

# Entorno

REVISTA DE CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN

UDLAP

INVESTIGACIÓN  
PROBABLE EFFECTS  
OF CLIMATE CHANGE  
ON INFECTIOUS  
DISEASES IN NORTH  
AMERICA

## ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Un gasto bajo jurisdicción del  
gobierno federal de México

Fotografía de portada: área de protección de  
flora y fauna Cañón de Santa Elena

udlap.mx



INVESTIGACIÓN  
DIAGNÓSTICO DEL  
AGUA EN MÉXICO  
Y SEGURIDAD  
HÍDRICA

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA

ISSN 2594-0147

DISTRIBUCIÓN GRATUITA SEP-DIC 2018

#6

# UDLAP<sup>®</sup>

## JENKINS GRADUATE SCHOOL

### MAESTRÍAS

- **Maestría en Administración de Empresas**  
(Master in Business Administration)

RVOE: 20160808

#### Especialidad en Finanzas

RVOE: 20160810

#### Especialidad en Mercadotecnia

RVOE: 20160809

- **Maestría en Defensa Fiscal**

RVOE: 20171134

- **Maestría en Finanzas**

RVOE: 20170311

- **Maestría en Gestión y Liderazgo de Instituciones Educativas**

RVOE: 20170847

- **Maestría en Gobernanza Global**

RVOE: 20170003

- **Maestría en Impuestos**

RVOE: 20171135

#### PROGRAMAS DE EDUCACIÓN CONTINUA

Av. Paseo de la Reforma 180 | Piso 16 | Col. Juárez | CDMX

✉ informes@udlapjenkins.mx

☎ Tel.: (55) 47 47 62 89

www.udlapjenkins.mx

f /udlapjenkings

🐦 @udlapjenkings

in UDLAP Jenkins Graduate School

CDMX

## CONTENIDO

1

### PORTADA

## 28. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Un gasto bajo jurisdicción del gobierno federal de México

- ▶ Protected natural areas. An expense under the jurisdiction of the federal government of Mexico

Por: Ixchel Beristáin Mendoza



Islas Marietas

### ▲ 28. Áreas naturales protegidas

### 4. GRADO DE ANSIEDAD EN MUJERES embarazadas atendidas en un hospital público del estado de Puebla, México

- ▶ Degree of anxiety in pregnant women attending a public hospital in Puebla, Mexico

Por: Erika Palacios Rosas · Madai Muñoz Covarrubias

### 12. PROBABLE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON infectious diseases in North America

Por: José Luis Sánchez-Salas · Ana Margarita Maldonado-Barragán · Silvia Reyna

## 42. DIAGNÓSTICO DEL AGUA EN MÉXICO y seguridad hídrica

► Diagnosis of water in Mexico and water security

Por: Oscar Daniel Máynez Navarro · Martha Alicia Gómez Gallegos · Anaid Bautista Guerrero

## 56. ONDAS DE CALOR Y CAMBIO CLIMÁTICO: efectos en México

► Heat waves and climate change: Effects in Mexico

Por: Polioptro F. Martínez Austria



### 42. Diagnóstico del agua en México

# Entorno UDLAP

REVISTA DE CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN

#### PRESIDENCIA

José Ramón Valdés Parra

#### EDITOR GENERAL

Polioptro Fortunato Martínez Austria

#### CONSEJO EDITORIAL

##### Dirección Ejecutiva

Sergio Picazo Vela  
Decano de Investigación  
y Posgrado

##### Secretaría Ejecutiva

Lorena Martínez Gómez  
Directora General de  
Planeación y Evaluación

##### Coordinación

Izraim Marrufo Fernández  
Director de Comunicación

##### Editora gráfica

Sonia Gisella  
Aguirre Narváez  
Profesora de la Licenciatura  
de Diseño de Información

##### Tecnologías de la

##### Información

Fernando Thompson  
de la Rosa

Director General de  
Tecnologías de la  
Información

##### Biblioteca

María Elvia Catalina  
Morales Juárez  
Directora de  
Bibliotecas

##### DISEÑO EDITORIAL

Angélica González Flores

##### CORRECCIÓN DE ESTILO

Aldo Chiquini Zamora  
Andrea Garza Carbajal

##### FOTOGRAFÍAS

www.shutterstock.com

#### COMITÉ EDITORIAL

##### EDITORES ASOCIADOS

Artes y Humanidades  
Enrique Ajuria Ibarra

##### Ciencias

Miguel Ángel Méndez Rojas

##### Ciencias Sociales

Leandro Rodríguez Medina

##### Ingeniería e Innovación

Aurelio López Malo Vigil

##### Negocios y Economía

Raúl Bringas Nosti

##### MIEMBROS DEL

##### COMITÉ EDITORIAL

##### Ileana Azor Hernández

Universidad de las Américas Puebla

##### Antonio Alcalá González

Tecnológico de Monterrey

##### Cecilia Anaya Berríos

Universidad de las Américas Puebla

##### Jorge Gamaliel Arenas Basurto

Universidad de las Américas Puebla

##### Lucila Castro Pastrana

Universidad de las Américas Puebla

##### Miguel Doria

UNESCO

##### Jorge Alberto Durán Encalada

Universidad de las Américas Puebla

##### Alexander James Hope

Universidad Autónoma de Madrid

##### Juan Enrique Martínez-Legaz

Barcelona Graduate School of Economics

##### Raúl Mújica García

Instituto Nacional de Astrofísica,  
Óptica y Electrónica

##### René Reyes Mazzoco

Universidad de las Américas Puebla

##### Ulises Sandal Ramos Koprivitz

Universidad de las Américas Puebla

##### Manuel Francisco Suárez Barraza

Universidad de las Américas Puebla

##### María Luisa Torregrosa y Armentia

Facultad Latinoamericana de  
Ciencias Sociales

ENTORNO UDLAP, Año 2, núm. 6, septiembre-diciembre 2018, es una publicación cuatrimestral editada por la Fundación Universidad de las Américas, Puebla. Exhacienda Santa Catarina Mártir s/n, San Andrés Cholula, Puebla, C. P. 72810. Tel. (222) 229 20 00. www.udlap.mx, revista. entornoudlap@udlap.mx. Editor responsable: Polioptro Fortunato Martínez Austria. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo núm. 04-2016-091418231700-102, ISSN: 2594-0147, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Escuela de Ingeniería, Polioptro Fortunato Martínez, Exhacienda Santa Catarina Mártir s/n, San Andrés Cholula, Puebla, C. P. 72810. Fecha de última modificación: 9 de septiembre de 2018.

Los artículos, así como su contenido, su estilo y las opiniones expresadas en ellos, son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la opinión de la UDLAP.

Queda prohibida la reproducción parcial o total por cualquier medio del contenido de la presente obra, sin contar con autorización por escrito de los titulares de los derechos de autor.

Los artículos publicados en Entorno UDLAP se someten a revisión por pares, en el sistema de «doble ciego», es decir que los árbitros no conocen el nombre de los autores del texto que revisan, ni los autores los nombres de quienes lo revisan. La responsabilidad del contenido de los artículos corresponde exclusivamente a los autores, y no necesariamente refleja la postura de los editores, miembros del consejo y comité editoriales o de la Universidad de las Américas Puebla.

#### SIMBOLOGÍA / SECCIÓN

 AUTOR INTERNO

 AUTOR EXTERNO

**UDLAP**<sup>®</sup>

## EDITORIAL

En la industria editorial la consecución de metas en cuanto a número de ejemplares editados siempre es un termómetro para saber qué tan bien se están llevando a cabo las estrategias propias de la disciplina. El lanzamiento, aceptación e interés causado por una pieza editorial (como es la revista *Entorno UDLAP*), entre su público receptor, es sin duda el reflejo de que el propósito de convertirse en un instrumento de difusión de la innovación, investigación y desarrollo tecnológico, se ha cumplido.

Así, llegamos a seis números editados y publicados, tanto en la plataforma impresa como en la electrónica. Agradecer –claro– a nuestros muy profesionales colaboradores quienes, con su visión y constancia, se han sumado a un proyecto editorial que hoy es una realidad y que aporta al sentido más estricto de la Universidad de las Américas Puebla de contribuir con la ciencia, la investigación y la innovación a nuestro México que tanto lo necesita.

En ese contexto de satisfacción y de hacer un alto en el camino para refrendar el compromiso de seguir contribuyendo a la difusión del conocimiento, y tras alcanzar los primeros dos años ininterrumpidos de publicaciones de la revista *Entorno UDLAP*, este sexto número se convierte en una pieza imperdible de la investigación, abordando un tema impostergable: las áreas naturales protegidas en México y el gasto que el gobierno federal aplica para su cuidado, conservación y aprovechamiento.

El ensayo elaborado por Ixchel Beristáin Mendoza (licenciada en Economía, con maestría en Administración de Empresas y en Administración de Tecnologías de Información con especialidad en Sistemas de Información, por la UDLAP, y maestría en Economía Aplicada por la Universidad de Cardiff) puntualiza, de manera clara y contundente, vacíos en cuanto a la asignación, control, monitoreo y evaluación del gasto que ejecutan las autoridades federales en las áreas naturales protegidas de México.

Este trabajo no se limita al análisis de una situación –ya de por sí importante para nuestro país– sino que va más allá, haciendo propuestas concretas tales como la implementación de herramientas informáticas que contribuirían en el corto plazo a resolver un problema que involucra aspectos tan importantes como la industria turística, el cuidado del medio ambiente y la protección de los recursos naturales.

El presente número es una publicación de colección que deja –nuevamente– clara la función de este trabajo editorial: ser un órgano de la difusión de la ciencia y la innovación. Por eso, las investigaciones y los ensayos: «Diagnóstico del agua en México y seguridad hídrica» y «Ondas de calor y cambio climático: efectos en México», son dos materiales que se suman a este contexto en el que dejamos en claro la necesidad de la preservación del medio ambiente y el cuidado de los recursos con los que contamos, mediante el uso de la tecnología y las innovaciones.

Gracias por acompañarnos dos años en *Entorno UDLAP*. Seguimos firmes en nuestro compromiso de aportar y enriquecer el conocimiento. Refrendamos nuestra misión y tomamos más impulso para seguir alcanzado nuestra visión. ¡Gracias!

**Dra. Sonia Gisella Aguirre Narváez**  
Editora gráfica de la Revista Entorno UDLAP  
Profesora de tiempo completo de la Licenciatura en Diseño  
de Información Visual

► Degree of anxiety in pregnant women attending a public hospital in Puebla, Mexico

# GRADO DE ANSIEDAD

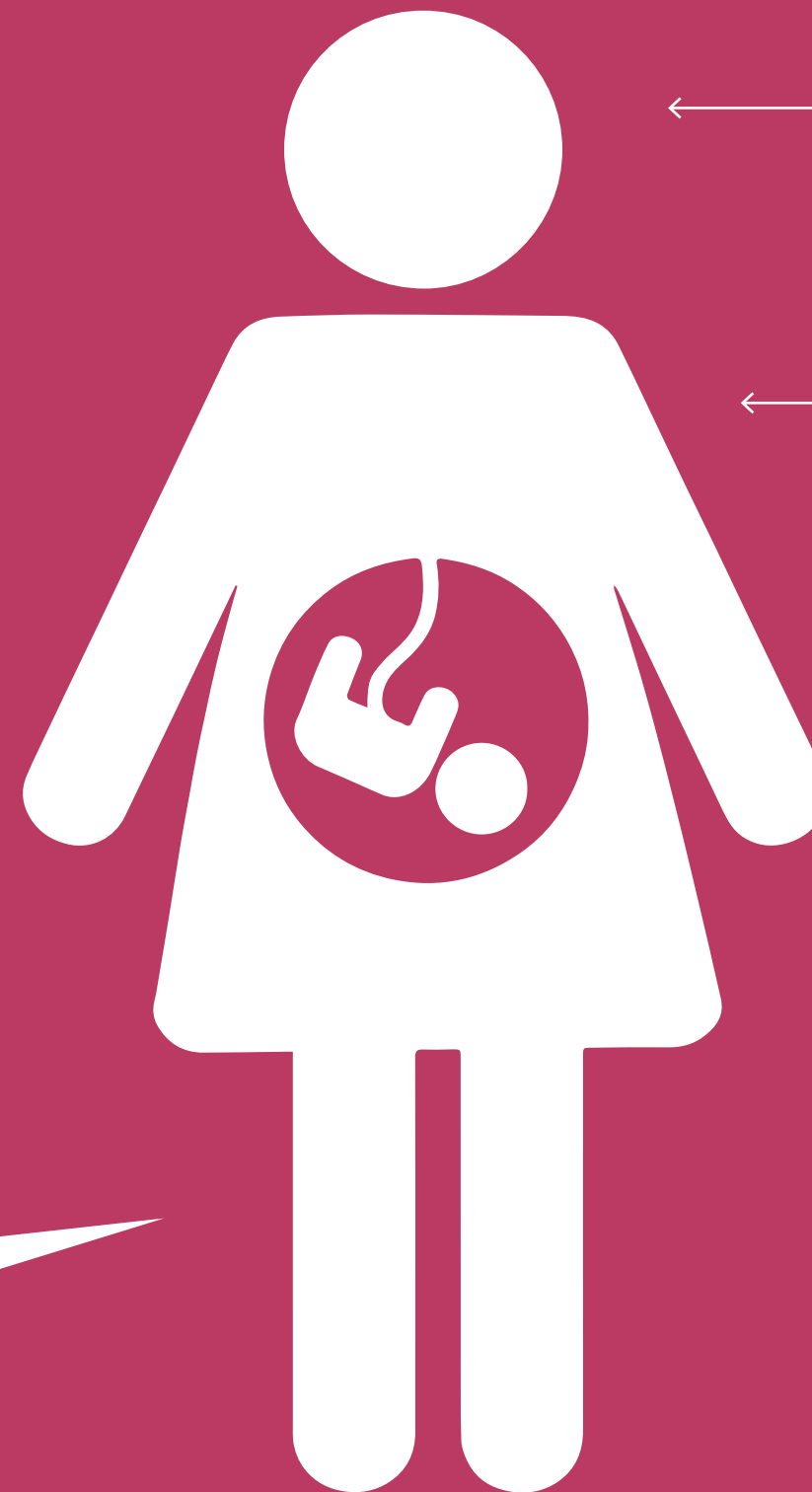
EN MUJERES EMBARAZADAS  
atendidas en un hospital público del estado de Puebla, México

Por:  Erika Palacios Rosas · Madai Muñoz Covarrubias

## RESUMEN

Se analizó el grado de ansiedad en mujeres embarazadas atendidas en un hospital público de México, a través de un estudio descriptivo observacional en 196 pacientes al término de su consulta prenatal. El grado de ansiedad se evaluó mediante el cuestionario de ansiedad de Burns y se determinaron factores sociodemográficos asociados. Los resultados fueron analizados mediante estadística descriptiva y pruebas de correlación. En esta investigación se encontró que, del total de la muestra, el 86.3% de las embarazadas presentó algún

nivel de ansiedad, haciendo énfasis en que el 23.5% mostró ansiedad intensa y el 3.6% severa. Se evidenció una asociación estadísticamente significativa entre la presencia de ansiedad con la edad y el número de embarazos cursados. Así pues, se demostró que existe una alta prevalencia de ansiedad en las embarazadas de esta muestra, siendo mayor el riesgo en mujeres menores de 25 años que cursan con su primera gestación. Es importante evaluar el grado de ansiedad de la embarazada durante las consultas prenatales ya que representa un alto riesgo de salud.



86.3%  
PRESENTÓ ALGÚN NIVEL DE ANSIEDAD

...

23.5%  
MOSTRÓ ANSIEDAD INTENSA

...

3.6%  
MOSTRÓ ANSIEDAD SEVERA

## ◆◆ PALABRAS CLAVE: Ansiedad · Embarazo · Depresión

### ◆◆ ABSTRACT

This paper analyses the degree of anxiety in pregnant women treated in a public hospital. An observational descriptive study in 196 pregnant patients at the end of their prenatal visit is presented. The degree of anxiety was assessed using the Burns Anxiety Questionnaire and associated sociodemographic factors were determined. The results were analyzed by descriptive statistics and correlation tests. In this research it was found that 86.3% of pregnant women showed some level of anxiety, emphasizing that 23.5% showed intense anxiety and 3.6% severe. There was a statistically significant association between the presence of anxiety with age and the number of pregnancies completed. There is a high prevalence of anxiety among pregnant women in this sample, with a higher risk in women under 25 years old who deal his first pregnancy. It is important to evaluate the degree of anxiety of the pregnant woman during the prenatal consultations since it represents a high risk of health.

### ◆◆ KEYWORDS: Anxiety · Pregnancy · Depression

### ◆◆ INTRODUCCIÓN

Los trastornos de ansiedad son una de las condiciones psiquiátricas con mayor prevalencia, estimando un 28.8% en la población general. Los estudios de prevalencia sugieren que alrededor del 8.5% de las mujeres sufren trastornos de ansiedad durante el embarazo, ya que es un periodo en el que las mujeres suelen experimentar un aumento de las preocupaciones relacionadas con la salud de su bebé, su propia salud, asuntos financieros y el cuidado de otros hijos, entre otros (Simpson *et al.*, 2014).

El periodo perinatal (periodo de tiempo inmediatamente anterior o posterior al momento del nacimiento del bebé) es reconocido como un momento de transición importante que pue-

La ansiedad afecta aproximadamente del

25 al  
45%

de las mujeres en etapa perinatal



Hay pruebas de que la ansiedad materna produce retraso en la fisiología infantil, mal comportamiento emocional y retraso en el desarrollo psicomotor.

de ser extremadamente emocional y se asocia con niveles significativos de angustia. Estos síntomas de angustia emocional son experimentados por un número considerable de mujeres: la ansiedad afecta aproximadamente al 25-45% de las mujeres en etapa perinatal (Rallis *et al.*, 2014). Algunas madres se vuelven particularmente ansiosas en el embarazo, una respuesta que, a su vez, podría generar apego ansioso e inseguridad en sus bebés y niños pequeños. Tradicionalmente, la atención se ha centrado en la depresión materna posparto, aunque ha habido cierta ampliación en el alcance de la investigación para incluir los síntomas más generales de la ansiedad en las mujeres embarazadas. Hay pruebas de que la ansiedad materna predice retraso en la fisiología infantil, mal comportamiento emocional y retraso en el desarrollo psicomotor (Eapen *et al.*, 2013).

La mujer es más susceptible a padecer de trastornos emocionales, en gran parte debido a cambios hormonales durante el embarazo; por esto, la ansiedad es un trastorno frecuente en las embarazadas. La ansiedad es un estado subjetivo de incomodidad, malestar, tensión, displacer y alarma que hace que el sujeto se sienta molesto. Se trata de una emoción que aparece cuando el sujeto se siente amenazado por un peligro externo o interno. Además, todos los sentimientos y emociones desencadenados son capaces de afectar tanto a la madre como a su hijo (Díaz *et al.*, 2013).

En un embarazo normal, que comienza en el momento en que termina la implantación (Menéndez *et al.*, 2012), se produce una serie de cambios cardiovasculares importantes, aunado a los cambios que ocurren en el cuerpo: si se presenta la ansiedad se pone en curso una sobreactivación del sistema nervioso y, como resultado de esto, se produce una activación del sistema simpático y endocrino al secretarse hormonas provenientes de las glándulas suprarrenales (Hall, George y Granger, 2011). Así, la combinación de la activación del sistema simpático con la segregación de adrenalina genera los signos de ansiedad (Díaz *et al.*,

2013). También durante el embarazo se altera el funcionamiento del eje hipotálamo-hipofisario-adrenal de la madre debido al estrés, lo que da como resultado una sobreexposición fetal al cortisol. Aunque éste es importante para el crecimiento fetal, la exposición prenatal a niveles extremos –debido a la ansiedad materna– puede tener consecuencias negativas en el desarrollo de la primera infancia (Van den Heuvel *et al.*, 2015).

Diversos estudios han detectado algún desorden de ansiedad en embarazadas (Giardinelli *et al.*, 2012; Aktan, 2012; Da Silva *et al.*, 2012; Eapen *et al.*, 2013; Martini *et al.*, 2013; de Menezes *et al.*, 2014; Ferreira *et al.*, 2015). En un estudio realizado a 103 embarazadas se identificó ansiedad en 50% de las pacientes, encontrando que el grupo más afectado fue el de entre 30-34 años (Aceves *et al.*, 2013). Los resultados de un estudio en 150 madres obesas con embarazo muestran que 13% reportaron aumento de peso después del embarazo por niveles elevados de ansiedad (Bogaerts *et al.*, 2013).

Se ha detectado que durante el primer y tercer trimestre del embarazo existe mayor prevalencia de presentar ansiedad (Morylowska-Topolska, Makara-Studzinska y Devlieger, 2014). Onoye *et al.* (2013) estudiaron, durante un periodo de cuatro años, a 159 embarazadas, en el que se observó ansiedad en 98 mujeres y se estimó que el 32.27% correspondía al primer trimestre de embarazo.

Los síntomas de la ansiedad en el periodo perinatal llevan a la embarazada a tener más riesgos, ya que, muchos de éstos, que concluyen en resultados adversos como la muerte perinatal, son más comunes en mujeres con algún nivel de ansiedad durante el embarazo (Ban *et al.*, 2012). Por lo anterior, consideramos que el personal de enfermería debe tener la capacidad de evaluar, de forma precisa, el estado emocional de la mujer durante el embarazo, lo que le permitirá establecer el tipo de intervención de apoyo más conveniente. Lo anterior destaca la importancia de evaluar el grado de ansiedad en mujeres embarazadas en las con-

EN UN ESTUDIO REALIZADO A 103 EMBARAZADAS SE IDENTIFICÓ ANSIEDAD EN 50% DE LAS PACIENTES, ENCONTRANDO QUE EL GRUPO MÁS AFECTADO FUE EL DE ENTRE:

30-34 años

sultas prenatales, ya que la incidencia es alta y representa un alto riesgo para la salud de la madre e hijo. Por ello, el objetivo del presente estudio es conocer el grado de ansiedad en mujeres embarazadas mayores de 18 años en un hospital público del estado de Puebla, México.

### ◆◆ MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio cuantitativo observacional descriptivo y transversal (Burns *et al.*, 2012). La población la integraron cuatrocientas mujeres embarazadas, atendidas en la consulta de control prenatal de un hospital público de segundo nivel de atención del estado de Puebla, durante el periodo de octubre a noviembre de 2015.

