeniero Sotelo Ávila cuenta con los grados de Maestro en Ingeniería Hidráulica y de Doctor en Ingeniería, este último con mención honorífica, por parte de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.

Con una antigüedad académica de más de 45 años, el maestro Sotelo Ávila es personal de carrera en la UNAM de la Facultad de Ingeniería, de la División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica, así como del Departamento de Hidráulica. Desde marzo de 2003 es Profesor Emérito y Profesor Titular de Carrera Nivel C, Definitivo de tiempo completo.

Además de ser miembro del Sistema Nacional de Investigadores y distinguido catedrático de la UNAM, obtuvo el Premio Universidad Nacional 1998; Docencia en Ciencias Exactas que otorga esa máxima casa de estudios; las Cátedras Javier Barros Sierra en 1999 y la de Mariano Hernández Barrenechea, en el 2000, por parte del Consejo Técnico de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Hombre de probada experiencia profesional y académica, ha sido objeto del Premio Nacional Miguel A. Urquijo que otorgó el Colegio de Ingenieros Civiles al mejor artículo de Ingeniería Civil durante 1997 y 1998. Asimismo, en el 2003 esa misma organización le entregó el Premio Nacional Mariano Hernández Barrenechea a la

Docencia y el Premio Nacional Jose A. Cuevas, al mejor artículo técnico de Ingeniería Civil en 2002.

Entre otras distinciones de las que ha sido objeto, el ingeniero Sotelo Ávila ha obtenido Diploma al Mérito Universitario por cumplir 25 años como profesor de la UNAM y Diploma y medalla al Mérito Universitario por 35 años como profesor de esa casa de estudios.

Una de sus publicaciones fue seleccionada para aparecer en los anales de la Universidad de Chile, con motivo de los estudios en honor de Francisco Javier Domínguez, el primero que escribió un libro de Hidráulica en el continente americano. El nombre Gilberto Sotelo Ávila aparece en la tábula gratulatoria a dicho profesor.

Es miembro del Consejo Asesor Nacional de la Red de Investigación y Desarrollo Tecnológico sobre Agua del CONACYT-SEP desde septiembre de 2000; de la Comisión Dictaminadora del Instituto de Ingeniería, UNAM, de agosto 2001 a la fecha y del Subcomité Académico del Área de Ingeniería Civil en el Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería Civil de la UNAM.

Además fue miembro del Jurado del Premio Universidad Nacional y Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos, para los años 2001, 2002, 2003 y 2004, en el área de Docencia en Ciencias Exactas y miembro Honorario de la Academia Nacional de Ingeniería, en agosto 2001 y después Académico de Honor de la actual Academia de Ingeniería.

Desde 2002 a la fecha es miembro de la Comisión Especial de Área para el Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico de Tiempo Completo (PRIDE D) en el Consejo Académico de Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingeniería y presidente de Jurado del Premio Enzo Levi a la Investigación y la Docencia 2002 de la Asociación Mexicana de Hidráulica.

Por otra parte, desde agosto de 2002 es Evaluador de Proyectos CONACYT y DGAPA de la UNAM, perito en materia de Ingeniería Hidráulica por la Suprema Corte de Justicia de la Nación, a partir de noviembre de 2004 y presidente del Comité Regional Latinoamericano de Hidráulica de la Asociación Internacional de Investigaciones e Ingeniería Hidráulica, desde enero de 2005.





Durante su amplia trayectoria profesional, el ingeniero Sotelo Ávila ha participado en la planeación y realización de 111 proyectos; en la dirección, coordinación y supervisión de 32 obras y en la construcción de 18 obras de ingeniería civil en el país y cuatro más en el extranjero.

En el terreno de la docencia, desde 1958 es profesor en el Programa de Posgrado en Ingeniería de la UNAM, donde actualmente imparte las asignaturas Hidráulica General, Obras Hidráulicas de dicho programa, así como Trabajo de investigación I y II dentro de la Maestría y Doctorado en Hidráulica y desde 1974 es profesor de Carrea Nivel C, Definitivo y de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería, lapso en el que ha impartido todas las asignaturas de su especialidad de la carrera de ingeniería civil.

Su trayectoria en el terreno de la investigación se remonta a 1958, año en el que inicia como ayudante de investigador y posteriormente ocupa la titularidad de investigador en el Instituto de Ingeniería de la UNAM hasta el año de 1972. Durante el periodo de septiembre de 1961 a septiembre de 1962 fue investigador asistente en el Laboratorio de Hidráulica y Mecánica de Suelos de la Universidad Técnica Federal en Zurich y en el Laboratorio Federal de Obras Hidráulicas del Gobierno Alemán, en Karlsruhe. En la actualidad, sus labores docentes las combina con la investigación teórico-experimental.

En el ámbito académico universitario fue Jefe de la Sección de Hidráulica en la División de Estudios de Posgrado (1967-1971); Jefe del Departamento de Hidráulica en la División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica (1967-1971); Subjefe y después Jefe de la misma División (1971-1977).

Miembro de Comisiones Dictaminadoras de las dos divisiones antes mencionadas, de 1971 a 1974 y de la División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica de 1987 a 1989; Jefe de la Academia de Hidráulica y miembro propietario del Consejo Técnico en la Escuela de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México, de 1969 a 1970.

Consejero Técnico Propie-

tario, representante profesor, de la Facultad de Ingeniería, UNAM, de 1988 a 1993; Consejero Académico Propietario del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías de la UNAM, representante profesor por la Facultad de Ingeniería, de 1992 a 1999 y miembro del Claustro Doctoral y Tutor, Programa de Posgrado en Ingeniería de la UNAM, de 1990 a la fecha.

Además, es miembro del Consejo Académico del Centro Nacional de Evaluación (CENEVAL); representante de la Facultad de Ingeniería (UNAM) para elaborar el Examen General de Egreso de la licenciatura en Ingeniería Civil desde 1996 a la fecha.

Tutor de los alumnos en el Programa de Alto Rendimiento Académico (PARA) Semestre 98-1; Tutor de alumnos de primer ingreso, Semestre 2000-3 a la fecha y miembro del Consejo Editorial de la UNAM desde mayo del 2003.

Entre las sociedades científicas y gremiales a las que ha pertenecido destacan la Academia Mexicana de Ciencias; International Association for Hydraulic Engineering and Research; Sigma Xi, The Scientific Research Society; American Society of Civil Engineers; el Colegio de Ingenieros Civiles de México, la Academia de Ingeniería; la Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingeniería y la Asociación Mexicana de Hidráulica, de la que fue presidente y en la actualidad es miembro del Consejo Consultivo e integrante del Comité Editorial de la Revista Tlaloc AMH.

**GRUPO PROAQUA**  
Una empresa de Grupo Marinos  
A FUERZA DE CONSTRUIR, NOS HEMOS CONSTRUIDO A NOSOTROS MISMOS

**ESPECIALISTAS EN:**  
Diseño, Construcción y Operación de Plantas de Tratamiento de aguas residuales, industriales y municipales

Info@grupoproaqua.com.mx      www.grupoproaqua.com.mx

Av. Hímetro Nacional 1911      Teléfonos 01 (444)  
4º piso, Fracc. Tanguamangr,      833 1865, 833 1856  
San Luis Potosí, S.L.P.      817-361, 817-1399  
C.P. 78259, México      817-4411

**MARINOS**  
4444 226554

## **Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C.** **Tradicición, Experiencia y Compromiso**

En un esfuerzo por difundir los logros científicos y tecnológicos alcanzados en materia hidráulica y reconocer la trayectoria de distinguidos Ingenieros que han aportado su experiencia y conocimiento a este sector, el XXVII Consejo Directivo de la Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C. y el Comité Editorial de la Revista *Tláloc-AMH*, acordaron Instaurar el premio:

### **Ing. José Luis Sánchez Bribiesca**

el cual se otorgará anualmente al mejor artículo técnico publicado en la Revista *Tláloc-AMH*.

El reconocimiento, que consistirá en un diploma alusivo, se entregará en una ceremonia que se llevará a cabo en el marco de la Asamblea Anual de la Asociación, durante el mes de mayo, prevista en los estatutos





# Asociación Mexicana de Hidráulica

# Congreso Nacional de Hidráulica

## La Gestión Integral del Agua

Cuernavaca, Morelos  
del 7 al 10 de noviembre de 2006

La Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C. invita a todos sus agremiados, a los especialistas y en general a todas las personas interesadas en la gestión del agua en México, a participar en su XIX Congreso Nacional de Hidráulica y Exposición Internacional del Agua 2006.