La muestra estuvo integrada por 196 mujeres embarazadas, calculada con un nivel de confianza de 95%, las cuales fueron seleccionadas al término de su consulta prenatal por muestreo aleatorio simple, mediante un sorteo, eligiendo una de cada tres pacientes que ingresaron.

Se incluyó a mujeres embarazadas que cursaban el segundo y tercer trimestre de gestación, que supieran leer y escribir, que firmaran el consentimiento informado, acudieran a sus consultas prenatales periódicamente, aceptarían participar en el estudio voluntariamente y, finalmente, que fueran mayores de 18 años de edad.

Estado civil	Núm.	%
Casada	34	26.2
Soltera	45	23
Divorciada	1	0.5
Unión libre	64	32.7
Total	196	100
<b>NÚMERO DE EMBARAZOS</b>		
Uno	81	41.3
Dos - Tres	97	49.5
Cuatro - Cinco	16	8.2
Seis - Diez	2	1
Total	196	100
<b>NIVEL DE ESCOLARIDAD</b>		
Primaria	19	9.7
Secundaria	6	30.6
Bachillerato	79	40.3
Licenciatura	38	19.4
Total	196	100
<b>OCUPACIÓN ACTUAL</b>		
Estudiante	29	14.8
Labores del hogar	116	59.2
Empleada	37	18.9
Comercio	6	3.1
Profesionista	8	4.1
Total	196	100
<b>EDAD</b>		
Joven	98	50
Adulto joven	76	38.8
Adulto maduro	22	12.2
Total	196	100

**Tabla 1.** Características sociodemográficas de las embarazadas en el Hospital General de Cholula, Puebla. Encuesta, 196 embarazadas que acudieron a consulta en octubre de 2015.

La recopilación de los datos fue realizada por cuatro estudiantes de octavo semestre de la Licenciatura en Enfermería de la UDLAP. Para recopilarlos se utilizó una cédula de datos demográficos en la que se incluyó: edad, estado civil, escolaridad, número de embarazos, ocupación y trimestre de embarazo. Para medir el nivel de ansiedad se utilizó el instrumento «Cuestionario de ansiedad de Burns» (Burns, 2004; Brittain, 2004). El cuestionario de Burns es ampliamente usado para evaluar el nivel de ansiedad; sin embargo, no encontramos datos sobre su utili-



La muestra estuvo integrada por

196

mujeres embarazadas, calculada con un nivel de confianza de

95%

las cuales fueron seleccionadas al término de su consulta prenatal por muestreo aleatorio simple.

Grado de ansiedad	Núm.	%
Ausencia de ansiedad	8	4.1
Ansiedad límite	19	9.7
Ansiedad leve	61	31.1
Ansiedad moderada	55	28.1
Ansiedad intensa	46	23.5
Estado de pánico o ansiedad severa	7	3.6
Total	196	100

**Tabla 2.** Grado de ansiedad en la embarazada. Encuesta, 196 embarazadas que acudieron a consulta perinatal en el Hospital General de Cholula en octubre de 2015.

zación en pacientes embarazadas, por lo que se decidió conocer la utilidad de éste para evaluar a las pacientes embarazadas de la muestra. El cuestionario consta de 33 ítems relacionados con la ansiedad, divididos en tres categorías: sentimientos de ansiedad, pensamientos de ansiedad y síntomas físicos. Se evalúa con una escala de Likert que puntúa de nada a mucho. Para evaluar los resultados obtenidos, una puntuación de cero a cuatro indica ansiedad mínima o ninguna, una puntuación de cinco a diez significa, límite de ansiedad; una puntuación entre once y veinte, ansiedad leve; de veintinueve a treinta, ansiedad moderada, de treinta y uno a cincuenta, ansiedad severa; por último, una puntuación de cincuenta y uno a noventa y nueve, indica ansiedad extrema o pánico. Al instrumento se le realizó el análisis de fiabilidad Alpha de Cronbach y se obtuvo un valor de 0.90 en la muestra de estudio. Los resultados se analizaron y se aplicaron medidas de resumen y de tendencia central.

Ética del estudio: apegada a lo dispuesto en el reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación, tomando en consideración lo que establece el título segundo de los aspectos éticos de la investigación en seres humanos.

**RESULTADOS**

En el presente estudio se entrevistaron 196 mujeres que cursaban el segundo y tercer trimestre de embarazo. Como se muestra en la tabla 1, 32.7% (n=64) vivían en unión libre con sus parejas y 41.3% (n=81) cursaban con su primera gestación. De acuerdo al nivel de escolaridad, el porcentaje más alto fue de bachillerato con 40.3% (n=79). En relación a la ocupación de la embarazada, el 59.2% (n=116) se encargan de labores del hogar y respecto a la edad,

el 50% (n= 98) son jóvenes, con una edad media de 25 años.

El instrumento de ansiedad de Burns reportó que, de las 196 embarazadas, 46 presentaron un grado de ansiedad intensa, con un 23.5% y sólo siete un estado de pánico o ansiedad severa (3.6%); el 86.3% de las embarazadas encuestadas presentó algún nivel de ansiedad (tabla 2).

Al analizar los resultados, se encontró que las embarazadas que tenían estado de pánico o ansiedad severa, coincidieron en ser mayores de 34 años (todas amas de casa): no hubo correlación con el estado civil ni con el número de embarazos.

Los resultados presentan una distribución normal, por lo que se aplicó la prueba de Pearson para la correlación (tabla 3), que evidenció una asociación estadísticamente significativa entre la presencia de algún nivel de ansiedad y la edad (p=0.04), además del número de embarazos (p=0.02). Finalmente, no se logró evidenciar asociación entre la escolaridad, el estado civil y la ocupación de las embarazadas con la presencia de algún grado de ansiedad.

**DISCUSIÓN**

En este estudio se observó que dos tercios de la muestra presentó algún grado de ansiedad, siendo éstas, en su mayoría, amas de casa. Al comparar los resultados del presente estudio con otros autores, se encontró que la ansiedad en embarazadas es una problemática importante, pues un elevado porcentaje de la muestra analizada presentó algún grado de ansiedad, datos semejantes a los que obtuvieron de Menezes *et al.* (2014), quienes en su investigación encontraron que las mujeres embarazadas de 19 a 29 años tenían algún nivel de ansiedad. Giardinelli *et al.* (2012), en un estudio con 590 embarazadas encontraron que el 21% de ellas cumplieron los criterios para trastornos de ansiedad. Por su parte, Ferreira *et al.* (2015) realizaron un estudio en 207 mujeres embarazadas, en el cual, el 58.5% presentaron un estado de ansiedad. De forma similar en un estudio con 149 mujeres embarazadas se observó que un 48.7% de ellas tenía algún desorden de ansiedad (Martini *et al.*, 2013).

De las pacientes entrevistadas en esta investigación, cerca de un tercio tuvieron ansiedad intensa y estado de pánico, dato que llama la atención, ya que podría indicar que muchas de las embarazadas se encuentran psicológicamente inestables durante el periodo prenatal,

GIARDINELLI *ET AL.* (2012), EN UN ESTUDIO CON

590 mujeres

EMBARAZADAS ENCONTRARON QUE EL 21% DE ELLAS CUMPLIERON LOS CRITERIOS PARA TRASTORNOS DE ANSIEDAD.

acorde a los datos encontrados por Díaz *et al.* (2013) quienes afirman que la ansiedad es un trastorno frecuente en las embarazadas. Dentro del inventario de ansiedad de Burns existen ítems que interrogan sobre la presencia de sentimientos de ansiedad como nerviosismo, preocupaciones o miedo, y también sobre síntomas físicos como tensión muscular, sensación de cansancio, debilidad, escalofríos, temblores o estremecimientos: las personas con ansiedad, generalmente están preocupadas, inquietas, temblorosas, distraídas y con muestras de cansancio por falta de sueño (Black y Andreasen, 2015).

En otros datos, se identificó que las mujeres que tuvieron menos de cuatro embarazos presentaron mayor grado de ansiedad, datos semejantes a los obtenidos en un estudio de ansiedad en atención odontológica por Morylowska-Topolska, Makara-Studzinska y Ko-

		Edad	Escolaridad	Estado civil	Número de embarazos	Ocupación
Edad	Correlación	-0.233				
	p =	0.002				
Escolaridad	Correlación	-0.254	-0.086			
	p =	0	0.233			
Estado civil	Correlación	0.639	-0.478	-0.083		
	p =	0	0	0.247		
Número de embarazos	Correlación	0.269	0.023	0.01	0.117	
	p =	0	0.754	0.891	0.102	
Ocupación	Correlación	-0.145	0.112	0.061	-0.158	-0.057
	p =	0.043	0.119	0.396	0.027	0.424

**Tabla 3.** Correlación de Pearson de ansiedad con características sociodemográficas. Encuesta, 196 embarazadas que acudieron a consulta perinatal en el Hospital General de Cholula en octubre de 2015.

RECOMENDACIONES

Que en estudios posteriores se tomen medidas antropométricas, ya que estas variables pueden aportar datos relevantes y, de este modo, hacer comparaciones con otras investigaciones.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los licenciados en Enfermería María del Carmen Ramírez, Diana Vergara, Leslie Lozano y Oscar Sánchez por la dedicación y el trabajo realizado.



Erika Palacios Rosas

Doctora en Farmacología y Fisiología por la Universidad Autónoma de Madrid. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel candidato. Personal investigador en el Department of Biomedical Sciences, University of Copenhagen y en el ECCPS, Justus-Liebig Universität Giessen, Alemania. Desde 2013 se desempeña como profesora de tiempo completo en el Departamento de Ciencias de la Salud de la UDLAP. [erika.palacios@udlap.mx](mailto:erika.palacios@udlap.mx)



Madai Muñoz Covarrubias

Maestría en Enfermería por la BUAP (2014). Profesora de tiempo completo en la UDLAP (2015). Enfermera asistencial en el Instituto Mexicano del Seguro Social (2012) y enfermera Peditra por la UPAEP (2012). Actualmente está a cargo de la comisión de Difusión Cultural y Promoción al Desarrollo en la Licenciatura en Enfermería de la UDLAP. [madai.munoz@udlap.mx](mailto:madai.munoz@udlap.mx)

REFERENCIAS

- Aceves, K. G. S., Ureña, B. E. C., Contreras, M. E. D., Magaña, M. A. S. y Romero, M. A. R. (2013). Ansiedad y depresión en pacientes embarazadas. *Atención Familiar*, 20(1), 25-27.
- Aktan, N. M. (2012). Social support and anxiety in pregnant and postpartum women: A secondary analysis. *Clinical Nursing Research*, 21(2), 183-194.
- Ban, L., Tata, L. J., West, J., Fiaschi, L. y Gibson, J. E. (2012). Live and non-live pregnancy outcomes among women with depression and anxiety: a population-based study. *PLoS one*, 7(8), e43462.
- Black, D. W. y Andreasen, N. C. (2015). *Texto introductorio de psiquiatría*. Editorial El Manual Moderno.
- Bogaerts, A. F., Bergh, B. R., Witters, I., y Devlieger, R. (2013). Anxiety during early pregnancy predicts postpartum weight retention in obese mothers. *Obesity*, 21(9), 1942-1949.
- Brittain, S. L. (2004). *Concurrent Validation of the Burns Anxiety Inventory-Revised Using the Beck Anxiety Inventory and the Burns Anxiety Inventory*. (dissertación doctoral) Universidad Eastern Kentucky.
- Burns, N., Gray, S. K., Burns, J., y Grove, S. K. (2012). *Investigación en enfermería: desarrollo de la práctica enfermera basada en la evidencia/Understanding nursing research* (616-083). Elsevier.
- Burns, D. D. (2004). *El manual de ejercicios de sentirse bien*. Barcelona: Paidós.
- Claesson, M., Josefsson, A. y Sydsjö, G. (2010). Prevalence of anxiety and depressive symptoms among obese pregnant and postpartum women: an intervention study. *BMC public health*, 10(1), 766.
- Da Silva, E. C., Silva, S. V., Damião, R., Fonseca, E. B., Garcia, S. y Lippi, U. G. (2012). Stress and anxiety in pregnant women exposed to ultrasound. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, 25(3), 295-298.
- de Meneses, I. H. C., Mesquita, B. S., Pessoa, T. R. R. F., y Farias, I. A. P. (2014). Prevalência de ansiedade odontológica e sua relação com fatores socioeconômicos entre gestantes de João Pessoa, Brasil. *Rev Cubana Estomatol*, 51(2).
- Díaz, M., Amato, R., Chávez, J. G., Ramirez, M., Rangel, S., Rivera, L., y López, J. (2013). Depresión y ansiedad en embarazadas. *Salus*, 17(2), 25-30.
- Eapen, V., Johnston, D., Apler, A., Rees, S. y Silove, D. M. (2013). Adult separation anxiety during pregnancy and its relationship to depression and anxiety. *Journal of perinatal medicine*, 41(2), 159-163.
- Ferreira, C. R., Orsini, M. C., Vieira, C. R., do Amarante Paffaro, A. M., y Silva, R. R. (2015). Prevalence of anxiety symptoms and depression in the third gestational trimester. *Archives of gynecology and obstetrics*, 291(5), 999-1003.
- Gardinelli, L., Innocenti, A., Benni, L., Stefanini, M. C., Lino, G., Lunardi, C., ... y Faravelli, C. (2012). Depression and anxiety in perinatal period: prevalence and risk factors in an Italian sample. *Archives of women's mental health*, 15(1), 21-30.
- Hall, M. E., George, E. M. y Granger, J. P. (2011). El corazón durante el embarazo. *Revista Española de Cardiología*, 64(11), 1045-1050.
- Martini, J., Wittich, J., Petzoldt, J., Winkel, S., Einsle, F., Siegert, J., ... y Wittchen, H. U. (2013). Maternal anxiety disorders prior to conception, psychopathology during pregnancy and early infants' development: a prospective-longitudinal study. *Archives of women's mental health*, 16(6), 549-560.
- Menéndez-Guerrero, G. E., Navas-Cabrera, I., Hidalgo-Rodríguez, Y., y Espert Castellanos, J. (2012). El embarazo y sus complicaciones en la madre adolescente. *Revista Cubana de Obstetricia y Ginecología*, 38(3), 333-342.
- Morylowska-Topolska, J., Makara-Studzińska, M. y Kotarski, J. (2014). The influence of sociodemographic and medical variables on severity of anxiety and depressive symptoms during particular trimesters of pregnancy. *Psychiatria polska*, 48(1), 173-186.
- Onoye, J. M., Shafer, L. A., Goebert, D. A., Morland, L. A., Matsu, C. R. y Hamagami, F. (2013). Changes in PTSD symptomatology and mental health during pregnancy and postpartum. *Archives of women's mental health*, 16(6), 453-463.
- Rallis, S., Skouteris, H., McCabe, M. y Milgrom, J. (2014). A prospective examination of depression, anxiety and stress throughout pregnancy. *Women and Birth*, 27(4), e36-e42.3.
- Schetter, C. D. y Tanner, L. (2012). Anxiety, depression and stress in pregnancy: implications for mothers, children, research, and practice. *Current opinion in psychiatry*, 25(2), 141.
- Simpson, W., Glazer, M., Michalski, N., Steiner, M. y Frey, B. N. (2014). Comparative efficacy of the generalized anxiety disorder 7-item scale and the Edinburgh Postnatal Depression Scale as screening tools for generalized anxiety disorder in pregnancy and the postpartum period. *The Canadian Journal of Psychiatry*, 59(8), 434-440.
- Torrents, R., Ricart, M., Ferreiro, M., López, A., Renedo, L., Lleixà, M., & Ferré, C. (2013). Ansiedad en los cuidados: una mirada desde el modelo de Mishel. *Index de Enfermería*, 22(1-2), 60-64.
- Van den Heuvel, M. I., Johannes, M. A., Henrichs, J. y Van den Bergh, B. R. H. (2015). Maternal mindfulness during pregnancy and infant socio-emotional development and temperament: the mediating role of maternal anxiety. *Early human development*, 91(2), 103-108.

tarski (2014), quienes encontraron que las embarazadas que están en su primera experiencia alcanzaron puntuaciones más altas que el resto en cuanto a su grado de ansiedad.

Por otra parte, de Meneses *et al.* (2014) encontraron que, cuando se evaluó el estado civil, la mayor parte de las embarazadas sin pareja mostró ansiedad, datos diferentes a los de este estudio, en el que se muestra que la quinta parte de las embarazadas son madres solteras y presentaron algún nivel de ansiedad, el cual no tuvo una correlación significativa. Por su parte, Díaz *et al.* (2013), encontraron una asociación significativa entre el estado civil de la embarazada y el nivel de ansiedad, mostrando que las embarazadas con una relación de pareja inestable tienden a presentar mayor nivel de ansiedad; opuesto a esta investigación en donde no se encontró una asociación estadísticamente significativa relacionando dichas variables, diferencias que pueden deberse a la variación cultural y étnica de las personas de cada uno de los estudios, según la teoría cognitiva-conductual, en donde se dice que la conducta de las personas queda determinada por la relación entre las características individuales de la persona y las condiciones situacionales que se le presentan (Schetter y Tanner, 2012; Torrents *et al.* 2013).

Finalmente, en cuanto al nivel de escolaridad, nuestro estudio no logró evidenciar asociación entre la escolaridad con algún grado de ansiedad, contrario a lo reportado por Claesson, Josefsson y Sydsjö (2010), quienes en un estudio con 317 mujeres en embarazo con obesidad, obtuvieron que las mujeres con un menor nivel de educación tenían síntomas de ansiedad con mayor frecuencia que las mujeres que tenían un mayor nivel de educación. La diferencia probablemente se deba a diversidades socio-culturales y demográficas, ya que nuestra población de estudio estuvo conformada principalmente por mujeres que contaban con una escolaridad de nivel medio a superior.

CONCLUSIONES

Nuestro estudio demostró que en las mujeres embarazadas de nuestra muestra existe una

alta prevalencia de ansiedad, siendo mayor el riesgo de padecer este trastorno entre mujeres menores de 25 años que cursan su primera gestación. Uno de los objetivos de los profesionales de enfermería es la prevención y promoción de la salud, por lo que se recomienda la intervención de estos profesionales para evaluar el grado de ansiedad de la embarazada durante las consultas prenatales, ya que, como se muestra en los resultados, la prevalencia es alta y representa un alto riesgo de salud para la madre y el hijo, como parto prematuro, bajo peso al nacer o retraso de crecimiento fetal. Se recomienda iniciar un programa de vigilancia epidemiológica sobre la salud mental de las embarazadas y así dar seguimiento a los casos que requieran mayor apoyo, además de auxiliar psicológicamente a la embarazada por parte del personal de salud capacitado, que proporcione información clara, soporte físico y emocional a las mujeres durante las consultas prenatales, el parto y el posparto. Es necesario dar a conocer esta información a instituciones hospitalarias para que se tomen cuidados específicos a las mujeres embarazadas en sus consultas prenatales para evitar posibles complicaciones.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

El cuestionario de ansiedad de Burns es un instrumento que hasta donde conocemos no ha sido aplicado en mujeres embarazadas; sin embargo, se decidió aplicar dicho instrumento en esta investigación por ser un instrumento simple, corto y de fácil aplicación, el cual ha sido empleado en otras poblaciones para determinar niveles de ansiedad. Por otra parte, existen cuestionarios como el de Edinburgh y HADS, empleados para medir la ansiedad posparto, sin embargo, nuestro estudio evalúa la ansiedad durante el periodo de embarazo por lo que se decidió emplear el cuestionario de ansiedad de Burns.

La recopilación de los datos se llevó a cabo por parte de estudiantes de la Licenciatura en Enfermería, lo que pudiera ocasionar un margen de error sobre la pericia de los encuestadores.



La recopilación de los datos fue realizada por

4

estudiantes de octavo semestre de la Licenciatura en Enfermería de la UDLAP. Para recopilarlos se utilizó una cédula de datos demográficos en la que se incluyó: edad, estado civil, escolaridad, número de embarazos, ocupación y trimestre de embarazo.

Probable effects of

# CLIMATE CHANGE

ON INFECTIOUS DISEASES IN NORTH AMERICA

Por: José Luis Sanchez-Salas · Ana Margarita Maldonado-Barragan and Silvia Reyna

**ABSTRACT**

Over the past decades, public and official concern about infectious diseases as a major public health threat have been renewed. The type of disease – classical, emerging or re-emerging – like tuberculosis, cholera, typhoid fever or dengue, the country in question – developed or developing, and its location – semi-desert, sylvatic or mountain region – defines the kind of concern. However, it is important to consider climate change, and its current and further effects, with the consequent variations in different zones. Distinct regions will be affected in different ways depending on their people, health systems, population size, infrastructure, type of construction material (wood, concrete, or makeshift materials), whether settlements are located close to rivers, hills or valleys, and certainly the local weather. In this paper, we analyze the effects of climate change on the prevalence of the most common waterborne diseases (i.e. typhoid fever, cholera, amoebiasis, cryptosporidiosis, hepatitis A).



## ◆ INTRODUCTION

### ● CLIMATE CHANGE

Several simulation models on climate change indicate that temperatures will increase, resulting in ice melting at the earth poles (CDIAC, 2014, ESS-DIVE, 2018). If this prediction proves true, one of its most likely consequences will be flooding in places close to shores and reduction of free land. This melting will be the consequence of different conditions. One of them, is the reduction of the ozone layer by fluorocarbons due to anthropological release – even though its production and usage have been forbidden. Fluorocarbons have a long life span so, according to the EPA (EPAa, 2014) experts. Even if releasing these compounds were to stop right now, the ozone layer will restore in about 50 years (EPAb, 2014). Another factor that increases global temperature is the accelerated production of greenhouse gases like CO<sub>2</sub> by the combustion of fossil fuels (EPAc, 2014). It has been estimated that since 1751 approximately 400 billion metric tons of carbon have been released to the atmosphere derived from the combustion of fossil fuels and cement production. The 2007 global fossil-fuel carbon emission estimate – 8,365 million metric tons of carbon – represents an all-time high and a 1.7% increase from 2006. (Boden, *et al*, 2010; CDIAC, 2014 ESS-DIVE, 2018).

This scenario indicates what could happen if there is a slight temperature increase in our environment, affecting not only affecting ice melting, but also air, water, and soil temperatures increasing as well. The ice melt will increase and, as a consequence, sea levels and flooding in coastal areas will rise too. An increased air temperature will reduce the dissolved oxygen in the sea and at higher altitudes, reducing oxygen concentration. Oxygen reduction in turn will affect aerobic organisms (aquatic and terrestrial macro and microorganisms). However, the temperature increase will permit the growth of organisms, mainly pathogens or its vectors, in places considered cold. In other words, it will change cold climate to tropical.