### Objetivo

Promover el Intercambio y la generación de conocimiento para la gestión Integral del agua en México.

Establecer foros de análisis y discusión de la problemática hídrica de México, y proponer opciones de solución.

Mostrar mediante una exposición de productos, servicios e instituciones los avances más recientes para la atención de las prioridades del sector.

### Temas

- Gestión del agua y gobernabilidad
- Agua y medio ambiente
- Agua potable y saneamiento
- Obras Hidráulicas
- Hidrología
- Hidráulica fluvia y marítima
- Mecánica de fluidos e hidráulica fundamental
- Agua para la generación de energía
- Docencia e investigación

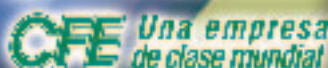
### Informes:

Asociación Mexicana de Hidráulica, A.C.  
Camino a Santa Teresa 187.

Col. Parques del Pedregal, C.P. 14010, México, D.F.

Tel.: (55) 5666 0833. e-mail: amhcongreso@prodigy.net.mx

www.amh.org.mx





## Agua, Medio Ambiente y Sociedad

*Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*



Universidad Nacional  
Autónoma de México



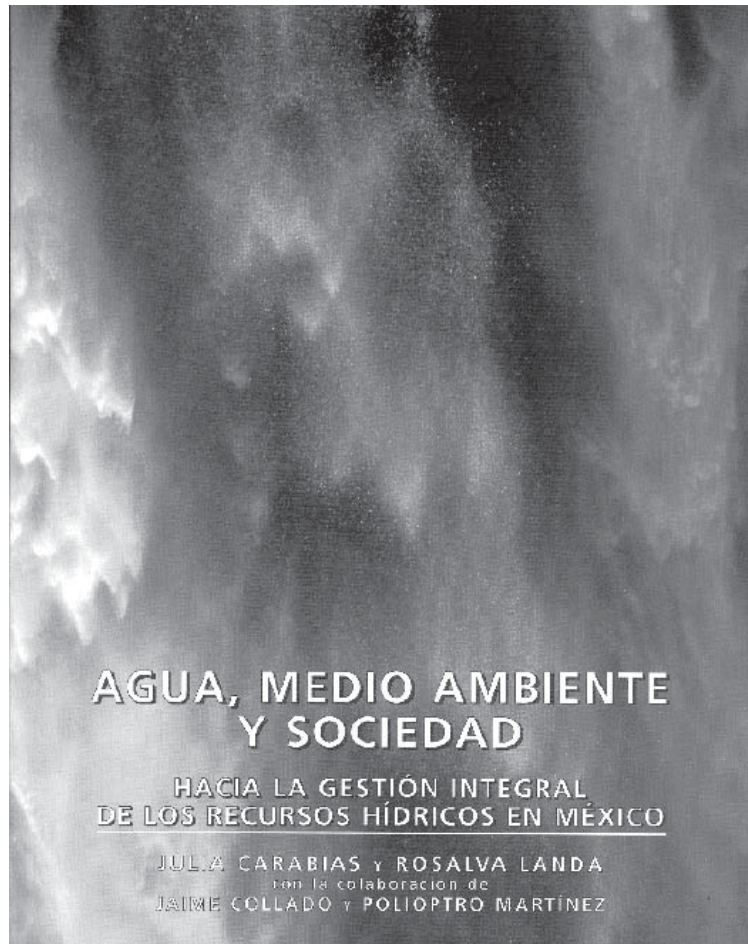
El Colegio de México



Fundación  
Gonzalo Ríos Arronte

*Julia Carabias y Rosalva Landa*

*con la colaboración de  
Jaime Collado y Polioptro Martínez*



En el umbral del siglo XXI, México se enfrenta a la posibilidad de una crisis del agua que comprometería el futuro inmediato de su proceso de desarrollo. En función de esta crisis potencial, el gobierno de la República ha declarado que el agua es asunto de seguridad nacional.

Los esquemas de utilización del agua que han prevalecido en el país durante décadas han determinado desajustes y conflictos crecientes: escasez, agotamiento de acuíferos, sequías, inundaciones, deslaves, erosión hídrica, azolvamiento, salinización, hundimientos diferenciales, contaminación de suelos y cuerpos de agua, degradación de hábitats acuáticos, entre otros factores que amenazan la salud humana y la de los ecosistemas y comprometen la continuidad de la mayor parte de los procesos productivos.

El problema del agua en México presenta así múltiples dimensiones. Aunque su análisis desborda el reconocimiento de la creciente escasez del recurso y de los procesos de contaminación que lo afectan, los indicadores de cantidad y calidad del agua permiten calibrar el alcance de la crisis.

En función de los indicadores disponibles, referidos en la presente publicación, la crisis del agua no es en México una amenaza futura sino un proceso que ya se hace sentir y que podría alcanzar niveles críticos en el primer cuarto de este siglo. Si el manejo del agua no experimenta un cambio radical en nuestro país, en 25 años México verá frenado su desarrollo por falta del recurso en varias ciudades, insuficiencia agroproductiva, colapso de varios ecosistemas y agravamiento de los problemas de salud pública.





[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]



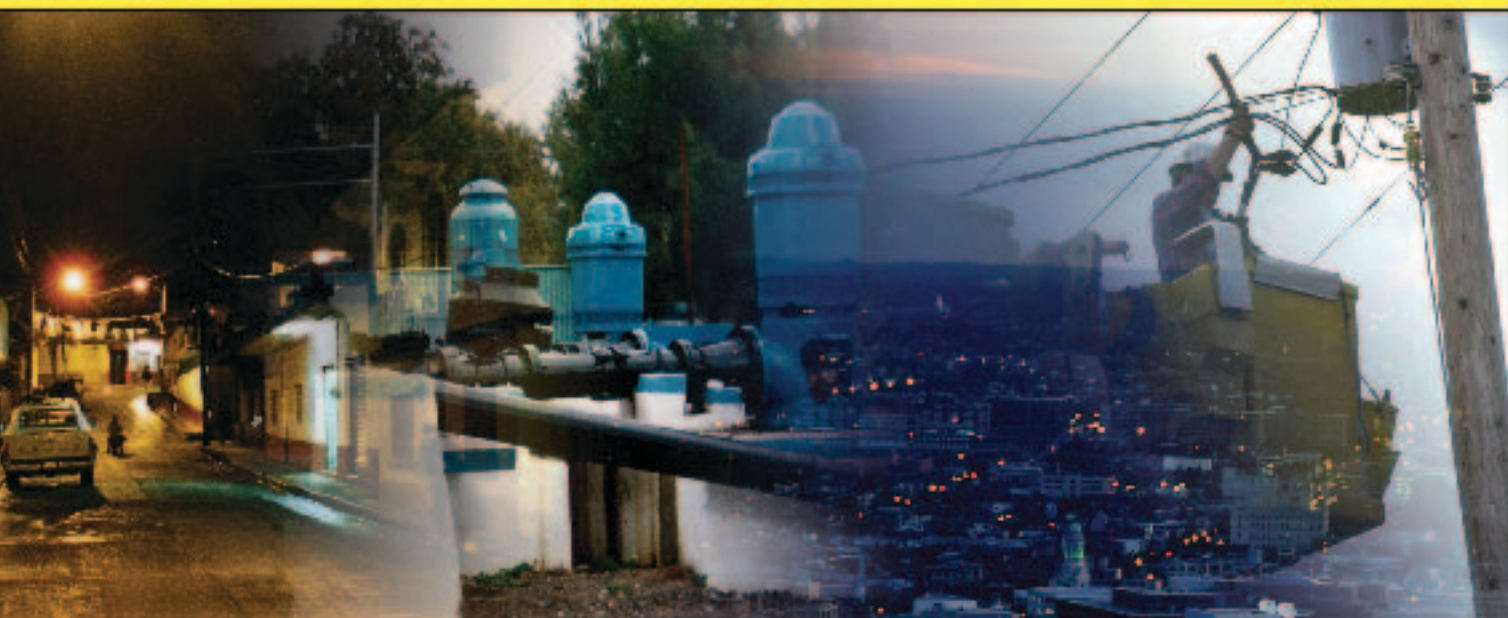


Con su perro... con su espíritu... CONSTRUYENDO



# AHORRE

energía eléctrica



## **El FIDE financia su municipio hasta con \$500,000.00 sin intereses...**

Para proyectos de ahorro de energía eléctrica en iluminación, bombeo, aire acondicionado y alumbrado público.