### ● CLIMATE AND HOST-PARASITE RELATIONSHIP

The effects of climate change will alter the complex interaction of host and infectious agents (parasites). Climatic variability has a direct influence on human behavior, which has an impact on the transmission pattern of infectious agents. For example, during cold seasons peo-

ple stay in closed environments, which explains why respiratory infections increase in this period, the reason being that the respiratory pathogens are transmitted by air, and if one subject is infected the pathogens will be transmitted easily to others. On the other hand, gastroenteritis in the warm months is associated with activities like going to the beach, eating outdoors, and exposure to recreational water (WHO, 2003).

# 15°C

FAVORS AN INCREASE IN MALARIA TRANSMISSION.

Climate change can also modify the anthropologic migration patterns, which will alter infectious diseases dissemination, affecting also human settlements and the health structure of every country (Meléndez-Herrada, *et al*, 2008; Feng, *et al* 2010).

Climate patterns change important physical components of ecosystems, and that too will affect all living things including microorganisms, insects' vectors, animal reservoirs, and sensitive people, changing the incidence and distribution of infectious diseases.

The geographic and population dynamics of insect vectors also has a strong relationship with temperature patterns, rain, and humidity. A temperature rise can accelerate the metabolic rate of different insects, affecting their egg production and the frequency of biting. Rain has a direct effect on the longevity of vectors because it provides the proper conditions for insect habitats and extends the geographical distribution and seasonal abundance of such vectors (Mellor & Leake, 2000; Ostfeld 2009).

Climate has a direct impact on a pathogen's development, as virus, bacteria or other parasites, which cannot complete their life cycle due to the need for optimal temperature that affect their replication or reproduction. If temperature increases in places regularly considered cold, it could lead to an increase in multiplication by extending its spread and consequently raising infectious diseases too (WHO, 1999, Kuhn, *et al*, 2005).

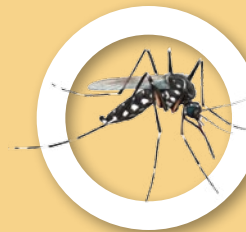
Climate change can modify how infectious diseases are transmitted from animal or humans in three ways:

## EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON INFECTIOUS DISEASES

Climate change can modify how infectious diseases are transmitted from animal or humans in three ways:

1

INCREASING  
THE RESERVOIR  
ANIMAL OR  
VECTOR NUMBERS.



Zoonotic  
diseases  
and those  
transmitted by  
vectors

2

ENLARGING THE  
TRANSMISSION  
CYCLES.



Food and  
waterborne  
diseases

3

IMPORTING VECTOR  
OR RESERVOIR  
ANIMALS TO NEW  
REGIONS.



Fungi invasive  
diseases

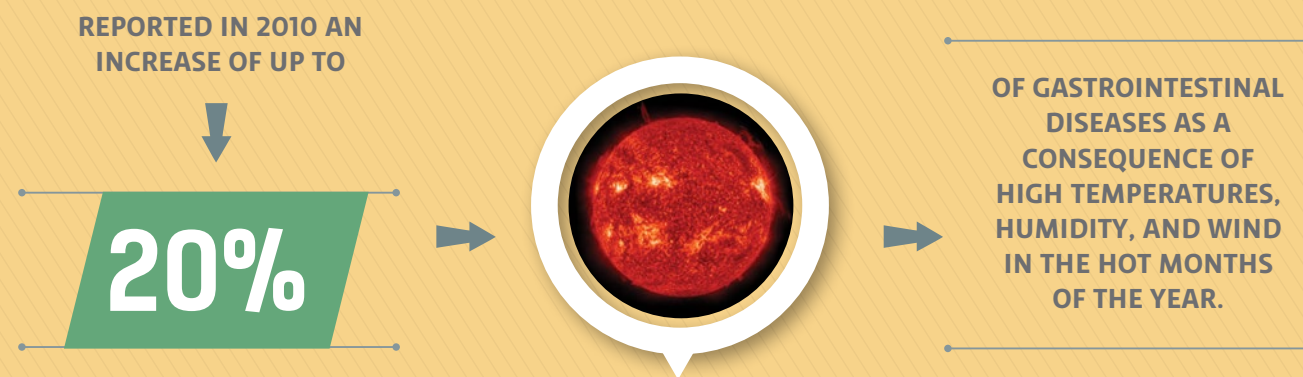


Respiratory  
diseases



«  
DURING THE RAINY SEASON, WHERE HUGE STORMS OCCUR, THE WATER VOLUME CAN EXCEED THE SOIL'S DRAINING CAPACITY AND OVERFLOW WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS THAT CAN INVADE THE REGULAR WATER SUPPLY FOR CITIES.

## GASTROINTESTINAL FOODBORNE DISEASES



All seasonal variations like temperature, water precipitation, and availability of nutritional resources have a strong influence on a microorganism's population dynamics. For example, in rainy and mild seasons an average temperature of 15°C favors an increase in malaria transmission (Hoshen & Morse, 2004), while dengue shows two peaks of incidence that correspond to the rain and warm-dry seasons (Watts, *et al*, 1987). Diarrheic diseases like cholera also show two peaks of incidence, one during spring and the second in the fall, because it is well documented that rain and warm temperatures influence the pathogen's survival and its transmission (Pascual, *et al*, 2002). An increase in temperature and water level can drive the rise of an infectious disease transmitted by water like cholera; likewise, an increase of sea level will reduce arable land, augmenting nutrition problems, which will generate changes in the immune response of people and an increased susceptibility to different infectious diseases.



### FRESH VEGETABLES CAN BE A SOURCE OF INFECTIONS DUE TO IRRIGATION WITH CONTAMINATED WATER OR EXPOSURE TO RECREATIONAL WATER.

vector numbers, b) enlarging the transmission cycles, and c) importing vector or reservoir animals to new regions (Greer, *et al*, 2008).

According to the World Health Organization (WHO, 2005) the infectious diseases more related to climate are:

- Zoonotic diseases and those transmitted by vectors (dengue, Saint Louis encephalitis, yellow fever, malaria)
- Food and waterborne diseases produced by *Escherichia coli*, *Campylobacter*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, *Legionella*, *Clostridium botulinum*, *Giardia*, *Cryptosporidium*, hepatitis
- Respiratory diseases (influenza, *Streptococcus pneumoniae*)
- Fungi invasive diseases produced by *Blastomycosis*, *Coccidioides immitis*, *Cryptococcus gattii*.

#### ● FOOD AND WATERBORNE DISEASES

Food and waterborne diseases are the main cause of mortality around the world and an important cause of morbidity in developing countries. In this group there are those produced by virus (Rotavirus and Norwalk virus), bacteria

The relationship between ecosystems, infectious disease, and climate change is more marked in developing countries like Mexico than in developed countries such as the US. Since in developed countries the quality of health services has improved, (i.e. access to quality drinking water), they have lowered the population's exposure to gastrointestinal pathogens and have better vector (arthropods) control programs, which reduce infectious diseases transmitted by such vectors. Developed countries also have a cold climate in general, which helps them to avoid the conditions favorable to the variety of vectors that transmit so called "tropical diseases". Curiously, developing countries are mainly in tropical and subtropical regions.

#### ● EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON INFECTIOUS DISEASES

Climate change can modify how infectious diseases are transmitted from animal or humans in three ways: a) increasing the reservoir animal or

ALL THESE DISEASES CAN FURTHER BE INCREASED AS A RESULT OF CLIMATE CHANGE, BECAUSE MANY OF THE BIGGEST OUTBREAKS OF THESE DISEASES HAVE BEEN RELATED TO EXTREME WATER PRECIPITATION AND FLOODING.



ity and overflow wastewater treatment systems that can invade the regular water supply for cities (Rose, *et al*, 2001; Hunter, 2003).

It has been registered that during hot seasons doctor's visits for gastrointestinal diseases increase up to 15% due to warm and hot weather. A higher temperature enhances the bacterial growth in food kept at room temperature (IMSS, 2010; Milazzo, *et al*, 2016). Moreover, as the weather turns hotter, the ingestion of water increases without regard to water quality, which in developing countries usually does not have adequate sanitary conditions (Milazzo, *et al*, 2016). This could explain why in those countries water and foodborne diseases are higher than in developed countries.

One of the routes of exposure to waterborne diseases is engaging in recreational activities, such as swimming and fishing, in contaminated waters. This leads to eye, ear, lung, and gastrointestinal infections (Wade, *et al*, 2006). In addition, if climate change favors elevated temperatures, different pathogens that are usually absent, or have a low frequency in colder temperatures, will appear more often.

Another disease related to water is legionellosis, whose incidence is affected by climate change too. Legionnaire's disease (LD), a serious, sometimes lethal pneumonia, and Pontiac fever (PF), an influenza-like self-limited illness, are the two most common forms of legionellosis caused by *Legionella* bacteria. The peaks of incidence of this disease rise if the weather turns humid and the rain is more abundant because of the intensifying temperature (Fisman, *et al*, 2005). The crude national incidence rate in the US increased 192%, from 0.39 per 100,000 ha-

(*Legionella*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, and *Campylobacter*) or protozoan (*Giardia lamblia*, *Cryptosporidium*, *Entamoeba histolytica*). For example, *Campylobacter* and *Salmonella* are in the first places of incidence of foodborne disease in the US, according to the WHO (CDCc, 2014). On the other hand, a report of the National System of Health Information of Mexico's Ministry of Health (Sistema Nacional de Información en Salud-SINAIS, 2008), mentions that gastrointestinal diseases due to *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, Enteropathogen-*E. coli* (ETEC) or amoebas/worms are the 14th national cause of deaths and the main cause of child disease (four years old) and the fourth cause in children younger than a year (SINAIS, 2008); however, Aguilera and Marrufo (2007) and Durarte-Gómez, *et al.*, (2015), mention that these increase in low-resource areas without health services. A recent report informs that in 2014, the intestinal diseases (infectious and other non-defined diseases) are the second cause of morbidity in Mexico (Soto-Estrada, *et al*, 2016).

Waterborne diseases can spread not only by drinking contaminated water, but also by eating different contaminated foods when these are not properly cooked or contaminated during preparation. Additionally, fresh vegetables can be a source of infections due to irrigation with contaminated water or exposure to recreational water (Rose, *et al*, 2001). All these diseases can further be increased as a result of climate change, because many of the biggest outbreaks of these diseases have been related to extreme water precipitation and flooding. During the rainy season, where huge storms occur, the water volume can exceed the soil's draining capac-

activity, heavy metals presence, number and kind of microorganisms, etc., affect the growth of microorganisms. Temperature has a direct influence on the multiplication rate of different bacteria having a microorganism classification according to the optimal temperature growth as psychrophilic, mesophylls, and thermophiles organisms (Madigan, *et al.*, 2011).

- Psychrophilic: Microorganisms with the capability to grow below 0°C, although the optimum growth temperature is from 15°C to 20°C for obligated psychrophilic and up to 30°C for facultative. Examples of these microorganisms are *Flavobacterium* and *Polaromonas*.
- Mesophylls: Microorganisms with the capacity to grow between 25°C and 40°C, with optimum growth temperatures around 37°C. The majority of human pathogens belong to this group.
- Thermophiles: Microorganisms with an optimum growth temperature of 45°C. There are facultative thermophiles growing between 50°C and 60°C. The extreme thermophiles can grow up to 113°C.

It is also well known that bacterial cells have an optimum temperature at which they reach their maximum division rate, which is defined by generation time. Higher values of generation time correspond to a slow division cell rate and vice versa. Therefore, at room temperature bacterial cells have a particular generation time and can divide faster (grow) if temperature increases. We wanted to know the difference when *Escherichia coli* is submitted at different temperatures in the presence of organic matter. In order to know that, a volume of 250 mL of *E. coli* was grown at different temperatures – 15, 17, 20, 23, 25 27, 29°C – in 500 mL flasks containing distilled water and 0.1% of yeast extract (BBL) (to mimic the organic matter in water) and shaking at 2500 rpm in a water bath. The growth was measured by reading the absorbance at 600nm followed by 180 minutes to have an exponential growth. The absorbance was registered and the generation time of these bacteria was calculated (generation time is the time needed to duplicate its population) at each temperature. The results are depicted in table 1 and, as expected, at higher temperatures the bacteria grew faster. These data indicates that in

## CHOLERA



CHOLERA IS AN ACUTE DIARRHEAL INFECTION CAUSED BY WATER CONTAMINATED WITH THE BACTERIUM *VIBRIO CHOLERAE*

3-5 MILLION CHOLERA

CASES ARE ESTIMATED EVERY YEAR

## AMOEBIASIS



IS CAUSED BY THE PROTOZOAN PARASITE *ENTAMOEBIA HISTOLYTICA*.

AROUND 10%

OF THE WORLD'S POPULATION IS INFECTED WITH THIS PARASITE, AND IN DEVELOPING COUNTRIES AND TROPICAL ZONES THE PREVALENCE CAN REACH 50 TO 80%.

**SALMONELLA INFECTIONS ARE MORE RELATED TO AIR TEMPERATURE, AND IT IS BELIEVED THAT AROUND ONE-THIRD OF SALMONELLOSIS CASES CAN BE ATTRIBUTED TO TEMPERATURE INFLUENCE.**

Water temperature (°C)	Average generation time (min)
15	174
17	157
20	132
23	106
25	90
27	73
29	56

**Table 1.** Generation time of *E. coli* at different growth temperatures in water in presence of organic matter.

bitants in 2000 to 1.15 in 2009 (CDCe and CDCf, 2014). Particularly, the east-south-central US had an annual incidence of 0.25 per 100,000 inhabitants in 2000, and for 2009 the incidence was 0.73 for the west-south-central (CDCf, 2014). This result was not associated previously with climate change but it should be analyzed. This could mean that if the weather changes to higher temperatures and humidity, the incidence of this disease will increase too.

### ● GASTROINTESTINAL FOODBORNE DISEASES

The Social Security (Health) Mexican Institute (Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS), reported in 2010 an increase of up to 20% of gastrointestinal diseases as a consequence of high temperatures, humidity, and wind in the hot months of the year. In Mexico, these infections are among the top ten causes of medical attention demand (IMSS, 2010). The gastrointestinal incidence behavior is similar in different countries regularly in tropical (warm) zones; however, in cold countries the gastrointestinal morbidity is low. Again, if climate change modifies the temperatures in these cold countries, the probability of gastrointestinal morbidity will increase too. Considering that in hot seasons high temperature favors strong winds and, as a consequence, the amount of dust in the environment increases, this condition, along with bad personal hygiene habits, poor sanitary con-

ditions on the street and food establishments, and higher consumption of contaminated water become the main factors that contribute to increasing the index of gastrointestinal infections like hepatitis and typhoid fever in Mexico (IMSS, 2009) or places with similar characteristics. At the same time, high temperatures improve the multiplication rate of pathogens, driving the number of pathogens in water or foods (Kendrovski & Gjorgjev, 2012) to reach the infective doses of bacteria that produce a disease.

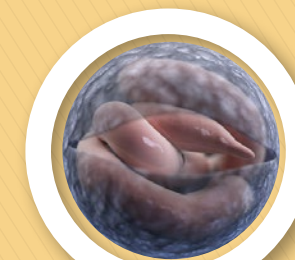
According to the surveillance system of infectious disease outbreaks, foodborne diseases in the US during 2009-2010 registered 790 outbreaks of gastrointestinal illness; Norovirus caused 42% and *Salmonella* 30%, while 82% were produced by *Listeria*. Another study by Kistemann *et al* (2012) tried to find a relationship between climate change and the incidence of diseases transmitted by food and water; they concluded that the infections caused by *Campylobacter* were associated to air and water temperature, although this association was not always consistent. Nevertheless, there exists a better-known relationship with rainfall than with an increase of temperature.

On the other hand, *Salmonella* infections are more related to air temperature, and it is believed that around one-third of salmonellosis cases can be attributed to temperature influence. The relationship between salmonellosis and intense rain periods in regions with temperate and tropical climates has been documented extensively; however, there is little information about the presence of these bacteria in dry regions. In the study of Simental and Martínez-Urtaza (2008), on the coast of Baja California Norte, Mexico, the presence of *Salmonella* in coastal areas was demonstrated to be directly related to rainy periods and negatively to high temperature, probably due to the high solar radiation, which can affect the presence of these bacteria in the environment.

It is known that different chemical and physical factors, like ionic strength, organic concentration, pH, oxygen levels, temperature, water

## CRYPTOSPORIDIUM

**Cryptosporidiosis is a disease transmitted fecal-orally and is characterized by sudden diarrhea.**



EACH YEAR IN THE US AROUND,

**2 TO 3 THOUSAND**

CASES APPEAR BY THE INGESTION OF CONTAMINATED FOOD OR BY DRINKING CONTAMINATED WATER.

while when the oocyst was kept at 15°C by 10 days, no reduction of viability was noted.

It has been observed that rain patterns affect the increase of cases of cryptosporidiosis (Casman, *et al*, 2001). All researches suggest that in low rain periods the oocysts of *Cryptosporidium* can be concentrated in underground water and, as rain falls, these oocysts are sent to water bodies that are commonly used for drinking (Lal, *et al*, 2013). This can explain why the number of cases is higher in the rainy season.

Some studies showed that a raise in environmental temperature, swollen rivers, and pollution could boost cryptosporidiosis. However, climate change by itself is not considered a good factor for predicting the disease, because the effects of climate can be halted by good practices in water treatment technology and good regulations for drinking water (Britton, 2010).

### ● AMOEBIASIS

Amoebiasis is caused by the protozoan parasite *Entamoeba histolytica*. This protozoan is a very common and cosmopolitan human pathogen, which is transmitted to people by drinking contaminated water and occasionally by contaminated food. Around 10% of the world's population is infected with this parasite, and in developing countries and tropical zones the prevalence can reach 50 to 80%. In Mexico, amoebiasis is still among the top 20 causes of morbidity, staying in the fifth place in 2003 and in the eighth place in 2008 (Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, 2011). In the

US, from 1990 to 2007, 134 deaths by amoebiasis were identified; however, a reduction in this period of 18 years has been observed. Close to 40% of fatal cases were reported among residents from California and Texas, most of them born outside of US (Gunther, *et al*, 2011). A study by the Department of Public Health of California in 2001, reported a prevalence of 1.63 cases per 100 000 inhabitants in the US-Mexico border region. This value dropped to 0.91 cases per 100 000 inhabitants in 2006. In the same study, it was noted that the higher prevalence was among Hispanic people, compared with white people in San Diego, California, but this difference is considerably reduced when the entire state of California was taken into account.

This parasite has two living forms: one is the vegetative form called trophozoite, which is responsible for the clinical form, and the resistant phase called cyst, which is the infective form. Water or food contaminated with cysts are the sources of infection for humans; after their ingestion the trophozoites are released in the intestine. However, many of these infections are asymptomatic, but in some individuals it can produce gastroenteritis by the destruction of the mucosal layer, with consequent diarrhea and cramps and, in some cases, can overgrow and invade other organs (Shimokawa, *et al*, 2012).

Amoebiasis is considered a waterborne disease too, and its spread is related to the water supply and its quality. The increase in water demand, and the deterioration of the accessibility of this resource, can lead the population to use

fact higher temperatures will affect the duplication time of *E. coli* and that this effect will be similar (proportional) for other pathogens as is discussed below.

### ● CHOLERA

Climate conditions affect not only the abundance of enteric bacteria in food or water, but also non-enteric pathogens that are present in the environment like *Vibrio*. Several species of this genus are autochthonous in estuary ecosystems and, depending on the water temperature, have different multiplication rates (generation time). *V. parahaemolyticus* and *V. vulnificus* are responsible for the most infections related to seafood consumption and in wound infections exposed to recreational water (Lipp *et al*, 2002). All *Vibrio* species including *V. cholerae* (responsible of cholera disease) are found practically in all water bodies, associated strongly to plankton in a commensal or symbiotic relationship, mainly with copepods and other crustaceans with chitin exoskeleton and with aquatic plants, protozoa, and bivalve organisms. All these organisms are reservoirs, and the main source of these bacteria spreading (Vezzulli *et al*, 2010). Changing the temperature of the environment will modify its propagation to new places where they did not exist before, and as a consequence these pathogens will appear in new geographic places considered cold.

Cholera is an acute diarrheal infection caused by ingesting food or water contaminated with the bacterium *Vibrio cholerae*. Around the world, 3–5 million cholera cases are estimated every year and 100,000–120,000 deaths occur due to this disease. In addition, it has a short incubation period, from two hours to five days, which enhances the potentially explosive pattern of outbreaks (WHO, 2008). Cholera is considered a re-emerging disease, possibly because it appears in new communities or in sites where it was absent for many years. However, this increase can be due to climate changes bolstered by conditions, which enhance the multiplication of this bacterium and its reservoirs. In a study by the International Centre for Diarrheal Research, Bangladesh (2009), a relationship was found be-

tween rainy seasons and cholera outbreaks because rainwater collects many nutrients in water bodies favoring the cholera reservoir.

Climate change due to global warming drives the increase of environmental temperatures and changes the rain patterns, together with increases in sea levels. This environmental temperature change increases the water temperature, enhancing the cholera bacteria multiplication. The rain in oceans produces a rise in the tide levels, which leads to floods and raising salt water on the shores, favoring the presence of *Vibrio* in new zones (CCC, 2009; De Migny & Colwell 2009). Actually, cholera is a rare disease in the US, having around six cases per year (Newton, *et al* 2011). Furthermore, *Vibrio parahaemolyticus* can produce outbreaks associated to the consumption of oysters, as reported in the northeast of US and in Galveston, Texas. In the Gulf of Mexico it is also prevalent (CDC, 1999; CDC, 1993).

### ● CRYPTOSPORIDIUM

Cryptosporidiosis is a disease transmitted fecal-orally and is characterized by sudden diarrhea. Although this enteric disease is not the most common or the most dangerous, it is especially dangerous because the cysts of *Cryptosporidium* are highly resistant to regular disinfectants. The parasite has low infective doses and, so far, there is no cure for this disease, which can be fatal to immunocompromised people.

Each year in the US, around 2 to 3 thousand cases appear by the ingestion of contaminated food or by drinking contaminated water from recreational swimming pools or lakes (Casman *et al*, 2001). This parasite is spread by the oocyst, which is found commonly in wastewaters and in treated waters. At a temperature of 4°C the oocysts can survive up to four months and can lose its viability at freezing temperatures (-20°C) or at temperatures as high as 65°C (Becerril-Flores, 2014). According to the studies of Alum (2014), soil temperature is one of the main factors to keep oocysts of *Cryptosporidium* viability. It is interesting that at a temperature of 37°C a reduction of the oocysts was observed,

THE RAIN IN OCEANS PRODUCES A RISE IN THE TIDE LEVELS, WHICH LEADS TO FLOODS AND RAISING SALT WATER ON THE SHORES, FAVORING THE PRESENCE OF VIBRIO CHOLERAЕ IN NEW ZONES.