El municipio selecciona a su proveedor o contratista.

Más de 200 municipios ya están ahorrando hasta un 40%

¡ Llame hoy mismo, con gusto le atenderemos !



**Fideicomiso para el Ahorro  
de Energía Eléctrica**

Gerencia de Servicios Municipales Teléfono en el D.F.: 5250-0870  
Commutador: 5254-3044 ext.: 96-040, 96-041, 96-015 Fax ext.: 96-332  
Lláme sin costo: 01 800 5098 417 Celular: 0156 5967 8603  
torreseateosn@terra.com.mx www.fide.org.mx



## Solución efectiva en taludes y protección de ductos

*Ing. Ángel Arroyo Ramos, Sub Marelher, S.A. de C.V.*

Presentación de un caso que muestra la gran confiabilidad en el uso de tapetes ecológicos de concreto flexible.

La erosión es un problema siempre presente en la estabilidad de taludes y protección de ductos; por ello, para su prevención, se requiere de la aplicación de tecnología de vanguardia en soluciones creativas; prácticas y efectivas, pero que no representen un posible daño ecológico.

Así, se encuentran totalmente terminados los trabajos de protección al derecho de vía que aloja 13 líneas conductoras de hidrocarburos y sus derivados –localizado en la margen izquierda del río Coatzacoalcos, a la altura del puente Ing. Antonio Dovalí Jaime (Coatzacoalcos II)–, ya que representaba riesgos materiales, ecológicos y humanos.

Personal de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) realizó los estudios, análisis técnicos y simulaciones matemáticas para proteger dicho corredor, que fue diseñado por el Departamento de Hidráulica de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la CFE.

El equipo de la CFE observó que las tuberías del corredor estaban quedando litetralmente expuestas dentro del cuerpo de agua del río Coatzacoalcos, y que esto representaba un riesgo, ya que el impacto del flujo hidráulico primero ocasiona la erosión del material y luego, debido al golpeteo de las tuberías, incluso puede provocar una conflagración de hidrocarburos.

Ésto, en este punto geográfico, significaría un posible deterioro de la autopista, la cual se encuentra a escasos 50 metros de distancia del corredor; así como daños a la ecología, ya que el río Coatzacoalcos vierte sus aguas al Golfo de México a unos cuantos kilómetros de distancia de este punto, además de posibles pérdidas humanas de quienes habitan a escasos metros del sitio.

Ante esto, el equipo de CFE realizó estudios, análisis técnicos y simulaciones matemáticas de siete alternativas para proteger el derecho de vía, que concluyeron en el diseño de una protección marginal flexible que impida la pérdida del material de la margen, provoque la sedimentación de los sólidos que arrastra el agua del río, permita el vaciado del agua acumulada sobre la corona del talud, contribuya a la recuperación de la flora natural, se integre a la consolidación de la margen y no contamine el medio ambiente natural.

Con base en este diseño de la CFE, Petróleos Mexicanos confió la realización del trabajo de protección marginal a la empresa SUBMARELHER, S.A. DE





C.V., para lo cual utilizaron los Tapetes de Concreto Flexible Ecológicos de 8' x 20' x 4 1/2" (2.44 x 6.10 x 0.11m.), que produce dicha empresa.

Esta protección marginal se realizó en un tiempo récord de 10 semanas, tendiendo 2,783 tapetes ecológicos de concreto flexible, desde la corona y hasta una profundidad de 12 metros bajo el espejo de agua. Los tapetes de concreto flexible ecológicos se fabrican con materiales de alta resistencia y calidad como el concreto de una resistencia igual a 281Kg/cm<sup>2</sup> y cable copolímero con una capacidad no menor a 10,500 libras a la tensión.

La empresa SUBMARELHER, S.A. DE C.V. es un especialista en protecciones marginales con este

producto patentado (tapetes ecológicos de concreto flexible) y cuenta con una amplia experiencia en protecciones similares con excelentes resultados, como la protección marginal del Terranova en Coatzacoalcos, Ver., así como muchas otras protecciones realizadas en México.

Con estos trabajos, basados en la experiencia y confiabilidad de SUBMARELHER, S.A. DE C.V., Pemex Refinación responde a la demanda de protección a la vida de los habitantes de la región y evitar el deterioro de la riqueza ecológica del sur del estado de Veracruz.



### Ficha Técnica

#### Tapetes Ecológicos de Concreto Flexible

#### Tipo I (9") y Tipo II (4.5")

El Tapete es una estructura de forma rectangular que mide 2.44 mts. de ancho por 6.10 mts. de largo con un peralte de 0.113 mts. para el tapete de concreto flexible tipo I, Los tapetes de concreto flexible están integrados por 160 elementos de concreto monolítico, tiene una estructura dinámica y flexible, está fabricado con materiales de alta resistencia y siempre estará adaptándose a la superficie del banco de material que proteja.

El CONCRETO de los elementos monolíticos tiene una resistencia no menor a  $F'c=281,2 \text{ Kg./cm}^2$ , y se elaboran con agregados seleccionados y limpios en un ambiente controlado, aplicando procedimientos que garantizan el control de calidad óptimo, cumpliendo con las Normas Oficiales Mexicanas e Internacionales para estructuras monolíticas de concreto.

Los tapetes de concreto son ECOLÓGICOS, pues no contaminan el medio ambiente, siendo al mismo tiempo amigables con el medio ambiente, ya que permiten el crecimiento de la vegetación nativa ente sus elementos preservando el entorno natural. Son FLEXIBLES debido a que sus elementos de concreto están unidos con un cable no metálico de una resistencia no menor a 4,762.72 kilogramos a la tensión, que da al tapete a su característica principal de flexibilidad dinámica durante toda su vida útil.

#### Aplicaciones

Los tapetes están diseñados para instalarse de múltiples formas, dependiendo del uso y de la superficie sobre la que se pretendan instalar.

1. En ductos tubulares de acero los tapetes se pueden instalar para lastrar las tuberías que serán tendidas en pantanos, cruce de ríos, fondo del mar o lagos. También se instalan como soporte estructural para mantener la tubería nivelada, como separadores estructurales en cruce de tuberías, tendidas en el fondo marino.
2. En taludes para proteger la superficie del terreno de la erosión ocasionada por escurrimientos pluviales o derrames de embalses, riveras, canales, etc.
3. Caminos provisionales que permitan la circulación de vehículos, sobre superficies semi empantanadas o inundadas, carreteras dañadas. Cruzar arroyos o ríos formando accesos provisionales, por emergencias, notándose que en estos casos los tapetes son recuperables y no sufren ningún daño, por lo que se pueden utilizar repetidas ocasiones.
4. Playas en el mar o lagos para contener la pérdida de arenas, y ganar terrenos que en algunas zonas pobladas se requieren para su desarrollo.



## Gestión Integral del Agua

### *Portal de los Consejos de Cuenca*

Portal de Internet oficial de los Consejos de Cuenca en México, que tiene por objetivo concentrar la información referente a estos órganos colegiados de participación de la sociedad en la gestión del agua. Contiene secciones de noticias, descargas con diversos documentos de interés.

[www.consejosdecuenca.org.mx](http://www.consejosdecuenca.org.mx)

### *Red Internacional de Organismos de Cuenca*

Sitio web de la Red Internacional de Organismos de Cuenca, constituida por varias organizaciones que tiene como objetivo promover la gestión global de los recursos hídricos por cuenca hidrográfica, como un útil esencial del desarrollo sostenible.

[www.oieau.fr/riob/](http://www.oieau.fr/riob/)

### *Oficina Internacional del Agua*

Sitio web de la Oficina Internacional del Agua (OIA) que tiene por vocación reunir a todos los organismos públicos y privados involucrados en la gestión y protección de los recursos hídricos, en Francia, Europa y el Mundo con el fin de crear una verdadera red de socios.