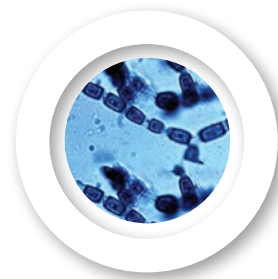
poor quality water. During floods, droughts, and earthquakes, which can damage treatment plants leading to water contamination, water adequate for human consumption diminishes. A study by Nichols, *et al*, (2009) found an association of different diarrhea outbreaks with polluted water for human consumption due to extreme climate, particularly water precipitation. If there are suddenly big rainstorms in dry places, rainwater runoff drags feces from animals or humans, carrying all contaminants to rivers or to underground water sources. This contamination is due to a loss in filtration capacity of the soil, passing all contaminants directly to underground water. If the source of water for human consumption is underground, and if this water is untreated, all waterborne diseases will increase.

● **COCCIDIOIDOMYCOSIS**

Coccidioidomycosis (CM) is a systemic fungal disease, endemic to desert zones of America, and produced by the dimorphic ascomycete fungus called *Coccidioides*. So far, two species, *C. immitis* and *C. posadasii*, have been identified. The most important zone for this disease involves the US-Mexico border, particularly the western region, and the most affected US states are California, Arizona, Texas, New Mexico, Nevada, and Utah. In the Mexican territory, the most affected states are Baja California, Sonora, Sinaloa, Nuevo León, Chihuahua, Coahuila, Tamaulipas, Zacatecas, and Durango (Bonifaz 2012). In Mexico, the actual situation for this disease is practically unexplored (Baptista *et al* 2007).

Recently, a relationship between diseases and atmospheric, climatic, and meteorological events has been noted (Kolivas and Comrie, 2003). Using models of environmental variables related to epidemiological information, Baptista-Rosas *et al* (2007) could identify the fundamental ecological niche of *Coccidioides* in arid soils and in North American deserts. In addition, these authors conducted a study to try to establish the relationship between climate and meteorological events and the epidemiological information available in Baja California, Mexico, finding that the higher number of cases of coccidioidomycosis occur during dry months preceded by rainy seasons (Baptista-Rosas *et al*, 2010).

*Coccidioides* is a fungus that adapts to survive in environments with low water availability, even though this fungus requires total humidity for germination and growth. For



**COCCIDIOIDES IS A FUNGUS THAT ADAPTS TO SURVIVE IN ENVIRONMENTS WITH LOW WATER AVAILABILITY, EVEN THOUGH THIS FUNGUS REQUIRES TOTAL HUMIDITY FOR GERMINATION AND GROWTH.**

spreading, it requires dry periods (Kolivas & Comrie, 2003; Comrie & Glueck, 2007). Two different bioclimatic patterns in the US-Mexico border have been observed. In Arizona, there is a relationship between the number of clinical cases and weather events, while in California this association is not constant suggesting that the higher prevalence of the disease is more related to other factors of anthropogenic source (Baptista 2010, Zender & Talamantes 2006). However, if climate changes in the future increase or reduce humidity, the fungus development (depending on a particular genus) will increase or decrease. Specifically, coccidioidomycosis will increase, as this fungus is from desert places.

● **VIRAL INFECTIONS**

Virus are considered strict parasites that need to be inside of the cell in order to use the metabolic cell system to reproduce. Virus are conformed by nucleic acid (DNA or RNA) and surrounded by a protein layer called capsid. A second membrane envelops some virus. The naked virus (without an external membrane) are potentially more resistant to the environment, helping the virus to be viable for several weeks and keeping their capacity to infect and multiply in animals or humans, such as the virus that cause gastroenteritis, and particularly the enterovirus. The enveloped virus, in general, are more sensitive to the environment and this virus is not the exception and must be transmitted by direct contact among individuals or by vectors (Schvoerer, *et al*, 2008). Global warming, as mentioned

«  
**A RELATIONSHIP BETWEEN DISEASES AND ATMOSPHERIC, CLIMATIC, AND METEOROLOGICAL EVENTS HAS BEEN NOTED (KOLIVRAS AND COMRIE, 2003).**

**HEPATITIS A**



**THIS VIRUS INFECTS THE LIVER, AND THE INFECTION MAY BE EITHER ICTERIC OR ANICTERIC.**

**ICTERIC**

**In children younger than 6 years old, more than 90% of hepatitis A infections are asymptomatic.**

**VIRAL INFECTIONS**

**THREE MECHANISMS CAN EXPLAIN THE INFLUENCE OF RH AND TEMPERATURE ON VIRAL TRANSMISSION.**

**1 Cold air can cause a dry nasal mucosa in the host, which leads to a higher susceptibility to viral infections.**

**2 The virus stability is highest at a RH between 20%-40%, medium at RH of 50% and minimum at 60%-80% of RH.**

**3 The third mechanism is related to bio-aerosols.**

before, can produce increased rainfall in some places, while in others it will increase dryness. Rainfall and its accumulation favor conditions for mosquitos to multiply and several of their species can be the vector of many viral diseases. An increased multiplication of a particular mosquito (vector) can promote the transmission of different vector-borne diseases like dengue, zika, chikungunya, etc. Barrera *et al* (2011) observed that rainfall is associated with an increase in the vector population of dengue (*Aedes aegypti*) since water containers in many houses are the ideal sites for developing larvae, pupa and producing adult mosquitos. On the other hand, intense rainfall can wash away completely the containers with a negative effect in the vector population.

An increase in temperature accelerates water evaporation, limiting the number of water reservoirs that can act as habitat for immature mosquitoes. Even when the eggs are resistant to desiccation for long periods, mosquito development can be affected (Morin, *et al* 2013); but when precipitation is higher than evaporation mosquito reproduction will be higher. By contrast, in dry periods people habitually store water in open cisterns or containers that favor the development of mosquitos.

Climate change will also have an indirect impact on the distribution of viral diseases. Urban concentration facilitates the contact between humans, animals, and polluted water, spreading enteric and respiratory diseases as it happens with the influenza virus. The transmission of this virus is more prevalent in the cold seasons, when people prefer to congregate in closed sites. Lowen, *et al* (2007) demonstrate that the influenza virus is dependent on relative humidity (RH) and temperature. In an animal model, transmission of the influenza virus was highly efficient at low RH (20-35%) and at low temperatures (5°C).

Three mechanisms can explain the influence of RH and temperature on viral transmission. First, cold air can cause a dry nasal mucosa in the host, which can produce epithelium damage with consequent reduction of the mucocilia layer, which leads to a higher susceptibility to viral infections. Secondly, the virus stability is highest at a RH between 20%-40%, medium at RH of 50% and minimum at 60%-80% of RH. The third mechanism is related to bio-aerosols; at high RH, respiratory droplets take water from their environment and increase their size, falling down faster, while at low RH water evaporation exists, which drives lower droplet forma-

tion favoring its presence in the air for a longer time (Lowen, *et al* 2007, Fuhrmann 2010).

Another factor that must be taken into account is viral inactivation by UV radiation, which can be modified by climate change. This factor plays an important role in rising influenza outbreaks. Low exposure to solar radiation favors the viability of the virus for several days after its release by a host. This situation is present in the rainy season due to an increase of cloud cover, and in dry seasons, when cases of wildfires produce smoke that also limit UV radiation. (Sagripanti & Litle, 2007).

#### ● HEPATITIS A

One virus related to water is the hepatitis A virus (HAV), which is an RNA virus belonging to the Picornaviridae family. This virus infects the liver, and the infection may be either icteric or anicteric. The likelihood of icteric (clinically apparent) disease is inversely related to the age of the person acquiring HAV. In children younger than 6 years old, more than 90% of hepatitis A infections are asymptomatic. By contrast, more than two-thirds of older children and adults will develop jaundice after a hepatitis A infection (Lednar *et al.*, 1985). This disease is transmitted mainly when a healthy non-vaccinated person consumes food or water contaminated with human feces from a person infected with HAV. The disease is closely related to the lack of clean water and low sanitary infrastructure joined to bad personal hygiene (WHO, 2014). The waterborne outbreaks of HAV, although slightly frequent, are related to water contamination from wastewater or water sources with deficient quality treatment.

In the US, this disease is under control due to a vaccination program established in 1995 and applied in all American states with higher incidence (Committee on Infectious diseases, 2007). This report shows how the incidence of HAV dropped below 5% in 1999. It is worth noting that in this analysis the incidence of HAV, according to the race/ethnicity in the US, was higher in the Hispanic group and, certainly, the bigger proportion of Hispanic people is found in the border region.

In regions with temperate climate, outbreaks of entero-virus appear during the summer and early fall seasons. These outbreaks suggest that temperature and relative humidity (RH) are important for this seasonality. However, particularly for HAV, cases appeared in some



### THE WATERBORNE OUTBREAKS OF HAV, ALTHOUGH SLIGHTLY FREQUENT, ARE RELATED TO WATER CONTAMINATION FROM WASTEWATER OR WATER SOURCES WITH DEFICIENT QUALITY TREATMENT.

places not related to the season, or more related to wintertime.

In the study of Mbithy *et al* (1991), it was observed that HAV survival – meaning that the virus has a longer lifespan – was inversely proportional to RH and temperature. They found that the lifespan of HAV was seven days at low RH (25%), and 5°C, while at high RH (95%) and 35°C it was two hours. This behavior is different from other enteroviruses that have a better survival rate at higher temperatures. Another issue to consider is UV radiation, which is expected to increase too; this radiation may promote mutations in the RNA genome that favor the origin of new strains for which the current vaccines will not prevent the disease.

The incidence of the diseases mentioned above will be affected by climate change. The analysis of the local climate change will give us an explanation of the emergence or re-emergence of these diseases. It is a fact that the cooperation and intervention of different disciplines and experts are needed: physicians, biologists, climatologists, epidemiologists, and certainly people involved in politics, infrastructure development, and government with all its secretariats. Understanding the relationship between climate change (events increasing or decreasing above or below the regular average behavior), emergence, and re-distribution of the diseases, will require establishing stronger strategies to prevent large-scale catastrophes in the near future.

#### ◆ CONCLUSIONS

Over the past decades, there has been renewed public and official concern about infectious diseases as a major public health threat. This depends on the type of disease (classical, emerging or re-emerging), location, and the country's development. However, in spite of all efforts, we are not yet prepared to face climate change, which clearly will raise global temperatures. Overheating will affect the amount of rainfall, producing floods or droughts depending on the region, and altering the local weather. This means that infrastructure in cities and counties – and people – might not be prepared for these changes.

One of the main changes will be in the environment's soil, water and air temperatures. These changes will favor the growth of different plants, insects, and microorganisms – in particular, human pathogens – without taking into account the danger from other species. Increasing the speed of growth, in most cases reaching the infective doses of different pathogens, or favoring the generation of new mutations of all parasites (i.e. the drug resistant), or in the case of viral diseases the emergence of new strains against which existing vaccines will not work and health systems will be insufficient to control future outbreaks.

Active participation of the population will be important for making decisions and assuming actions towards planning and improving infrastructure in all regions, because climate change will affect the entire planet without exception. Participation should be strategically led by local authorities, and supported at federal levels, to achieve the expected environmental goals through law enforcement and by creating incentives. Another key strategy is the inclusion of different experts in areas such as medicine, biology, construction (houses, draining systems, water collecting, roads, bridges, etc.), economics, anthropology, among others, in order to have a better understanding and finding the best options to face future problems in a holistic way.



#### 🔗 José Luis Sánchez-Salas

Profesor investigador del Departamento de Ciencias Químico Biológicas desde 1998 a la fecha y miembro del núcleo académico del Doctorado en Ciencias del Agua (SNI nivel I). [jluis.sanchez@udlap.mx](mailto:jluis.sanchez@udlap.mx)



#### 🔗 Ana Margarita Maldonado-Barragán

Licenciada en Biología por la UDLAP. Maestra en Ciencias por la University of Groningen, Países Bajos. Actualmente es parte del Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas de España realizando estudios doctorales. [ana.maldonadobn@udlap.mx](mailto:ana.maldonadobn@udlap.mx)



#### 🔗 Silvia Reyna

Profesora de tiempo completo del Departamento de Ciencias Químico Biológicas de la UDLAP de 1990 a 2017. Fue coordinadora de la Licenciatura de Ciencias Farmacéuticas. [silvia.reyna@udlap.mx](mailto:silvia.reyna@udlap.mx)

#### ◆ REFERENCES

- Alum, A., Absar, I., Asaad, H., Rubino, J. R., & Ijaz, M. K. (2014). Impact of environmental conditions on the survival of *Cryptosporidium* and *Giardia* on environmental surfaces. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*: 1-7
- Aguilera, N. & Marrufo, G. M. (2007). Can better infrastructure and quality reduce hospital infant mortality rates in Mexico? *Health Policy* 80, 239-252.
- Barrera, R., Amador, M. & MacKay, A. J. (2011). Population Dynamics of *Aedes aegypti* and Dengue as Influenced by Weather and Human Behavior in San Juan, Puerto Rico. *PLoS Negl Trop Dis*, 5(12), e1378.
- Baptista-Rosas, R. C., Hinojosa, A. & Riquelme, M. (2007). Ecological niche modeling of *Coccidioides* spp. in western North American deserts. *Ann N Y Acad. Sci.* (1111), 35-46.
- Baptista-Rosas, R. C., Arellano, E., Hinojosa, A. & Riquelme, M. (2010). Bioclimatología de la *Coccidioidomycosis* en Baja California, Mexico. *Boletín del Instituto de Geografía (UNAM)*, (71), 21-30.
- Becerril-Flores, M. A. (2014). *Parasitología Médica* (4ª Ed.). Mexico: Mc-Graw-Hill/ Interamericana.
- Boden, T. A., Marland, G. & Andres, R. J. (2010). Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO2 Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. doi 10.3334/CDIAC/00001\_V2010.
- Bonifaz, A. (2012). *Micología Médica Básica* (4ª Ed.). Mexico: Mendez Editores.
- Briton, E., Hales, S., Venugopal, K. & Baker, M. G. (2010). The impact of climate variability and change on cryptosporidiosis and giardiasis rates in New Zealand. *J Water Health*, 8(3), 561-71.
- California Department of water resources. (2012). Retrieved from <http://www.water.ca.gov/waterconditions/drought/docs/Drought2012.pdf>
- Casman, E., Fischhoff, B., Small, M., Dowlatabadi, H., Rose, J. & Morgan, M. (2001). Climate change and Cryptosporidiosis: a qualitative analysis. *Climate Change*, 50, 219-249.
- CCC. (2009). Climate change and its impact on transmission dynamics of cholera. Climate Change Cell, DoE, MoEF, Component 4b, CDMP, MoFDM. Dhaka.
- CDC and Prevention (2014a). Early Warning Infection Disease Surveillance (EWIDS) Program Activities on the Northern and Southern Border States. Retrieved from <http://www.bt.cdc.gov/surveillance/ewids/>
- CDC and Prevention (2014b). Retrieved from <http://www.cdc.gov/usmexicohealth/esp/guias-para-la-coordinacion.html>
- CDC and Prevention (2014c). Retrieved from <http://www.cdc.gov/usmexicohealth/esp/>
- CDC and Prevention (2014e). Retrieved from [http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6203a1.htm?s\\_cid=mm6203a1\\_w](http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6203a1.htm?s_cid=mm6203a1_w)
- CDC and Prevention (2014f). Retrieved from <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6032a3.htm>
- CDC and Prevention Foodborne diseases active surveillance network (2014c). Retrieved from <http://www.cdc.gov/foodnet/data/trends/tables/table2a-b.html#table-2b>
- CDIAC (2014). Annual Global Fossil-Fuel Carbon Emissions. Retrieved

THE INCIDENCE OF THE DISEASES WILL BE AFFECTED BY CLIMATE CHANGE. THE ANALYSIS OF THE LOCAL CLIMATE CHANGE WILL GIVE US AN EXPLANATION OF THE EMERGENCE OR RE-EMERGENCE OF THESE DISEASES.

from [http://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/tre\\_glob\\_2014.html](http://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/tre_glob_2014.html)  
 • Comisión de Salud Fronteriza México- Estados Unidos (2010). *Frontera saludable* (reporte de medio plazo). Frontera Norte de México.

• Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2010). Estadísticas del agua en México 2010. Retrieved from <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2010.pdf>

• Committee on Infectious diseases (2007). Hepatitis A vaccine recommendations. *Pediatrics*, 120, 189-199.

• Comrie, A. & Glueck, M. (2007). Assessment of climate- Coccidioidomycosis model. Model Sensitivity for assessing climatologic effects on the risk of acquiring Coccidioidomycosis. *Ann.N.Y.Acad. Sci.*, (1111), 83-95. Academy of Science: doi 10.1196/annals.1406.024

• Current Results (2014a). Research news & Science fact. Retrieved from <http://www.currentresults.com/Weather/Texas/temperature-december.php>.

• Current Results (2014b). Research news & Science fact. Retrieved from <http://www.currentresults.com/Oceans/Temperature/pacific-ocean-temperature-california-summer.php>

• De Magny, G. C. & Colwell, R. (2009). Cholera and climate: demonstrated relationship. *Transactions of the American Clinical and Climatological Association*, 120, 119-128.

• Doyle, T. J. & Bryan, R. T. (2000). Infectious diseases morbidity in the US region bordering Mexico, 1990-1998. *J Infect. Dis.*, 182(5), 1503-1510.

• Duarte-Gómez M. B., Núñez-Urquiza, R. M., Restrepo-Restrepo, J. A. & Richardson-López-Collada, V. L. (2015). Determinantes sociales de la mortalidad infantil en municipios de bajo índice de desarrollo humano en México. *Bol Med Hosp Infant Mex.*, 72(3), 181-189.

• EPAa (2012). Retrieved from [http://www2.epa.gov/sites/production/files/documents/border-2012\\_indicator-rpt\\_eng.pdf](http://www2.epa.gov/sites/production/files/documents/border-2012_indicator-rpt_eng.pdf).

• EPAb (2012). Retrieved from [http://www.epa.gov/ozone/science/sc\\_fact.html](http://www.epa.gov/ozone/science/sc_fact.html)

• EPAc (2012). Retrieved from <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases/co2.html>

• ESS-DIVE (2018). Environmental Systems Science Data Infrastructure for a Virtual Ecosystem. Retrieved from <https://ess-dive.lbl.gov/>

• Fayer, R., Trout, J. M. & Jenkins, M. C. (1998). Infectivity of *Cryptosporidium parvum* oocysts stored in water at environmental temperatures. *J Parasitol.*, 84, 1165-1169.

• Feng, S., Krueger, A. & Oppenheimer, M. (2010). Linkages among climate change, crop yields and Mexico-US cross-border migration. Retrieved from <http://www.pnas.org/content/107/32/14257>

• Fisman, D. N., Lim, S., Wellenius, G. A., Johnson, C., Britz, P., Gaskins, M., Maher, J., Mittleman, M. A., Spain, C. V., Haas, C. N. & Newbern, C. (2005). It's not the heat, it's the humidity: wet weather increases legionellosis risk in the greater Philadelphia metropolitan area. *J Infect Dis*, 192(2), 2066-2073.

• Fuhrmann, C. (2010). The effect of weather and climate on the seasonality of influenza: what we know and what we need to know. *Geography Compass* 4(7), 718-730.

• Gersberg, R., Rose, M., Robles-Sikisaka, R. & Dhar, A. (2006). Quantitative detection of hepatitis and enteroviruses near the United States-Mexico Border and correlation with levels of fecal indicator bacteria. *App. Environ. Microbiol*, 72(12), 7438-7444.

• Greer, A. & Fisman, D. (2008). Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead Canadian. *Medical Association or its licensors*, 178(6), 715-722. doi: 10.1503/cmaj.081325

• Gubler, D. J., Reiter, P., Ebi, K. L., Yap, W., Nasci, R. & Patz, J. A. (2001). Climate variability and change in the United States: Potential impacts on vector-and rodent-borne diseases. *Environmental Health Perspectives*, 109(suppl 2), 223-233.

• Gunther, J., Safir, S., Bristow, B. & Sorvillo, F. (2011). Amebiasis-Related Mortality among United States Residents, 1990-2007. *Am J Trop Med Hyg*, 85(6), 1038-1040.

• Hoshen, M. & Morse, A. (2004). A weather-driven model of malaria transmission. *Malar. J.* (3), 32-46.

• Hunter, P. R. (2003). Climate change and waterborne and vector-borne diseases. *J Appl. Microbiol*, 94, 37-46.

• Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) (2010). Comunicado. Retrieved from <http://www.imss.gob.mx/NR/rdonlyres/B3FEEA55-F912-4A18-8546-8411F8A258A5/0/300310Com055.pdf>

• Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) (2009). Comunicado. Retrieved from <http://www.imss.gob.mx/NR/rdonlyres/82A0744D-4F90-4B24-B7C5-FCF5693C900C/0/310309Com110.pdf>

• ITES. Campus Ciudad Juárez INFOMEXUS/SADES-FEMAP Instituto Nacional de Ecología, ECOTEC/SADEC-FEMAP. Universidad Americana del Norte. (1998). Reporte del estado ambiental y de los recursos naturales de la frontera Norte de México.

• Kendrovski, V. & Gjorgjev, D. (2012). Climate Change: Implication for Food-Borne Diseases (Salmonella and Food Poisoning Among Humans in R. Macedonia), Structure and Function of Food Engineering. Prof. Ayman Amer Eissa (Ed.). Retrieved from <http://www.intechopen.com/books/structure-and-function-of-food-engineering/climate-change-implication-for-food-borne-diseases-salmonella-and-food-poisoning-among-humans-in-r-m>

• Kistemann, T., Rechenburg, A., Höse, C., Schreiber, C., Frechen, T. & Herbst, S. (2012). Assessing the potential impacts of climate change on food and waterborne diseases in Europe. *Technical Report. European Center Disease Prevention and Control*, 14-24.

• Kolivras, K. N. & Comrie, A. C. (2003). Modeling valley fever (coccidioidomycosis) incidence on the basis of climate conditions. *Int. J. Biometeorol*, 47, 87-101.

• Kuhn, K., Campbell-Lendrum, D., Haines, A. & Cox, J. (2005). *Using climate to predict infectious disease epidemic*. Geneva: World Health Organization.