[www.oieau.org/espagnol/oie/fpresent.htm](http://www.oieau.org/espagnol/oie/fpresent.htm)

### *El Secretariado Internacional del Agua*

Sitio web de la red internacional de organizaciones implicadas en el desarrollo comunitario sostenible y en la gestión del agua. Fue creada para actualizar los principios enunciados en la Carta de Montreal, que fue adoptada en 1990 al cierre de los trabajos concernientes a la Década de las Naciones Unidas sobre el Agua y el Saneamiento.

[www.i-s-w.org/es/index.html](http://www.i-s-w.org/es/index.html)

### *Programa Ambiental de las Naciones Unidas, Administración de Aguas Transfronterizas*

Sección del sitio web del Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP, por sus siglas en inglés) dedicado a los temas de administración de aguas transfronterizas.

[freshwater.unep.net/index.cfm?issue=water\\_transb](http://freshwater.unep.net/index.cfm?issue=water_transb)

### *Consejo Mundial del Agua*

Sitio web del Consejo Mundial del Agua, que tiene como misión promover el conocimiento, crear compromisos políticos y desarrollar acciones críticas en materia de agua en todos los niveles, para facilitar la eficiente conservación, protección, desarrollo, planeación, administración y agua en todos sus dimensiones y con una base ambiental sustentable.

[www.worldwatercouncil.org/](http://www.worldwatercouncil.org/)

### *Instituto Internacional de Gestión del Agua*

Sitio web del Instituto Internacional de Gestión del Agua (IWMI, por sus siglas en inglés), el cual es una organización de investigación científica sin fines de lucro que se enfoca en el uso sustentable del agua y en las necesidades de agua de los países en desarrollo. Cuenta con diversas publicaciones, reportes y documentos de trabajo relacionados con la gestión del agua.

[www.iwmi.cgiar.org](http://www.iwmi.cgiar.org)

### *Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos*

Sitio web del proyecto del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) sobre formación de capacidades en gestión integrada del agua, contiene diversas herramientas y materiales de capacitación en gestión integrada del agua, además cuenta con un sitio paralelo en español con diversos materiales en este idioma: [www.cap-net.org/?lang=Spanish](http://www.cap-net.org/?lang=Spanish)

[www.cap-net.org](http://www.cap-net.org)

### *Grupo de Gestión de Recursos Hídricos del Banco Mundial*

Sitio web del Grupo de Gestión de Recursos Hídricos del Banco establecido en el año 2000, que sirve para difundir las lecciones y experiencias compartidas, hacer públicas las políticas y lineamientos, facilitar la cooperación en los temas del agua.

[web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTWRM/0,,menuPK:337246~pagePK:149018~piPK:149093~theSitePK:337240,00.html](http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTWRM/0,,menuPK:337246~pagePK:149018~piPK:149093~theSitePK:337240,00.html)

### *Sociedad Global del Agua*

Sitio web de la Sociedad Global del Agua, (GWP, por sus siglas en inglés), que es una sociedad entre los involucrados en aspectos de administración del agua: agencias de gobierno, instituciones públicas, compañías privadas, organizaciones de profesionales, agencias de desarrollo multilaterales, otros participantes comprometidos con los principios de Dublín y Río.

[www.gwpforum.org](http://www.gwpforum.org)

### *Página Africana del Agua*

Portal dedicado a la promoción de la gestión y uso sustentable de los recursos hidráulicos, con énfasis en el desarrollo, utilización y protección del agua en África y otras regiones en desarrollo.

[www.africanwater.org/index.htm](http://www.africanwater.org/index.htm)



# SOMOS LA RESPUESTA EN CONCRETO A SU PROBLEMA DE EROSION

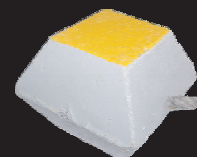


Protección de las bases del cruce aéreo "Barranca" en Cd. Mendoza, Veracruz

Los tapetes flexibles de concreto **SUBMARELHER** son la única respuesta que Usted y su inversión necesitan: **Detienen la erosión**, son de **rápida instalación**, tienen una **vida útil superior a los 20 años** y son **reutilizables**.

Llame. Si hay un problema en sus manos, en las nuestras está la **solución**.

**01800-0120277**  
**erosion@grupoelher.com**



**SUBMARELHER**

Control de Erosión - Protección de Ductos  
Tapetes flexibles de concreto