• Lal, A., Baker, M. G., Hales, S. & French, N. P. (2013). Potential effects of global environmental change on cryptosporidiosis and giardiasis transmission. *Trend Parasitol*, 29, 83-90.

• Lednar, W. M., Lemon, S. M., Kirkpatrick, J. W., Redfield, R. R., Fields, M. L., Kelley, P. W. (1985). Frequency of illness associated with epidemic hepatitis A virus infection in adults. *Am. J. Epidemiol*, 122, 226-233.

• Lipp, E., Hug, A. & Colwell, R. (2002). Effects of global climate on infectious disease: The Cholera model. *Clin. Microbiol. Rev.*, 15(4), 757.

• Lowen, A. C., Mubareka, S., Steel, J. & Palese, P. (2007). Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. *PLoS Pathog.* 3(10), 1470-1476.

• Madigan, M. T., Martinko, J. M., Stahl, D. A., Clark, D. P. (2011). *Brock, Biology of Microorganisms*. New York: Pearson Higher Education.

• Mbithi, J., Springthorpe, S. & Sattar, S. (1991). Effect of relative humidity and air temperature on survival of hepatitis A virus on environmental surfaces. *Appl. Environ. Microbiol*, 57(5), 1394-1399.

• Meléndez-Herrada, E., Ramírez-Pérez, M., Sánchez-Dorantes, B. & Cravito, A. (2008). Cambio climático y sus consecuencias en las enfermedades infecciosas. *Rev. Fac. Med.*, 51(5), 205-208.

• Mellor, P. S. & Leake, C. J. (2000). Climatic and geographic influences on arboviral infections and vectors. *Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Epizooties*, 19, 41-54.

• Milazzo, A., Giles, L. C., Zhang, Y. & Koehler, A. P. (2016). The effect of temperature on different *Salmonella* serotypes during warm seasons in a Mediterranean climate city, Adelaide, Australia. *Epidemiology & Infection*, 144(6), 1231-1240.

• Morin, C. W., Comrie, A. C. & Ernst, K. (2013). Climate and Dengue Transmission: Evidence and Implications. *Environ Health Perspect*, 121(11-12), 1264-1272.

• Newton, A., Heiman, K., Schmitz, A., Török, T., Apostolou, A., Hanson, H., Gounder, P., Bohm, S., Kurkjian, K., Parsons, M., Talkington, D., Strpoka, S., Madoff, L., Elson, F., Sweat, D., Cantu, V., Akwari, O., Mahon, B. & Mintz, E. (2011). Cholerae in United States associate with epidemic in Hispaniola. *Emerging infectious diseases*, 17(11), 2166-2168.

Nichols, G., Lane, Ch., Asgari, N., Verlander, N. & Charlett, A. (2009). Rainfall and outbreaks of drinking water related disease and in England and Wales. *Journal of Water and Health*, 7(1), 1-8.

• Ostfeld, R. S. (2009). Climate change and the distribution and intensity of infectious diseases. *Ecology*, 90(4), 903-905.

• PAHO-WHO. (2012). *Health in the Americas*. US-Mexico Border. Retrieved from [http://www.paho.org/saludenlasamericas/index.php?option=com\\_content&view=article&id=63&Itemid=63&lang=en](http://www.paho.org/saludenlasamericas/index.php?option=com_content&view=article&id=63&Itemid=63&lang=en)

• Pardiou, V. T. (2007). Influence of environmental factors on the presence of *Vibrio cholera* in the marine environment: a climate link. *J Infect Developing Countries*, 1(3), 224-241.

• Pascual, M., Bouma, M. J. & Dobson, A. P. (2002). Cholera and climate: revisiting the quantitative evidence. *Microbes Infect*, 4(2), 237-245.

• Rose, J., Epstein, O., Lipp, E., Sherman, B., Bernard, S. & Patz, J. (2001). Climate variability and change in the United States: Potential impacts on water-and foodborne diseases caused by microbiologic agent. *Environmental Health Perspectives*, 109(Suppl 2), 211-220.

• Sagripanti, J. L. & Lytle, C. D. (2007). Inactivation of influenza virus by solar radiation. *Photochemistry and Photobiology*, 83(5), 1278-1282.

• Schvoerer, E., Massue, J. P., Gut, J. P. & Stoll-Keller, F. (2008). Climate change: impact on viral diseases. *The Open Epidemiology Journal*, 1, 53-56.

• Shimokawa, C., Kabir, M., Taniuchi, M., Mondal, D., Kobayashi, S., Karim, I., Ali, M., Sobuz, A., Senba, M., Houpt, E., Haque, R., Petri, W. A. Jr. & Hamano, S. (2012). *Entamoeba moshkovskii* is associated with diarrhea in infants and causes diarrhea and colitis in mice. *Journal of Infectious diseases*, 206, 744-751. doi: 10.1093/infdis/jis414

• Simental, L. & Martínez-Urtaza, J. (2008). Climate patterns governing the presence and permanence of Salmonellae in coastal area of Bahía de Todos Santos, México. *Appl. Environ. Microbiol*, 74(19), 5918-5924.

• Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (2006). Red sanitaria. Retrieved from [http://200.67.143.32:8444/revistared/portada2006genero/num4\\_art\\_4sec3.htm](http://200.67.143.32:8444/revistared/portada2006genero/num4_art_4sec3.htm)

• SINAIS. (2008). Retrieved from <http://sinais.salud.gob.mx/mortalidad/>

• Soto-Estrada, G., Moreno-Altamirano, L. & Pahua-Díaz, D. (2016). Panorama epidemiológico de México, principales causas de morbilidad y mortalidad. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, 59(6), 8-22.

• U.S. Department of Health and Human Services (2000). *Health on the*

• *U.S.-Mexico border: past, present and future: a preparatory report to the future United States-Mexico Border Health Commission*. Washington: The Department.

• U.S.-Mexico Border Health Commission. (2013). Prevention and Health Promotion among Vulnerable Populations on the U.S.-México Border. Retrieved from [http://www.borderhealth.org/files/res\\_2654.pdf](http://www.borderhealth.org/files/res_2654.pdf).

• Vezzulli, L., Pruzzo, C., Huq, A. & Colwell, R. (2010). Environmental reservoirs of *Vibrio cholera* and their role in cholera. *Environ. Microbiol. Reports*, 2(1), 27-33

• Wade, T. J., Calderon, R. L., Sams, E., Beach, M., Brenner, K., Williams, K. & Dufour, A. (2006). Rapidly measured indicators of recreational water quality are predictive of swimming-associated gastrointestinal illness. *Environmental Health Perspectives*, 114(1), 24-28.

• Watts, D. M., Harrison, B. A., Whitmire, R. E. & Nisalak, A. (1987). Effect of Temperature on the Vector Efficiency of *Aedes aegypti* for Dengue 2 Virus. *Am J Trop Med Hyg*, 36, 143-152.

• WHO. (1999). El Niño ad Health. W.H.O./SDE/99.4. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

• WHO. (2003). Climate change and human health: risks and responses. Retrieved from <http://www.who.int/globalchange/publications/cchhsummary/en/>

• WHO. (2005). Using climate to predict infectious disease epidemics. Retrieved from <http://www.who.int/globalchange/publications/infectdiseases/en/>

• WHO. (2008). Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs107/en/>

• WHO. (2014). Hepatitis A. *Fact sheet*, (328). Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs328/en/>

• Wilder, M., Garfin, G., Ganster, P., Eakin, H., Romero-Lankao, P., Lara-Vallencia, F., Cortez-Lara, A. A., Mumme, S., Neri, C. & Muñoz-Arriola, F. (2013). Climate Change and US-Mexico Border Communities. In Assessment of Climate Change in the Southwest United States: *A Report Prepared for the National Climate Assessment*, edited by Garfin, G., Jardine, A., Merideth, R., Black, M. & LeRoy S. (pp. 340-384). A Report by the Southweat Climate Alliance. Washington, DC: Island Press.

• Zender, C. S., Talamantes, J. (2006). Climate control in Valley fever in Kern County California. *J Biometeorol*, 50, 174-182.

► Protected natural areas. An expense under the jurisdiction of the federal government of Mexico

# ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Un gasto bajo jurisdicción del gobierno federal de México

Por:  Ixchel Beristáin Mendoza

## RESUMEN

En este ensayo se hace una revisión del gasto de recursos públicos y privados en años recientes en el manejo de las áreas naturales protegidas bajo jurisdicción del gobierno federal de México. De este breve análisis se concluye que los recursos destinados a la preservación y restauración del patrimonio biológico de México son considerablemente limitados y la calidad del ejercicio de dichos recursos es cuestionable.

## ABSTRACT

This paper reviews the public and private spent in recent years in the management of Protected Natural Areas under the jurisdiction of the Federal Government of Mexico. From this brief analysis, it is concluded that the resources spent on the preservation and restoration of the biological heritage of Mexico are considerably limited and the quality of these spent is questionable.

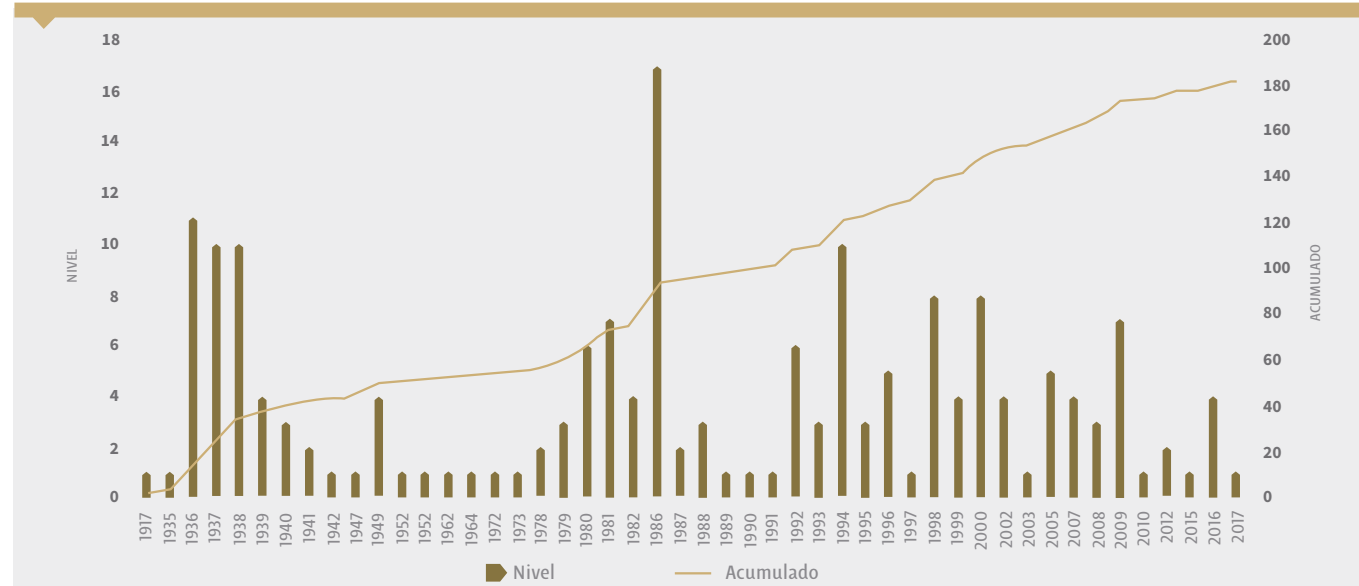
## PALABRAS CLAVE:

Áreas naturales protegidas · Gasto público

## KEY WORDS:

Protected natural areas · Public spending.

Figura 1. Incremento del número de Áreas Naturales Protegidas bajo jurisdicción de la federación, 1917-2017.



Fuente: elaboración con base en datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2017a).

### INTRODUCCIÓN

De la literatura relativa a la sostenibilidad financiera del manejo de sistemas de áreas naturales protegidas (ANP) se desprende un consenso: el costo de financiar, de manera sostenible dichos sistemas, es superado por los muchos beneficios derivados que estas áreas proveen, por ejemplo, suministro y regulación del agua, secuestro de carbono, y la adaptación y resiliencia ante el cambio climático. Adicionalmente, los servicios de los ecosistemas pueden incidir favorablemente en el desarrollo de sectores económicos particulares, tales como el turismo, la pesca, la agricultura y la generación de energías limpias, que a su vez, contribuye con el abatimiento de la pobreza (Bovarnick *et al.*, 2010).

Sin los fondos suficientes, los estándares de manejo de las ANP no pueden alcanzar los niveles necesarios para conservar la biodiversidad, ni mantener ecosistemas saludables que proveen bienes y servicios para el desarrollo nacional. Sin embargo, la suficiencia y estabilidad de los recursos requeridos, para el adecuado manejo de las ANP, no es la única condición que se debe cumplir, también se debe garantizar el uso eficaz y eficiente de esos recursos; es decir, la calidad del ejercicio de los recursos es una segunda condición que también debe asegurarse (Bovarnick *et al.*, 2010, pp. 24, 31).

Aproximadamente el 18% del territorio mexicano es considerado ANP –en su mayoría bajo la jurisdicción del gobierno federal– y a lo largo del presente se explorará someramente cuánto y cómo se gasta en la conservación de las ANP federales. De este breve análisis se

Tabla 1. Número de Áreas Naturales Protegidas (ANP) y superficie, según tipo y año más reciente disponible.

Tipo	ANP		Superficie	
	Número	%	Hectáreas	%
<b>Total</b>	<b>677</b>	<b>100.0</b>	<b>95,278,020</b>	<b>100.0</b>
Federal*	182	26.9	90,839,522	95.3
Estatad	421	62.2	4,280,626	4.5
Municipal	44	6.5	114,100	0.1
Ejidal	24	3.5	43,601	0.0
Privado	6	0.9	172	0.0

\* / Datos para 2017 de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Fuente: elaboración con base en datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2016), y de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2017a).

concluye que los recursos destinados a la preservación y restauración de las ANP son considerablemente limitados y la calidad del ejercicio de dichos recursos es cuestionable.

### ANTECEDENTES

Las acciones gubernamentales de conservación en México datan del siglo pasado, con la publicación, en 1917, del «Decreto que declara el terreno ubicado en la municipalidad de Cuajimalpa, conocido con el nombre de “Desierto de los Leones” parque nacional». Sin embargo, no es sino hasta 1998 que se emite la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), que en su artículo 3, fracción II define:

**Áreas naturales protegidas: Las zonas del territorio nacional y aquéllas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción,**

en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la presente Ley.

En México, de acuerdo con la Ley en referencia, las ANP pueden estar bajo jurisdicción del gobierno federal, de los gobiernos estatales o municipales, e inclusive pueden ser áreas de propiedad comunitaria (ejidos) o privada. Para 2016 se tenían registradas 676 ANP en el país, que aunadas sumaban 95.3 millones de hectáreas (ha) protegidas (superficie continental y marina), equivalente a aproximadamente el 18% del territorio nacional<sup>1</sup>. Como se puede observar en la tabla 1, el 95.3% de la superficie protegida corresponde a las 182 ANP bajo jurisdicción de la federación, objeto de discusión de la presente investigación.

Actualmente, las ANP federales son administradas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), creada apenas en el año 2000. Es decir, la administración pública federal (APF) de México dejó pasar casi un siglo para reconocer la importancia de la creación y mantenimiento de estas áreas y, en consecuencia, dotar de un marco normativo y organizacional para su gestión.

Ello no significa que el número de ANP se haya mantenido estático durante el siglo pasado y en lo que va del presente. La protección de áreas naturales tuvo un primer auge en la segunda mitad de la década de 1930, un segundo hacia el final de los setenta y hasta 1986, y un tercero a partir de 1988 con la reforma constitucional de ese año, que establece como un deber del Estado la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente (figura 1).

Así, la cobertura territorial de las ANP federales se ha incrementado considerablemente en los últimos cien años, al pasar de 1,529 ha en 1917, a 90.8 millones de ha en 2017, con el consecuente aumento de la necesidad de recursos financieros para su manejo. No se omite señalar que el 71.7% de la actual superficie protegida corresponde a la ANP denominada «Pacífico mexicano profundo», creada en 2016, cuya superficie es completamente marina y suma 57.79 millones de ha.

La exclusión de la ANP «Pacífico mexicano profundo» resulta relevante

PARA 2016 SE TENÍAN REGISTRADAS

## 676 ANP

EN EL PAÍS, QUE AUNADAS SUMABAN 95.3 MILLONES DE HECTÁREAS (HA) PROTEGIDAS (SUPERFICIE CONTINENTAL Y MARINA).

pues su extensión y naturaleza (el 85% del área protegida sobrepasa los dos mil metros de profundidad) genera sesgos en indicadores como gasto público ejercido por hectárea o personal por hectárea, por ejemplo. Por lo anterior, a lo largo del presente estudio nos enfocaremos en 181 ANP federales administradas por la CONANP, con la cobertura que se detalla en la tabla 2.

### CARACTERIZACIÓN DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS FEDERALES

La CONANP dividió al país en nueve «regiones administrativas» para el manejo de las ANP, dando lugar a oficinas descentralizadas denominadas «Direcciones Regionales» que apoyan en el manejo de las ANP.

De éstas, la que agrupa el mayor número de ANP es la región «Centro y eje Neovolcánico» (36 en total), pero la que tiene la mayor extensión territorial protegida es la región «Península de Yucatán y Caribe mexicano» (tabla 3).



Adicionalmente, la LGEEPA establece en su artículo 76 que se deberá integrar el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), al cual pueden incorporarse aquellas ANP federales que cumplan con las características definidas en el reglamento de esa ley. Actualmente, en el SINAP se encuentran 77 ANP, que representan «las joyas de la corona».

Finalmente, algunas de las ANP federales cuentan con una o más de las siguientes designaciones internacionales: i) patrimonio mundial cultural y natural (UNESCO); ii) sitios Ramsar (humedales), y iii) programa sobre el hombre y la biósfera (MAB).

Cada ANP puede o no pertenecer al SINAP y, al mismo tiempo, contar con una o más designaciones internacionales o ninguna. Como se señala en la tabla 4, un total de 78 ANP (43.1%) no cuentan con designación alguna y suman el 35.1% del total de la extensión territorial protegida (11.6 millones de ha). Las ANP que tienen una única designación suman 41, que alcanzan el 21.9% del territorio protegido.

Finalmente, se tiene que 74 ANP están despobladas y en las restantes 108 hay 1.7 millones de habitantes (hab.), cuya mayoría (79.1%) se concentra en las regiones «Centro y eje neovolcánico» y «Planicie costera y Golfo de México» (tabla 5).

Así, el manejo de las ANP no se centra únicamente en la conservación de la diversidad biológica, sino que incluye un importante componente que atañe al desarrollo socioeconómico y bienestar de las comunidades que habitan dentro de las ANP, en su mayoría indígenas. Por lo anterior, el gasto social ejercido en las ANP cobra relevancia.

### FINANCIAMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS BAJO LA JURISDICCIÓN DE LA FEDERACIÓN

En México, se distinguen dos principales fuentes de ingresos para financiar la administración de las ANP federales: recursos presupuestarios y extrapresupuestarios. Los presupuestarios o fiscales son aquellos que legalmente se asignan cada año en el Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) y que son ejercidos a través de entidades gubernamentales. Adicionalmente, la Ley Federal de Derechos (LFD), en su artículo 198-A, prevé que los ingresos generados por las mismas ANP (principalmente pago de derechos por visitas o «cuotas de acceso») sean ejercidos a través de la CONANP para actividades de conservación de las mismas áreas.

**Tabla 2.** Cobertura territorial de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales, excluyendo «Pacífico mexicano profundo», 2017 (millones de hectáreas).

Territorio	Superficie México*		Superficie ANP		Cobertura % (c/a)
	Total (a)	% (b)	Total (c)	% (d)	
<b>Total</b>	<b>511.0</b>	<b>100.0</b>	<b>33.1</b>	<b>100.0</b>	<b>6.5</b>
Terrestre	196.0	38.4	21.4	64.7	10.9
Marina	315.0	61.6	11.7	35.3	3.7

\* / Excluye el territorio de la plataforma continental extendida en el polígono occidental del Golfo de México, que suma 1.057 millones de hectáreas.  
**Fuente:** elaboración con base en datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2017a) y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010).

**Tabla 3.** Número de Áreas Naturales Protegidas (ANP) y cobertura territorial, según región administrativa, 2017

Región administrativa	ANP		Cobertura territorial	
	Número	%	Hectáreas	%
<b>Total</b>	<b>181</b>	<b>100.0</b>	<b>33,053,306</b>	<b>100.0</b>
Península de Yucatán y Caribe Mexicano	25	13.8	8,562,758	25.9
Península de Baja California y Pacífico Norte	17	9.4	8,474,163	25.6
Occidente y Pacífico Centro	28	15.5	3,714,985	11.2
Norte y Sierra Madre Oriental	17	9.4	3,246,339	9.8
Noroeste y Alto Golfo de California	9	5.0	2,398,925	7.3
Planicie Costera y Golfo de México	13	7.2	2,310,190	7.0
Centro y Eje Neovolcánico	36	19.9	1,729,164	5.2
Norte y Sierra Madre Occidental	10	5.5	1,413,237	4.3
Frontera Sur, Istmo y Pacífico Sur	26	14.4	1,203,545	3.6

**Nota:** excluye la ANP «Pacífico mexicano profundo».  
**Fuente:** elaboración con base en datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2017a).

**Tabla 4.** Número de Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales y cobertura territorial, según el número de designaciones con que cuenta las ANP, 2017.

Designaciones	ANP		Cobertura territorial	
	Número	%	Hectáreas	%
<b>Total</b>	<b>181</b>	<b>100.0</b>	<b>33,053,307</b>	<b>100.0</b>
Ninguna	78	43.1	11,601,968	35.1
<b>Subtotal</b>	<b>103</b>	<b>56.9</b>	<b>21,451,338</b>	<b>64.9</b>
1	41	22.7	7,233,247	21.9
2	34	18.8	5,443,941	16.5
3	25	13.8	4,764,456	14.4
4	3	1.7	4,009,694	12.1

**Nota:** excluye la ANP «Pacífico mexicano profundo», que no tiene designación alguna.  
**Fuente:** elaboración con base en datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2017a).

Por su parte, los recursos extrapresupuestarios son las aportaciones que terceros hacen cada año para la administración de las ANP, por ejemplo, organizaciones de la sociedad civil, organismos internacionales, empresas privadas, instituciones académicas (públicas y privadas de todos los niveles de educación), entidades

**Tabla 5.** Número de Áreas Naturales Protegidas (ANP) habitadas y despobladas, y número de habitantes en las ANP, según región administrativa.

Región	Número ANP		Habitantes
	Habitadas	No habitadas	
<b>Total</b>	<b>108</b>	<b>74</b>	<b>1,725,908</b>
Península de Baja California y Pacífico Norte	9	9	55,084
Noroeste y Alto Golfo de California	5	4	10,108
Norte y Sierra Madre Occidental	8	2	17,155
Norte y Sierra Madre Oriental	13	4	42,161
Occidente y Pacífico Centro	12	16	81,387
Centro y Eje Neovolcánico	23	13	606,738
Planicie Costera y Golfo de México	9	4	757,883
Frontera Sur, Istmo y Pacífico Sur	18	8	134,375
Península de Yucatán y Caribe Mexicano	11	14	21,017

**Nota:** Incluye la ANP «Pacífico Mexicano Profundo»  
**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2017a).

de los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) e inclusive las mismas comunidades que habitan en las ANP. Adicionalmente, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) tiene personal contratado que presta sus servicios profesionales a la CONANP, ya sea en oficinas centrales, Direcciones Regionales o directamente en las ANP. Esta es una modalidad de aportaciones de terceros que también recibe la CONANP para la administración de las áreas.

El total de ingresos que recibe la CONANP para la administración de las ANP bajo su jurisdicción son erogados en ese concepto. La CONANP no cuenta con mecanismos ni herramientas jurídicas y/o financieras para reservar («ahorrar») recursos, por ejemplo, fondos y/o fideicomisos; en otros términos, los ingresos son iguales al gasto.

### INGRESOS PRESUPUESTARIOS

#### Por asignación presupuestaria

Para el recuento de los ingresos recibidos por asignación presupuestaria en el PEF se podría

tomar el gasto público devengado por la CONANP reportado en la cuenta pública de hacienda federal. Sin embargo, la CONANP no erogó la totalidad de esos recursos para el manejo de las ANP, pues entre sus atribuciones no sólo figura la administración de las ANP, sino también de otras áreas bajo diferentes modalidades de conservación, por ejemplo, los centros tortugeros y las denominadas Regiones Prioritarias para la Conservación (RPC), entre otras actividades.

En la tabla 6 se detalla el nivel de gasto público devengado por la CONANP según la cuenta pública, así como el gasto que la misma Comisión señala haber ejercido directamente para el manejo de las ANP. Se puede observar que, entre 2013 y 2016, la CONANP ha designado al manejo de las ANP, en promedio, la mitad de su presupuesto (50.5%).

Área de protección de flora y fauna Nevado de Toluca



**Tabla 6.** Gasto total devengado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y gasto devengado en Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales, 2013-2016 (pesos corrientes).

Año	Total <sup>1/</sup> (a)	ANP <sup>2/</sup> (b)	% (b/a)
2013	1,283,160,531	685,885,588	53.45
2014	1,253,601,723	726,378,697	57.94
2015	1,217,580,892	647,525,526	53.18
2016*	1,637,329,557	615,064,899	37.57

1/ Corresponde al gasto devengado por la CONANP reportado en la cuenta pública de hacienda federal.

2/ Corresponde al gasto que la CONANP reportó como erogado directamente en las ANP.

\*/Las cifras del gasto ejercido en las ANP para 2016 son preliminares.

Fuente: elaboración con base en datos de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2013-2016) y de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2016a).

Es importante señalar que el gasto público ejercido en las ANP es el que reportan las Direcciones Regionales con base en registros propios. Las autoridades de nivel central de la Comisión dicen desconocer a cuánto ascienden las erogaciones en las ANP, arguyendo que la presupuestación para cada una de estas áreas se hace discrecionalmente en cada Dirección Regional.

En la tabla 7 se presenta la clasificación económica del gasto público que la CONANP reporta haber ejercido en las ANP. Al respecto, cabe hacer las siguientes anotaciones:

- Poco más de la mitad del gasto total corresponde al capítulo mil «Servicios personales», es decir, al pago de las remuneraciones del personal (permanente y eventual) que presta sus servicios en las ANP (se excluyen servicios personales de las oficinas centrales de la CONANP).
- En importancia, le sigue el gasto correspondiente al capítulo cuatro mil «Transferencias, asignaciones, subsidios y otras ayudas», es decir, las asignaciones que se destinan a terceros (beneficiarios) para el sostenimiento y desempeño de sus actividades (en su mayoría, en forma de subsidios).
- En los últimos años prácticamente no se han destinado recursos para equipamiento ni para inversión en las ANP.

En el monto que la CONANP reconoce haber ejercido en las ANP se incluyen recursos que otras dependencias federales aportan para

gasto social a través de diferentes programas presupuestarios. Es decir, existe una proporción desconocida de gasto en el capítulo cuatro mil que no está bajo el control de la CONANP, sino de otras dependencias del gobierno federal, y cuya disponibilidad año con año es incierta.

Finalmente, en cuanto al gasto social ejercido a través de programas de subsidio del capítulo cuatro mil, en el portal web del gobierno federal se puede leer<sup>2/</sup>:

**Durante el año 2016 en conjunto ejercieron un total de \$1,017.41 millones de pesos en proyectos y apoyos dirigidos a los habitantes de las localidades asentadas en los municipios que conforman las Áreas Naturales Protegidas y otras Regiones Prioritarias para la Conservación establecidos en la normatividad de cada programa. El número de beneficiarios fue alrededor de 68 mil personas de manera directa, que habitan en las áreas naturales protegidas y otras regiones prioritarias para la conservación y 243 Personas Morales (Instituciones Académicas y de Investigación, Organizaciones de la Sociedad Civil y Permisionarios).**

Ello implica que la APF de México logró impactar, de manera directa, a únicamente el 3.9% del total de habitantes en las ANP (sin contar a los habitantes de las RPC). Desde esta

**Tabla 7.** Clasificación económica del gasto ejercido por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) en las Áreas Naturales Protegidas (ANP), 2013-2016 (miles de pesos corrientes).

Capítulo de gasto	2013		2014		2015		2016*	
	Monto	%	Monto	%	Monto	%	Monto	%
<b>Total</b>	<b>685,885.6</b>	<b>100.0</b>	<b>726,378.7</b>	<b>100.0</b>	<b>647,525.5</b>	<b>100.0</b>	<b>615,064.9</b>	<b>100.0</b>
1000 Servicios personales	261,900.9	38.2	254,335.7	35.0	266,798.2	41.2	143,868.0	23.4
2000 Materiales y suministros	22,125.7	3.2	20,647.9	2.8	19,850.9	3.1	12,761.9	2.1
3000 Servicios generales	64,772.2	9.4	59,609.5	8.2	57,607.4	8.9	44,039.3	7.2
4000 Transferencias, asignaciones, subsidios y otras ayudas	337,054.9	49.1	389,566.5	53.6	303,190.5	46.8	414,395.7	67.4
5000 Mobiliario y equipo educativo y recreativo	31.9	0.0	29.9	0.0	78.5	0.0	0.0	0.0
6000 Inversión pública	0	0.0	2,189.3	0.3	0	0.0	0	0.0

\*/ Las cifras del gasto ejercido para 2016 son preliminares.

Fuente: elaboración con base en datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2016a).

2. <https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/programas-de-subsidio>

perspectiva, resulta cuestionable la acción de la federación en lo que toca a los resultados de la instrumentación de programas de subsidio orientados al desarrollo social en las ANP. Es necesaria una evaluación objetiva del impacto de estos programas.

● **Ingresos propios La CONANP**

La CONANP estima que las ANP reciben anualmente a 2.4 millones de visitantes, siendo las más frecuentadas aquellas que se ubican en la región «Península de Yucatán y Caribe mexicano», con 1.1 millones de visitantes cada año. De hecho, únicamente la ANP «Costa occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc» recibe poco más de cuatrocientos mil visitantes. La Ley Federal de Derechos prevé un esquema diferenciado de cuotas de acceso a las ANP, siendo la más baja igual a 26.99 pesos por persona al día. Asumiendo que esta cuota mínima fuera efectivamente aplicada a todos los visitantes de las ANP, la recaudación por este concepto ascendería a 65 millones de pesos al año, equivalente al actual gasto ejercido en el capítulo tres mil «Servicios Generales». En la práctica, la recaudación de las cuotas se entrega a la Tesorería de la Federación (TESOFE), y ésta debería reintegrarlas a la CONANP, según lo dispuesto en la ley antes citada, sin embargo, esto no ocurre y los recursos se aplican para otros fines. Se desconoce el destino de los recursos recabados en las ANP federales (cobro de derechos), por lo que resulta indispensable que la APF dé a conocer a la ciudadanía cómo y en qué se han erogado esos recursos que, por ley, debieran destinarse a la conservación de nuestro patrimonio biológico, y que en últimos años no ha recibido recursos para inversión.

◆ **INGRESOS EXTRAPRESUPUESTARIOS**  
● **Ingresos por aportaciones de recursos financieros**

Para 2016, la CONANP reporta haber ingresado poco más de 289.3 millones de pesos (mdp) de aportaciones extrapresupuestarias para la administración de las ANP, equivalente al 38.5% del total de ingresos presupuestarios (fiscales) de la Comisión destinados al mismo efecto. Dichas aportaciones provienen de 401 diferentes organizaciones.

Como se muestra en la tabla 8, las mayores contribuciones se recibieron de instituciones de la APF, seguidas de aquellas provenientes de la sociedad civil: aunadas, participan con 181.8 mdp, que re-

LA CONANP ESTIMA QUE LAS ANP RECIBEN ANUALMENTE A

2.4 millones

DE VISITANTES, SIENDO LAS MÁS FRECUENTADAS AQUELLAS QUE SE UBICAN EN LA REGIÓN «PENÍNSULA DE YUCATÁN Y CARIBE MEXICANO».

presentan el 62.8% del total de los ingresos extrapresupuestarios. En el extremo opuesto se ubican los ejidos y comunidades, cuyas aportaciones representan menos de un punto porcentual del total de ingresos extrapresupuestarios.

De conformidad con los registros de las direcciones regionales, el 93.1% de estos recursos fueron aplicados en únicamente 89 de las 181 ANP (excluyendo «Pacífico mexicano profundo»), que representan el 49.2% de la superficie total protegida. El restante 6.9% de los ingresos presupuestarios fueron erogados discrecionalmente por las Direcciones Regionales, sin que exista una bitácora de las ANP a las que fueron destinados esos recursos.

De hecho, tres Direcciones Regionales afirman no haber ejercido directamente recursos provenientes de ingresos extrapresupuestarios, lo cual no es creíble y además sería muy grave, pues implica que, en conjunto, dieciocho ANP

Parque Nacional Arrecifes de Cozumel



Tipo de institución	Ingresos		Instituciones	
	Monto	%	Número	%
Total	289,334,870	100.0	401	100.0
Administración pública federal	100,846,493	34.9	55	13.7
Organizaciones de la sociedad civil	80,973,659	28.0	89	22.2
Gobierno estatal	47,495,591	16.4	29	7.2
Cooperación internacional	34,100,100	11.8	24	6.0
Academia	15,428,426	5.3	82	20.4
Sector privado	7,237,000	2.5	38	9.5
Gobierno municipal	2,721,501	0.9	55	13.7
Ejido o comunidad	532,100	0.2	29	7.2

**Tabla 8.** Ingresos extrapresupuestarios recabados para el manejo de las Áreas Naturales Protegidas federales, por tipo de institución aportante, 2016 (pesos corrientes).

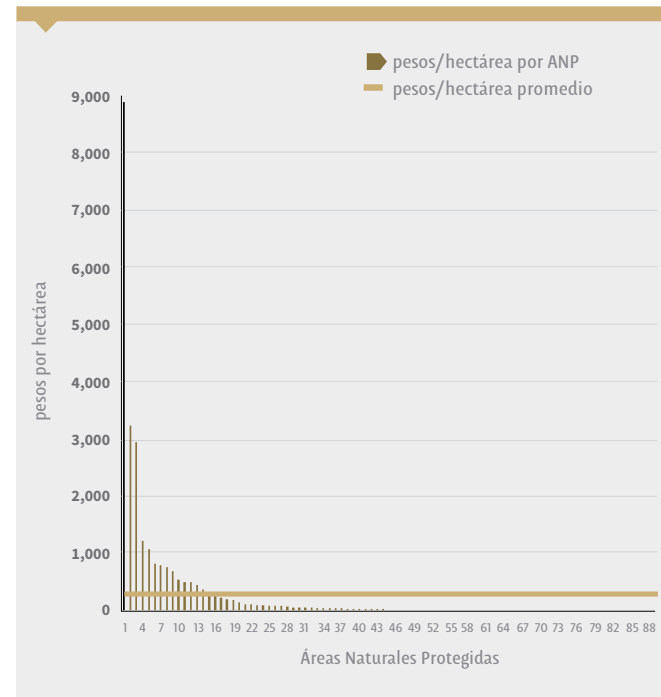
**Fuente:** elaboración con base en datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2016b).

no recibieron recursos provenientes de estas aportaciones. Entonces, se tiene que para 89 ANP federales se erogaron en promedio \$289 pesos por hectárea, provenientes de ingresos extrapresupuestarios, sin embargo, únicamente quince ANP se ubican por encima de este promedio (figura 2). En otros términos, el ejercicio de los recursos extrapresupuestarios se concentra en unas cuantas ANP.

Lo anterior, se puede explicar, primordialmente por la interacción de dos factores:

1. Los donantes hacen sus aportaciones en función directa a sus propios intereses (agenda), que no necesariamente coinciden con las prioridades de la CONANP. Por ejemplo, la ANP «Isla Guadalupe» recibió en 2016 poco más de 25.8 mdp por parte de la Asociación Civil «Grupo de ecología y conservación de islas», con sede en Ensenada, Baja California.
2. No existen mecanismos de planeación adecuados para la asignación eficiente de los recursos provenientes por ingresos extrapresupuestarios.

**Figura 2.** Ingresos extrapresupuestarios por hectárea para 89 Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales, 2016 (pesos corrientes por hectárea).



**Fuente:** elaboración con base en datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2016b, 2017a).

● **Ingresos por servicios profesionales**

Excluyendo el personal que presta sus servicios en las oficinas centrales, para 2016 el PNUD tenía 170 personas contratadas prestando sus servicios en las Direcciones Regionales y directamente en las ANP bajo la jurisdicción de la federación (en adelante «Personal PNUD»). En términos monetarios, representa una aportación del PNUD a la CONANP de aproximadamente 37.8 mdp durante ese año.

◆ **INGRESOS TOTALES**

Como se muestra en la tabla 9, en 2016 se ingresó un total de 942.2 mdp para la administración de las ANP bajo jurisdicción de la federación, de los cuales, el 65.3% corresponde a ingresos presupuestarios y el restante 34.7% a ingresos extrapresupuestarios.

Del total de ingresos recibidos por la CONANP hay conceptos que tienen un elevado componente de incertidumbre en cuanto a su disponibilidad año con año:

1. Transferencias, asignaciones, subsidios y otras ayudas (capítulo cuatro mil) provenientes de dependencias de la APF distintas a la CONANP.
2. Ingresos extrapresupuestarios.

Como se observa en la figura 3, el monto de dichos ingresos asciende a 741.5 mdp, que representan un 78.7% del total de ingresos que la CONANP destina a la administración de las ANP bajo su jurisdicción.

◆ **GASTO EN LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS BAJO LA JURISDICCIÓN DE LA FEDERACIÓN**

En 2016 se erogaron 942.2 mdp para la administración de 182 ANP bajo jurisdicción federal. Como se muestra en la tabla 10, este nivel de gasto es equivalente al 0.03% del gasto progra-

mable del sector público presupuestario y al 4.25% del gasto en la función de protección ambiental, según datos de la cuenta pública 2016.

Sin duda, es indispensable sensibilizar a las autoridades hacendarias respecto de la relevancia que tienen las ANP para el desarrollo nacional: se trata de capital natural que requiere de la preservación de su acervo de biodiversidad para proveer y proteger los servicios que estas áreas proveen para sustentar el desarrollo nacional sostenible y el bienestar de la población.

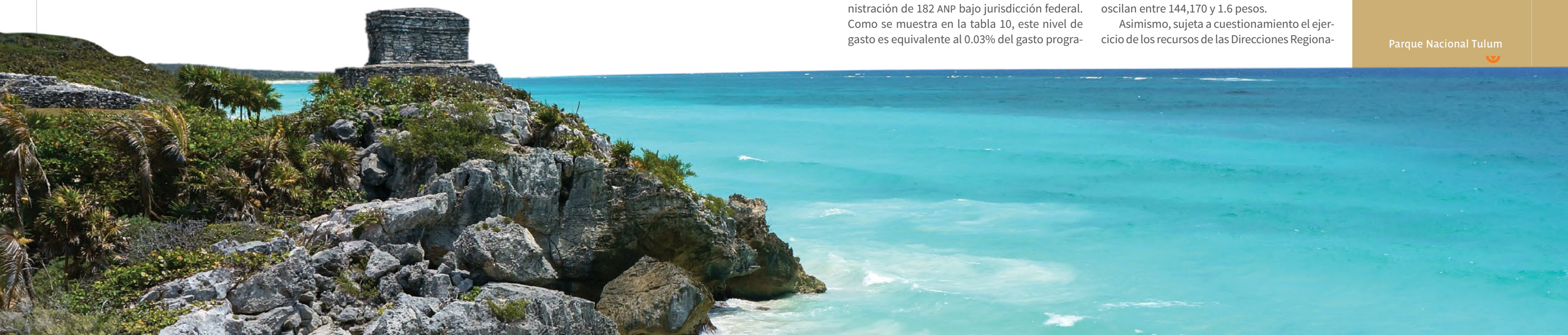
Los altos funcionarios de la CONANP y SEMARNAT tienen como gran reto revelar y demostrar a las autoridades responsables de los procesos presupuestarios del gasto público federal, no sólo la importancia, sino también la rentabilidad de invertir recursos en el adecuado manejo de las ANP federales.

◆ **GASTO TOTAL POR ÁREA NATURAL PROTEGIDA**

Para un total de 35 ANP no se tiene registro alguno de haber ejercido recursos directamente en ellas. Sin embargo, no es posible concluir que estas áreas no han recibido atención alguna, pues es muy probable que las Direcciones Regionales las administren con los recursos asignados a estas oficinas; lamentablemente, no se lleva una bitácora respecto del gasto ejercido en estas áreas.

Se estima que el gasto anual promedio por hectárea en estas ANP sumó 10.4 pesos en 2016, excluyendo la ANP «Pacífico mexicano profundo». Sin embargo, como se puede apreciar en la tabla 11, el gasto anual de las Direcciones Regionales por hectárea de ANP que no tienen asignado gasto ejercido directamente en ellas tiene una considerable dispersión: los valores oscilan entre 144,170 y 1.6 pesos.

Asimismo, sujeta a cuestionamiento el ejercicio de los recursos de las Direcciones Regiona-



Concepto	Monto	%
<b>Total (A + B)</b>	<b>942,203,727</b>	<b>100.0</b>
<b>A. Ingresos presupuestarios*</b>	<b>615,064,899</b>	<b>65.3</b>
<b>Por asignación presupuestaria</b>	<b>615,064,899</b>	<b>65.3</b>
Servicios personales	143,867,978	15.3
Materiales y suministros	12,761,921	1.4
Servicios generales	44,039,306	4.7
Transferencias, asignaciones, subsidios y otras ayudas	414,395,695	44.0
<b>Ingresos propios</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>
<b>B. Ingresos extrapresupuestarios</b>	<b>327,138,828</b>	<b>34.7</b>
<b>Aportaciones financieras</b>	<b>289,334,870</b>	<b>30.7</b>
Administración pública federal	100,846,493	10.7
Organizaciones de la sociedad civil	80,973,659	8.6
Gobierno estatal	47,495,591	5.0
Cooperación internacional	34,100,100	3.6
Academia	15,428,426	1.6
Sector privado	7,237,000	0.8
Gobierno municipal	2,721,501	0.3
Ejido o comunidad	532,100	0.1
<b>Aportaciones personal PNUD</b>	<b>37,803,958</b>	<b>4.0</b>

**Tabla 9.** Total de ingresos destinados a la administración de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales, 2016 (pesos corrientes).

\* / Cifras preliminares. Personal PNUD: se refiere al personal contratado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) que presta sus servicios en las direcciones regionales y/o directamente en las Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales. Fuente: elaboración con base en datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2016a) y de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2016b).

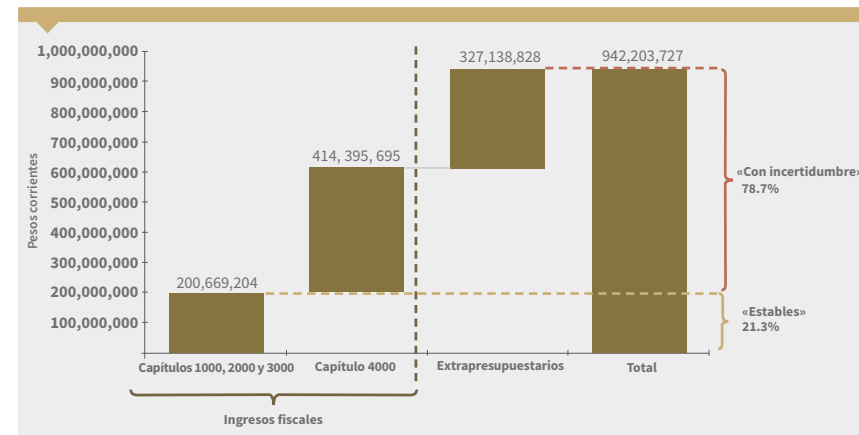
les en que todas las ANP tienen registro de gasto ejercida en ellas. En otros términos, ¿cómo y en qué se ejercieron recursos asignados directamente a las oficinas de las Direcciones Regionales «Noreste y alto golfo de California», «Norte y Sierra Madre Oriental» y «Planicie costera y Golfo de México».

Para las restantes 147 ANP, el gasto promedio anual por hectárea asciende a 1,409.4 pesos. Sin embargo, en la mitad de estas ANP se ejerció un monto igual o menor a 111.3 pesos por hectárea (mediana de gasto anual por hectárea); únicamente en 20 ANP se registró un gasto anual por hectárea superior a la media nacional, alcanzado un nivel máximo de 29,523.7 pesos por hectárea en la ANP «Playa de Rancho Nuevo» (figura 4).

En otros términos, una importante proporción de los recursos ejercidos se concentra en un número limitado de ANP. Esta dinámica se puede explicar, primordialmente, por la interacción de tres factores:

1. Un componente importante del gasto total es el que proviene del gasto social (subsidios ejercidos a través del capítulo cuatro mil de gasto). Las entidades gubernamentales ejercen este gasto en función de sus prioridades, que no son coincidentes con las de la CONANP.
2. Otro componente del gasto que no necesariamente coincide con las prioridades

**Figura 3.** Total de ingresos destinados a la administración de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales, según su disponibilidad anual, 2016 (pesos corrientes).



Fuente: elaboración con base en datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2016a, 2016b, 2017a, 2017b).

**Tabla 10.** Gasto total en Áreas Naturales Protegidas (ANP) como porcentaje de gastos presupuestarios en rubros seleccionados, 2016. (Millones de pesos corrientes).

Gasto ejercido	Monto	Gasto en ANP como %	
		Gasto total <sup>1/</sup>	Gasto fiscal <sup>2/</sup>
Gasto programable	4,190,237.6	0.022	0.015
Gasto Poder Ejecutivo	3,021,593.9	0.031	0.020
Gasto en educación	684,156.7	0.138	0.090
Gasto en salud	515,678.6	0.183	0.119
Gasto en protección ambiental	25,380.8	3.712	2.423

1/ Se refiere al gasto financiado por ingresos presupuestarios (fiscales) y extrapresupuestarios.

2/ Se refiere al gasto financiado únicamente por ingresos presupuestarios.

Fuente: elaboración con base en datos de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2017) y de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2016a, 2016b, 2017a, 2017b).

**Tabla 11.** Número de Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales sin registro de haber ejercido recursos en ellas, su cobertura territorial y estimación de gasto anual por hectárea, 2016 (montos en pesos corrientes).

Dirección regional (DR)	Núm. ANP	Hectáreas	Gasto total DR	Gasto/Hectárea
Total	34	6,833,730	71,139,953	10.4
Península de Baja California y Pacífico Norte	1	145,565	11,964,577	82.2
Norte y Sierra Madre Oriental	4	199,378	6,835,791	34.3
Occidente y Pacífico Centro	13	664,127	4,261,908	6.4
Centro y Eje Neovolcánico	10	31,527	25,162,421	798.1
Frontera Sur, Istmo y Pacífico Sur	1	93	13,357,525	144,170.9
Península de Yucatán y Caribe Mexicano	5	5,793,041	9,557,730	1.6

Fuente: elaboración con base en datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2016a, 2016b, 2017a, 2017b).

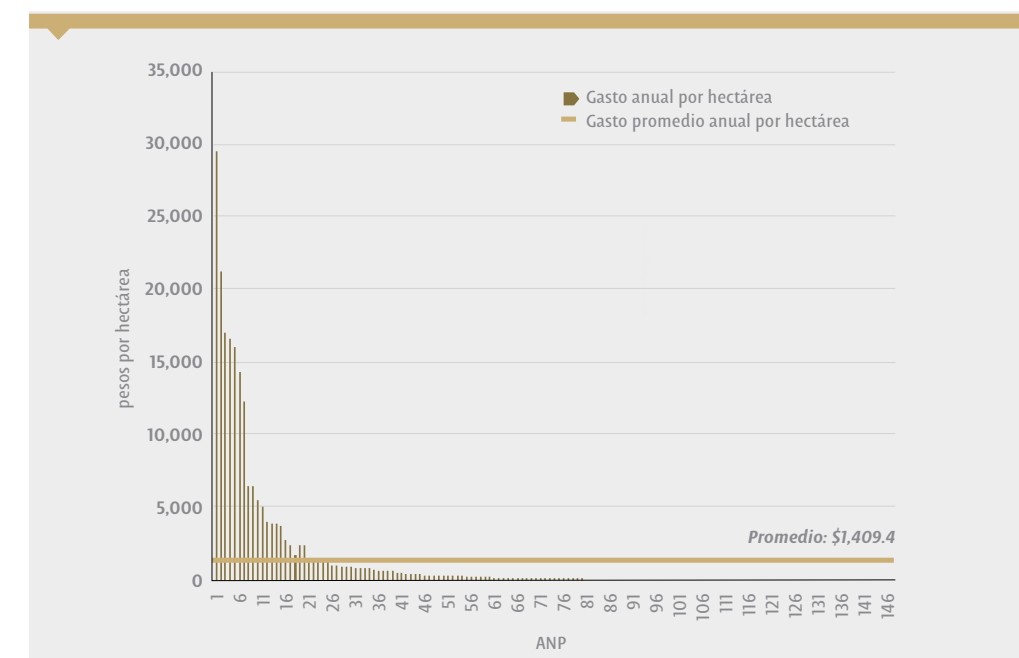
de la comisión son las aportaciones que hacen los diversos donantes (ingresos extrapresupuestarios).

3. No existen mecanismos de planeación y presupuestación adecuados para la asignación eficiente de los recursos.

¿Cuál de estos tres factores tiene mayor impacto en la asignación de gasto entre ANP? Se esperaría que al eliminar los recursos provenientes de subsidios (capítulo cuatro mil) y de donantes (ingresos extrapresupuestarios más personal PNUD), se tuviera una distribución del gasto por hectárea más homogénea. Dicho de otra forma, se supondría que el gasto bajo el

¿CÓMO Y EN QUÉ SE EJERCIERON RECURSOS ASIGNADOS DIRECTAMENTE A LAS OFICINAS DE LAS DIRECCIONES REGIONALES «NORESTE Y ALTO GOLFO DE CALIFORNIA», «NORTE Y SIERRA MADRE ORIENTAL» Y «PLANICIE COSTERA Y GOLFO DE MÉXICO»?

**Figura 4.** Gasto anual por hectárea para 147 Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales, 2016 (pesos corrientes).



Fuente: elaboración con base en datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2016a, 2016b, 2017a, 2017b).



control de la CONANP (capítulos mil, dos mil y tres mil) observe una menor concentración en ANP específicas.

Sin embargo, en promedio, en 2016 se gastaron 501.4 pesos de los capítulos mil, dos mil y tres mil por hectárea, empero, en la mitad de las ANP se ejerció un monto igual o menor a 20 pesos por hectárea (mediana de gasto anual por hectárea). Nótese que el número de ANP para las que existe registro de haber erogado en ellas recursos de los capítulos mil, dos mil y tres mil se reduce a 136.

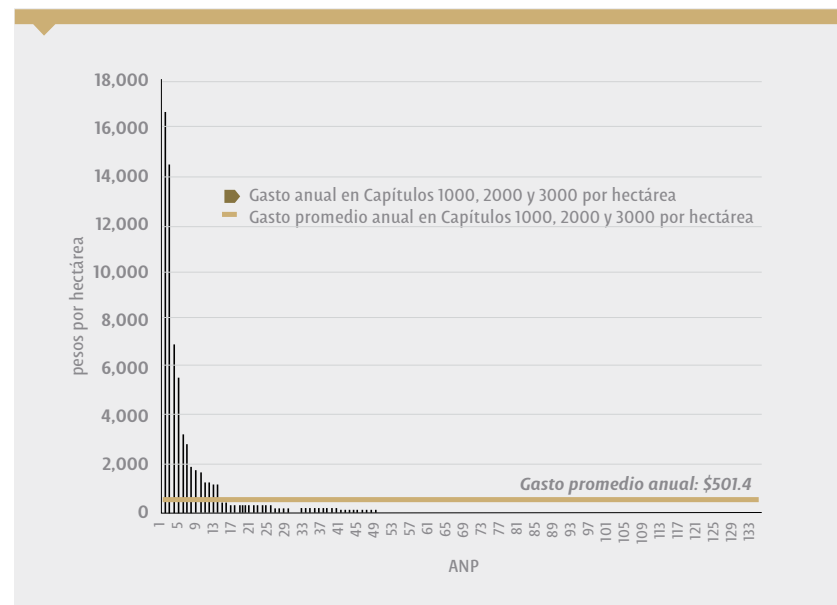
En la figura 5 es posible apreciar que el gasto anual en los capítulos mil, dos mil y tres mil por hectárea se concentra en unas pocas ANP. El valor máximo suma 16,632 pesos por hectárea en la ANP «Molino de Flores Netzahualcóyotl», y el valor mínimo apenas alcanza 0.05 pesos por hectárea en la ANP «Sierra de Tamaulipas». La dispersión en este nivel de gasto entre ANP es notoriamente elevado.

Esta dinámica pudiera explicarse porque aquellas ANP con mayor superficie protegida requieren de menos recursos por hectárea para su manejo, puesto que existen economías de escala. Sin embargo, como se puede apreciar en la figura 6, no se encontró correlación alguna entre el nivel de gasto anual en los capítulos mil, dos mil y tres mil por hectárea y el tamaño de la superficie protegida.

Otro factor que pudiera explicar la concentración de recursos en particulares ANP, es que estas últimas pertenezcan al SINAP o cuenten con alguna(s) designación(es) internacional(es), por lo que ameritan una prioridad destacada en la asignación del gasto. Sin embargo, como se desprende de la figura 7, no se encontró correlación alguna entre el nivel de gasto anual en los capítulos mil, dos mil y tres mil por hectárea y el número de designaciones de las ANP. Por el contrario, las ANP que no pertenecen al SINAP y que tampoco tienen designaciones internacionales son las que concentran el mayor nivel de este gasto; en tanto que las ANP que sí pertenecen al SINAP y además tienen tres designaciones internacionales, registran un gasto por hectárea inferior a los 5 pesos.

En suma, no es posible encontrar algún criterio que justifique la asignación de gasto por hectárea bajo control de la CONANP. Pareciera que esta designación es más bien arbitraria. Se requiere, con urgencia, de procesos y criterios claramente establecidos para la determinación de prioridades en la asignación del gasto para el manejo adecuado de las ANP bajo jurisdicción de la federación. Asimismo, es apremiante el uso de metodologías y herramientas para

**Figura 5.** Gasto anual en los capítulos mil, dos mil y tres mil por hectárea para 136 Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales, 2016 (pesos corrientes).



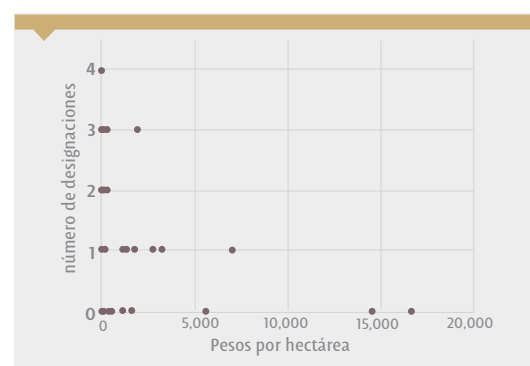
Fuente: elaboración con base en datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2016a, 2017a).

**Figura 6.** Correlación entre el gasto anual en los capítulos mil, dos mil y tres mil por hectárea y hectáreas protegidas para 136 Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales, 2016 (pesos corrientes).



Fuente: elaboración con base en datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2016a, 2017a).

**Figura 7.** Correlación entre el gasto anual en los capítulos mil, dos mil y tres mil por hectárea y número de designaciones nacionales y/o internacionales para 136 Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales, 2016 (pesos corrientes).



Fuente: elaboración con base en datos de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2016a, 2017a).

el ejercicio, control, monitoreo y evaluación del gasto público ejercido en estas áreas.

### CONCLUSIONES

Se detectaron tres vacíos importantes en la asignación, control, monitoreo y evaluación del gasto ejercido en las ANP federales:

1. No se cuenta con procesos claramente definidos que permitan hacer la asignación de gasto más eficiente posible entre las ANP y con base en las prioridades de la CONANP.
2. No hay instrumentos apropiados de intercambio de información entre las Direcciones Regionales y las oficinas centrales de la CONANP.
3. No hay mecanismos para el control, monitoreo, evaluación y rendición de cuentas respecto del gasto ejercido en las ANP.

Creemos que el desarrollo e implementación de herramientas informáticas adecuadas permitiría a la CONANP recabar, procesar, compartir y resguardar la información relativa a la asignación, control, monitoreo, evaluación y rendición de cuentas del gasto ejercido en las ANP.

Por otra parte, los retos que se enfrentan en materia de recaudación, ejercicio y control de ingresos extraordinarios son, sin duda, mayores:

1. No sólo se requiere aumentar el monto de ingresos extrapresupuestarios (obtener recursos adicionales de quienes ya «tradicionalmente» hacen aportaciones), sino también, se debe aumentar el número de donantes (buscar fuentes de financiamiento adicionales, particularmente para la administración de las ANP que hoy se benefician poco o nada de las actuales donaciones).
2. Se deben instrumentar mecanismos e implementar el uso de herramientas que apoyen a todo el personal de la CONANP, en todos sus niveles, orientados al logro de una planeación y presupuestación más eficiente y transparente del gasto, alineándose con los intereses propios de los donantes.

En suma, la actual administración de las ANP federales en México es reflejo de la ausencia de métodos adecuados de planeación-programación-presupuestación de ingresos y gastos. Este vacío, a su vez, genera otro mayor en materia de ejercicio-control-monitoreo-evaluación y rendición de cuentas de los recursos ejercidos.

### REFERENCIAS

Bovarnick, A., Fernández-Baca, J., Galindo, J. y Negret, H. (2010). *Sostenibilidad financiera de las áreas protegidas en América Latina y el Caribe: Guía para la política de inversión*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y The Nature Conservancy (TNC).

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2016a). *FinapMex Histórico*.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2016b). *Reporte Instituciones Externas POA*. México: No publicado.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2017a). *Áreas Naturales Protegidas*. México: No publicado.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2017b). *Personal PNUD Oficinas Centrales y Regionales*. México: no publicado.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2016). *Áreas naturales protegidas federales, estatales, municipales, ejidales, privadas y certificadas de la República Mexicana. 2016*; escala: 1:1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Recuperado de [http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/loc/anpmex16gw.xml?\\_httpcache=yes&\\_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc\\_html.xsl&\\_indent=no](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/loc/anpmex16gw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). *Cuéntame - Territorio. Cuéntame*. Recuperado de <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/extension/default.aspx?tema=T>

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (2013-2016). *Cuenta pública de la Hacienda Federal. Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)*. Recuperado de <http://cuentapublica.hacienda.gob.mx/>

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (2017). *Cuenta Pública 2016*. México: Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). Recuperado de <http://cuentapublica.hacienda.gob.mx/es/CP/Tomol-2016>



**Ixchel Beristáin Mendoza**

Es licenciada en Economía, maestra en Administración de Empresas y maestra en Administración de Tecnologías de Información con especialidad en Sistemas de Información, por la UDLAP, y maestra en Economía Aplicada por la Universidad de Cardiff (Gran Bretaña). También es socia fundadora de Consultores Beristáin y de Velarca Consultores.  
[ixchel.beristainma@udlap.mx](mailto:ixchel.beristainma@udlap.mx)



Diagnosis of water in Mexico and water security

# DIAGNÓSTICO DEL AGUA

en México y seguridad hídrica

Por:  Oscar Daniel Máñez Navarro · Martha Alicia Gómez Gallegos · Anaid Bautista Guerrero



## RESUMEN

La garantía de disponer del recurso hídrico necesario hoy y en el futuro se ve comprometida. Esta revisión presenta datos estadísticos acerca de la situación actual del recurso hídrico en México, específicamente la distribución hidrológica, calidad y disponibilidad. Conforme a las tendencias de uso y calidad de agua, México no contará con seguridad hídrica en años futuros. Se presenta la aplicación de índices en seguridad hídrica para tener una perspectiva de la sustentabilidad del agua en los próximos años. De acuerdo a los valores obtenidos de los índices, hay regiones en México que ya se encuentran en escasez de agua, en especial la región del Valle de México, requiriendo atención inmediata.

## PALABRAS CLAVE

Seguridad hídrica en México · Hidrología · Uso de agua · Calidad de agua · Índices de seguridad hídrica



Máñez Navarro O. D., Gómez Gallegos M. A. y Bautista Guerrero A. (2018). Diagnóstico del agua en México y seguridad hídrica. *Entorno UDLAP*, 6.  
 **Recibido:** 24 de octubre de 2017 ·  **Aceptado:** 23 de diciembre de 2017

◆◆ **ABSTRACT**

The guarantee of having available water resource today and in the future is compromised. This review shows statistical data about the current water resource situation in Mexico, specifically hydrological distribution, water quality and availability. Under the actual trends in water use and quality, Mexico will not have water security in future years. The application of water security indexes is presented to get a perspective in the sustainability of water resource in a near future. According to the obtained values of the indexes, some regions in Mexico already have water scarcity, especially in Mexico Valley, which need immediate attention.

◆◆ **KEY WORDS**

**Water security in Mexico · Hydrology · Water usage · Water quality · Water security indexes**

◆◆ **INTRODUCCIÓN**

El manejo del agua es un tema que debe ser prioritario para la nación y debe entenderse que se asocia con la sustentabilidad ambiental y económica y la estabilidad social. En el aspecto socioambiental, el agua es insustituible e indispensable para la vida, sustenta a los ecosistemas y la biodiversidad y económicamente se maneja como factor de producción activo financiero (Olmeda-Pascual, 2006). Así, gestionar el agua de manera correcta implica ver por el bienestar humano y hoy en día no se puede minimizar su importancia (Martínez-Austria P. F., 2013).

Con el crecimiento acelerado de la población se va requiriendo una mayor demanda de recursos. De acuerdo con la encuesta intercensal realizada por INEGI (2015), México cuenta con 121.01 millones de habitantes. Esto representa una demanda alta de alimentos y energía, así como de agua, afectando a la seguridad hídrica.

La seguridad hídrica se define como la garantía del abastecimiento de agua de manera sustentable en todos sus usos, así como proteger a la población, el desarrollo económico y la producción de alimentos ante fenómenos hidrometeorológicos extremos (Martínez-Austria P. F., 2013; Grey y Sadoff, 2007).

En México, la seguridad hídrica está siendo comprometida por diferentes factores: en primer lugar, el aumento en el número de habitantes y su concentración en zonas urbanas implica una mayor demanda de agua, energía y alimentos, que como resultado genera contaminación en mayor grado a las fuentes de abastecimiento de agua; en segundo, la hidrología mexicana es compleja al tener un 70% de territorio árido con poca lluvia, con el resto siendo vulnerable a inundaciones por exceso de precipitación (Martínez-Austria P. F., 2013). Finalmente, las instituciones de gestión hídrica no cuentan con los recursos económicos necesarios y/o existen deficiencias en las decisiones políticas y administrativas (Blásquez-Jácome, 2013).

Esta revisión muestra la situación actual del recurso hídrico en México tomando en cuenta su disponibilidad y distribución, así como la

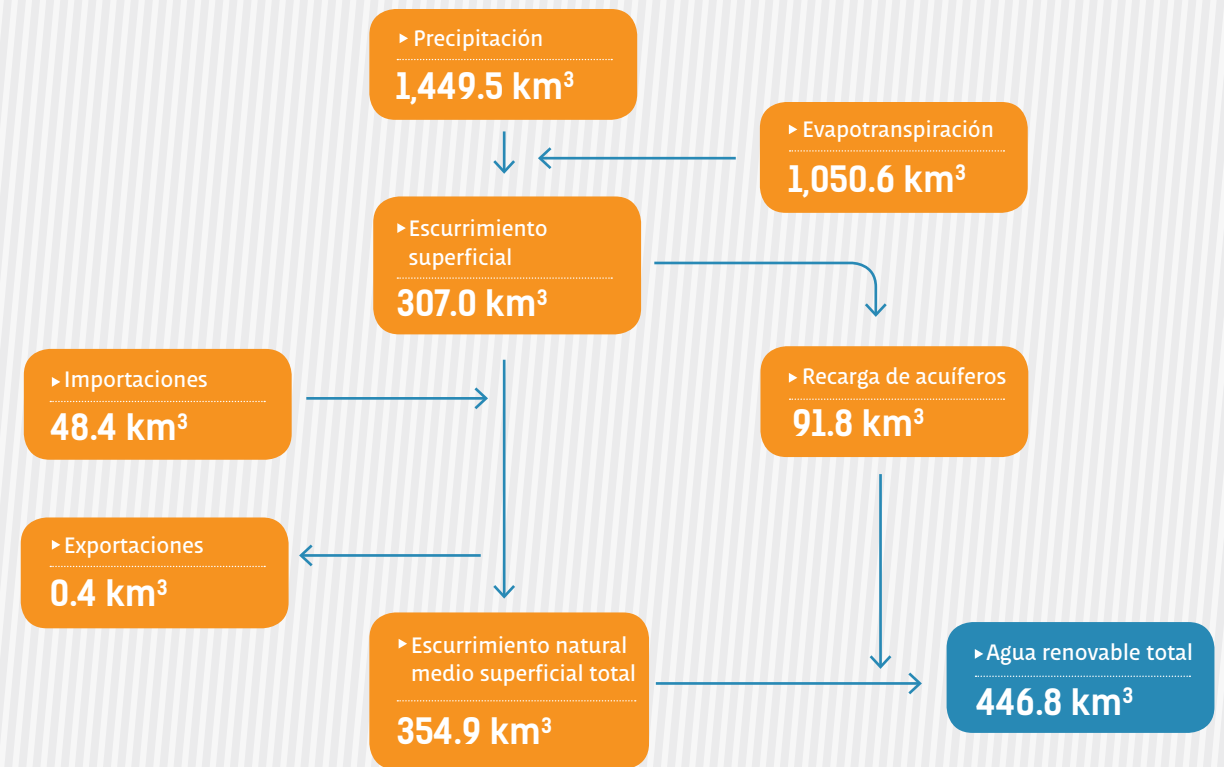


Figura 1. Balance hídrico en México en el 2015. Elaborado con información de CONAGUA (2016b).

aplicación de índices de seguridad hídrica, utilizando los datos más recientes en la materia.

◆◆ **HIDROLOGÍA EN MÉXICO**

La seguridad hídrica se vincula con la hidrología del país y la disponibilidad del agua, la cual es volumen de agua utilizable que depende de un balance hídrico entre la disponibilidad natural y el consumo (CONAGUA, 2016b). El balance involucra al agua proveniente de precipitaciones, subterránea y superficial, sin embargo, existe una variabilidad en dicho balance debido a que la demanda es cada vez mayor y la disponibilidad no siempre es la misma. De acuerdo con el Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA), México es clasificado como un país con baja disponibilidad de agua. Cabe resaltar que el 52.0% de la población mexicana cuenta con una disponibilidad menor a 1,700 m³/año por habitante (Blanco Sandoval, 2017).

La cantidad disponible se calcula de acuerdo con el ciclo hidrológico y toma en cuenta las entradas y salidas con otros países. Aproximadamente 1,449.5 km³ de agua llegan en forma de precipitación, de los cuales 1,050.6 km³ se evapotranspiran y regresan a la atmósfera, 307.0 km³ fluyen por los ríos, y 91.8 km³

recargarán los acuíferos al infiltrarse por el suelo (CONAGUA, 2016b). Referente a la cantidad que fluye en ríos, se incluye el volumen entrante de los países vecinos (48.4 km³) y el volumen que México debe entregar a otros países (0.4 km³) (CONAGUA, 2016b). Por otra parte, las aguas subterráneas pueden ser aprovechadas al funcionar como red de distribución o cuerpos de almacenamiento, que además mantienen su calidad al ser filtrada por el suelo (CONAGUA, 2016b).

Con estas consideraciones, el volumen de agua renovable para nuestro país es de 446.78 km³, como lo muestra la figura 1.

Para la administración y preservación de las aguas nacionales, a partir de 1997 la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) divide el país en trece regiones hidrológico-administrativas (RHA). La figura 2 muestra la división de las RHA y sus características principales se presentan en la tabla 1. Las fronteras de estas RHA respetan la división política municipal para facilitar la integración de la información económica, social y ambiental (CONAGUA, 2016b).

Se debe considerar que la precipitación no es constante en todo el país, ni durante todo el año. En la región norte (RHA I, II, III, VI y VII) la



**MÉXICO ES CLASIFICADO COMO UN PAÍS CON BAJA DISPONIBILIDAD DE AGUA. CABE RESALTAR QUE EL 52.0% DE LA POBLACIÓN MEXICANA CUENTA CON UNA DISPONIBILIDAD MENOR A 1,700 M³/AÑO POR HABITANTE**

**La seguridad hídrica está siendo comprometida por diferentes factores:**

1



El aumento en el número de habitantes y su concentración en zonas urbanas implica una mayor demanda de agua.

2



La hidrología mexicana es compleja al tener un 70% de territorio árido con poca lluvia, con el resto siendo vulnerable a inundaciones por exceso de precipitación.

3



Las instituciones de gestión hídrica no cuentan con los recursos económicos necesarios y/o existen deficiencias en las decisiones políticas y administrativas.

RHA		Superficie terrestre (km <sup>2</sup> )	Escurrimiento natural medio superficial total (hm <sup>3</sup> /año)	(%)	Recarga media de acuíferos (hm <sup>3</sup> /año)	(%)	Agua renovable 2015 (hm <sup>3</sup> /año)
I	Península de Baja California	154 279	3 300	66.56%	1 658	33.44%	4 958
II	Noroeste	196 326	5 066	61.24%	3 207	38.76%	8 273
III	Pacífico Norte	152 007	22 519	87.99%	3 076	12.01%	25 596
IV	Balsas	116 439	16 805	77.53%	4 873	22.47%	21 678
V	Pacífico Sur	82 775	28 629	93.67%	1 936	6.33%	30 565
VI	Río Bravo	390 440	6 416	51.96%	5 935	48.04%	12 352
VII	Cuencas Centrales del Norte	187 621	5 529	69.95%	2 376	30.05%	7 905
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	192 722	25 423	72.48%	9 656	27.52%	35 080
IX	Golfo Norte	127 064	24 016	85.40%	4 108	14.60%	28 124
X	Golfo Centro	102 354	90 424	95.17%	4 599	4.83%	95 022
XI	Frontera Sur	99 094	121 742	84.28%	22 718	15.72%	144 459
XII	Península de Yucatán	139 897	4 008	13.67%	25 316	86.33%	29 324
XIII	Aguas del Valle de México	18 229	1 112	32.31%	2 330	67.69%	3 442
<b>Nacional</b>		<b>1 959 248</b>	<b>354 990</b>	<b>79.45%</b>	<b>91 788</b>	<b>20.54%</b>	<b>446 777</b>

Tabla 1. Información principal de las regiones hidrológico-administrativa (CONAGUA, 2016a).

lluvia es muy escasa debido a sus condiciones de aire seco, el cual evita la precipitación pluvial, a diferencia del sur (RHA V, X, XI y XII), donde ésta es más abundante, gracias a las condiciones de viento, temperatura, presión atmosférica y humedad. La distribución de precipitación se concentra durante los meses de junio a septiembre, lo que genera, como consecuencia, periodos secos en ciertas épocas del año, especialmente en el norte del país (CONAGUA, 2016a). La figura 3 representa gráficamente la cantidad de precipitación normal mensual en el periodo 1981-2010 en cada RHA. Cabe mencionar que el cambio climático influye en estas variaciones de la precipitación.

#### USOS DEL AGUA

El uso de agua se puede clasificar en consuntivos (donde el volumen disponible disminuye de acuerdo con la actividad) y no consuntivos (donde la actividad no modifi-

ca el volumen). El volumen total de agua para uso consuntivo es de 85.66 km<sup>3</sup> y se usa en abastecimiento público, energía eléctrica (excepto hidroelectricidad, que es un uso no consuntivo), agrícola e industrial (CONAGUA, 2016b). En la figura 4 (panel superior e intermedio) se muestran los usos consuntivos en los cuatro sectores, en la última década, todas teniendo una tendencia creciente. La figura 4 (panel inferior) muestra las cantidades utilizadas en 2015.

El registro de los volúmenes concesionados y/o asignados a los usuarios de aguas nacionales está consignado en el REPDA (Registro Público de Derechos de Agua) (SINA, 2015). De estos volúmenes, el 61.1% del uso consuntivo proviene de cuerpos de agua superficiales como lagos, ríos y arroyos, y el 38.9% restante proviene de acuíferos; es decir, aguas subterráneas (CONAGUA, 2016b).

El sector agrícola es el mayor usuario del recurso hídrico, como se aprecia en el panel inferior de la figura 4. El sector agrícola ocupa el 11% de



Figura 2. División de las regiones hidrológico-administrativas (CONAGUA, 2016a).

la superficie del territorio continental mexicano (SEMARNAT, 2012) y utilizan un total de 65.36 km<sup>3</sup> de agua (76.29% del agua renovable total). Esto representa el 76.3% del volumen de agua extraída (Pulido Madrigal, 2017) (SINA, 2015).

Cabe mencionar que no toda el agua extraída es aprovechada, debido a que existen fugas en las redes de distribución. Se estima que el 40-60% del volumen extraído se pierde en fugas (Martínez Austria y Vargas Hidalgo, 2016).

#### CALIDAD DEL AGUA

El agua debe contar con características adecuadas para consumo humano, de lo contrario, ocasiona daños a la salud. Se pueden presentar enfermedades como diarrea, cólera, hepatitis A, fiebre paratifoidea, poliomielititis, dengue y paludismo por consumo de agua de baja calidad (CONAGUA, 2016c), especialmente en infantes. Se registró en 2010 que 1.9 millones de niños menores de cinco años presentaron enfermedades diarreicas, de los cuales 852 fallecieron. Este tipo de enfermedad ocupó el quinto lugar de causas de muerte en ese año (Hurtado Díaz, 2015).

Para garantizar la calidad de agua, ésta se caracteriza física, química y biológicamente y se compara con los estándares establecidos para un uso determinado. La calidad del agua es monitoreada en términos de tres parámetros: demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales (SST). Los monitoreos se realizan en zonas de alto índice de actividad antropogénica (CONAGUA, 2016b).

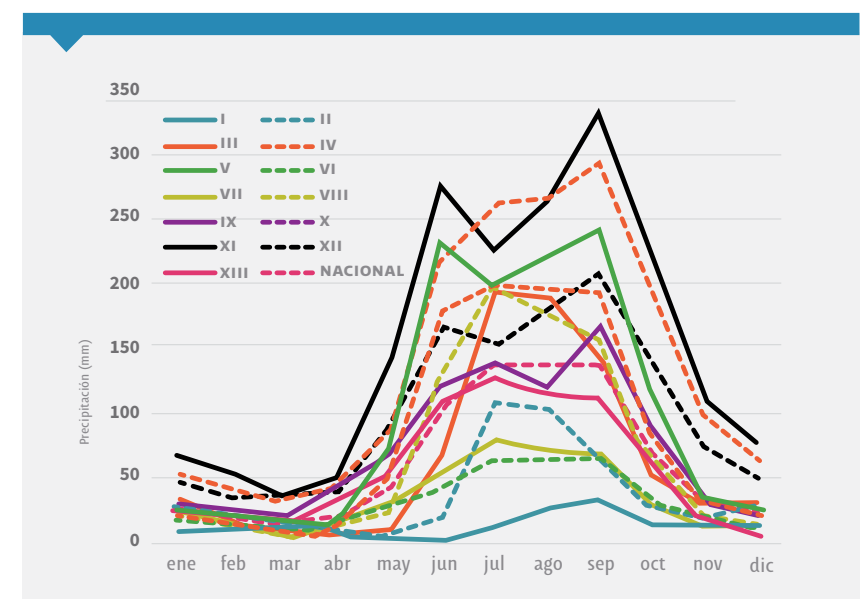


Figura 3. Precipitación pluvial normal mensual, 1981-2010 (mm). Elaborado con información de CONAGUA (2016a y 2016b).

La DBO5 permite conocer la cantidad de materia orgánica presente en el agua, como resultado del vertido de aguas residuales, mientras que la DQO indica la cantidad de sustancias que pueden ser oxidadas por medios químicos. El aumento del valor de estos parámetros significa una disminución en la concentración de oxígeno en el agua, afectando la vida en los ecosistemas acuáticos. Los SST indican tanto la cantidad de sólidos sedimentables, como de materia no disuelta y/o coloidal en el agua y su aumento evita que la vida acuática sobreviva en su hábitat (CONAGUA, 2016b).

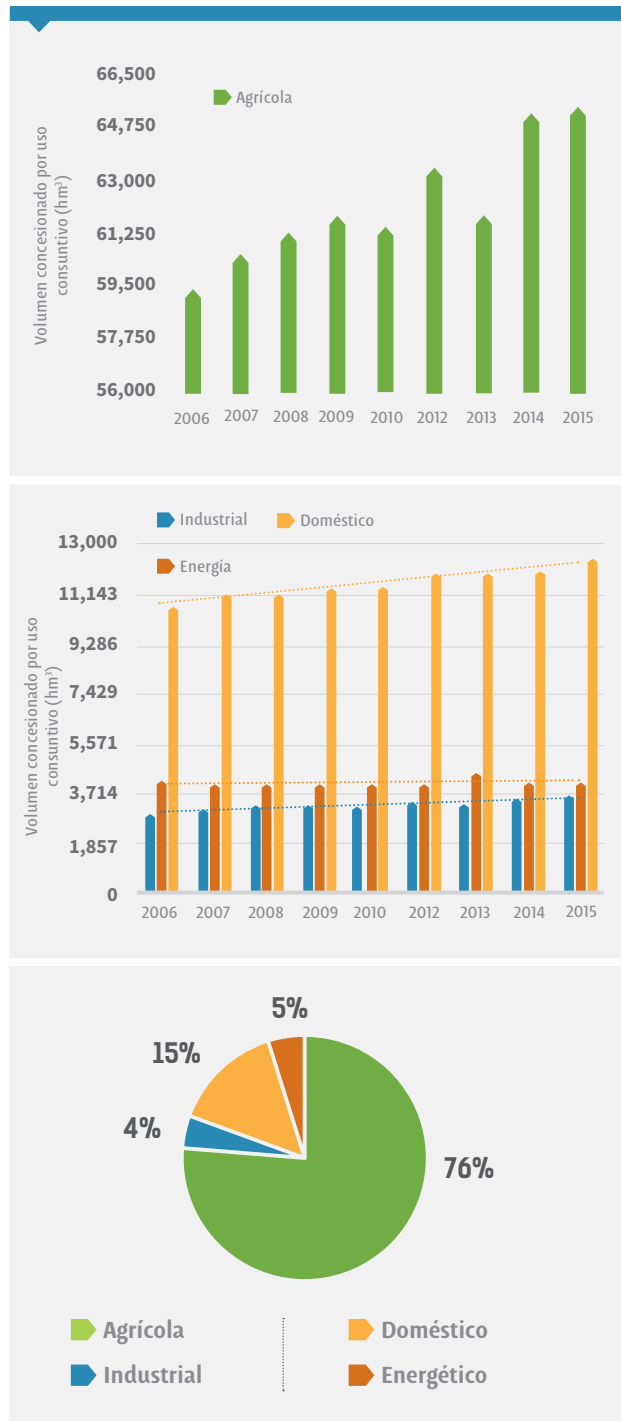


Figura 4. Volumen concesionado para el sector agrícola en el periodo 2006-2015 (panel superior), volumen concesionado en otros sectores en el periodo 2006-2015 (panel intermedio), y distribución del uso consuntivo de agua nacional en el año 2015 (panel inferior). Elaborado con información de CONAGUA (2016b) y SINA (2015)

Comparando con estándares de otros países, en Estados Unidos y en la Unión Europea se establecen concentraciones menores a los estipulados en NOM-001-SEMARNAT-1996 (la norma mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales). Por ejemplo, dicha norma determina la concentración de DBO5 en un intervalo de 75-150 mg/L, mientras que en

Estados Unidos y en la Unión Europea, estos valores son de 5-7 mg/L y de 25 mg/L, respectivamente. Esto indica que la normatividad en México no es lo suficientemente estricta para asegurar la calidad del agua (Pérez-Flores, Rodríguez-Narváez, Gutiérrez-Estrada, & Martínez-Austria, 2014).

Las figuras 5, 6 y 7 muestran la calidad de agua de manera porcentual actual del país, correspondientes a DBO5, DQO y SST respectiva-

mente, de acuerdo con cada RHA. Los parámetros y sus respectivos rangos para la evaluación de la calidad están representados en la tabla 2.

**PERSPECTIVA ACTUAL Y FUTURA DE LA SEGURIDAD HÍDRICA**

**PERSPECTIVA ACTUAL**

Los principales retos de seguridad hídrica en México son: prevenir la escasez hídrica, disminuir la contaminación del agua, mitigar el impacto del cambio climático en el ciclo hídrico, mejorar el ordenamiento territorial, mejorar la gestión de agua, incrementar la inversión en investigación y tecnología e incrementar los recursos financieros (Arreguín-Cortés, 2017).

Haciendo referencia a la disponibilidad hídrica, México cuenta con 446.8 km³ de agua renovable y cada habitante dispone de 3,692 m³/año, una cantidad no equitativa entre las 13 RHA. Este volumen es considerado bajo, conforme a los estándares de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (Blanco-Sandoval, 2017).

Resulta importante destacar que un volumen menor a 1,700 m³/año es considerado como estrés hídrico, presente -actualmente- en las RHA I, VI, VIII y XIII. Esta última RHA es la zona metropolitana del Valle de México, la tercera área urbana más poblada a nivel mundial, precedida por Tokio y Nueva Delhi (Villanueva Beltrán, 2017).

El grado de presión hídrica propuesta por la Comisión para el Desarrollo Sustentable de

la ONU (SEMARNAT, 2014), es un porcentaje que indica el agua extraída con respecto a la disponibilidad natural media total (INECC, 2010). Con este índice, se puede estimar la vulnerabilidad de un área sobre la disponibilidad del recurso hídrico. Si este porcentaje es mayor a 40%, significa que tiene un alto grado de presión. Pese a que nuestro país tiene un grado de presión bajo, algunas RHA como I, II, VI y XIII, tienen porcentajes que superan el 50%. Resaltando el caso del RHA XIII, su grado de presión es el mayor en todo el país, con 138.7%, el cual implica poner en riesgo la salud de los pobladores y la continuidad de algunas actividades económicas (CONAGUA, 2016a) (véase tabla 3).

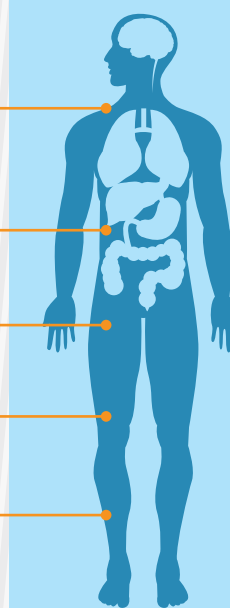
La seguridad hídrica está asociada a la división hidrológica del país y sus habitantes, especialmente con aquellas personas que viven en zonas con frecuentes condiciones de sequía extrema o constantes inundaciones. Un 70% del territorio mexicano es árido o semiárido, con variaciones estacionales de precipitación. El 30% restante representa riesgo de inundaciones oca-

	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)
Excelente	DBO5 ≤ 3	DQO ≤ 10	SST ≤ 25
Buena calidad	3 < DBO5 ≤ 6	10 < DQO ≤ 20	25 < SST ≤ 75
Aceptable	6 < DBO5 ≤ 30	20 < DQO ≤ 40	75 < SST ≤ 150
Contaminada	30 < DBO5 ≤ 120	40 < DQO ≤ 200	150 < SST ≤ 400
Fuertemente contaminada	DBO5 > 120	DQO > 200	SST > 400

Tabla 2. Categorías de cada parámetro de medición de la calidad del agua (CONAGUA, 2016a).

El agua debe contar con características adecuadas para consumo humano, de lo contrario, ocasiona daños a la salud. Se pueden presentar enfermedades como:

- FIEBRE PARATIFOIDEA
- HEPATITIS A
- CÓLERA
- DIARREA
- POLIOMIELITIS



SE REGISTRÓ EN EL MUNDO

**1.9 millones**

DE NIÑOS MENORES DE CINCO AÑOS QUE PRESENTARON ENFERMEDADES DIARREICAS, DE LOS CUALES

**852 fallecieron**

sionadas, tanto por sistemas meteorológicos tropicales, como por frentes fríos (Martínez-Austria P. F., 2013). Esto constituye una directa afectación a la seguridad hídrica del país, ya que hay regiones con disponibilidad limitada, llevando así a una sobreexplotación de acuíferos. La tabla 4 muestra algunos datos acerca de acuíferos, con referencia a su población en el año 2015.

● **PERSPECTIVAS A FUTURO**

El Norte de la República Mexicana es más septentrional que el Trópico de Cáncer, ubicándose a la misma latitud que los desiertos más grandes del mundo (CONAGUA, 2016a). Además, su clima es mayoritariamente seco, habiendo una escasez natural de agua (IMTA, 2017). En contraste, las lluvias en el sures-

te del país son intensas y provocan un número importante de inundaciones. Debido al cambio climático se espera que en un futuro exista un mayor número de inundaciones que las actualmente registradas (Martínez-Austria y Patiño-Gómez, 2012). Esto hace que México sea muy vulnerable ante cambios de temperatura y de precipitación.

Los recursos hídricos son sensibles al cambio climático. En las proyecciones realizadas por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), se evaluó la variación de la disponibilidad hídrica, tomando en cuenta la calidad y la cantidad de agua disponible. Se prevé que las precipitaciones disminuirán de 5-10% para el año 2020, siendo las RHA II y VI las más afectadas, seguidas de las RHA I, VII y XIII (SEMARNAT, 2012).

Una estimación realizada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP por sus siglas en inglés) indica que, para el año 2025, la cantidad de agua disponible en las cuencas de los ríos Grande de Santiago, Balsas y Colorado será menor a los 1,700 m<sup>3</sup>/hab/año (SEMARNAT, 2012).

Asimismo, para el año 2030 se prevé que la disponibilidad de agua per cápita será de sólo 3,250 m<sup>3</sup>/año (CONAGUA, 2016a; CONAPO, 2012). Si se toma en cuenta que en 1950 la disponibilidad por habitante era de 17,742 m<sup>3</sup>/año (SEMARNAT, 2012), entonces esta proyección representa una gran preocupación. En la figura 8 se presentan las cantidades actuales y proyecciones a 2030 de la disponibilidad de agua per cápita, por región hidrológica. Se puede apreciar que varias RHA están por debajo de los 1,700 m<sup>3</sup>/año.

Finalmente, la ONU estima que para el 2050, el mundo requerirá 55% más agua, 80% más energía y 60% más alimento que en 2015 (ONU, 2015). Considerando que en 2015 el agua renovable utilizada en México fue de 446,777 hm<sup>3</sup>, siguiendo esta estimación se requerirán 692,504 hm<sup>3</sup> de agua en el año 2050.

◆ **APLICACIÓN DE ÍNDICES DE SEGURIDAD HÍDRICA POR RHA**

Una forma de estimar la seguridad hídrica es la aplicación de índices. Un índice de seguridad hídrica es un elemento que permite observar el comportamiento cualitativo de ciertas variables, cuando se aplican a las diferentes RHA. Éstos son calculados para verificar si una región se encuentra en estrés hídrico, identificándola como zona sin seguridad hídrica. Estos índices se deben tener en cuenta para poder asegurar el recurso en futuras generaciones.

RHA	Agua renovable 2015 (hm <sup>3</sup> /año)	Grado de presión (%)
I	4 958	79.8 (alto)
II	8 273	81.4 (alto)
III	25 596	42.1 (alto)
IV	21 678	49.8 (alto)
V	30 565	5.1 (sin estrés)
VI	12 352	77.1 (alto)
VII	7 905	48.4 (alto)
VIII	35 080	44.8 (alto)
IX	28 124	20.4 (medio)
X	95 022	5.9 (sin estrés)
XI	144 459	1.7 (sin estrés)
XII	29 324	14.3 (bajo)
XIII	3 442	138.7 (muy alto)
Nacional	446 777	19.2 (bajo)

Tabla 3. Índices de seguridad hídrica por RHA (CONAGUA, 2016a)

**LA CANTIDAD DE AGUA DISPONIBLE EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS GRANDE DE SANTIAGO, BALSAS Y COLORADO SERÁ MENOR A LOS**

**1,700**  
M<sup>3</sup>/HAB/AÑO.

● **ÍNDICE DE FALKENMARK**

Fue propuesto por Malin Falkenmark y es conocido como índice de competencia del agua, siendo de los más utilizados durante las últimas décadas. Su objetivo es medir el agua disponible de un país en función de la población para determinar el número de personas que pueden aprovechar el recurso hídrico (Gleick, Chalecki, y Wong, 2002). Este índice puede ser evaluado de acuerdo con la tabla 5.

● **ÍNDICE DE ESTRÉS HÍDRICO RELATIVO RWSI**

Este índice también es conocido como demanda de agua relativa (RWSI, por sus siglas en inglés), el cual establece la demanda disponible para uso industrial, doméstico y agricultura (UNESCO, 2007). Éste es calculado con la siguiente ecuación 1:

$$» 1) \quad RWSI = \frac{D+I+A}{Q}$$

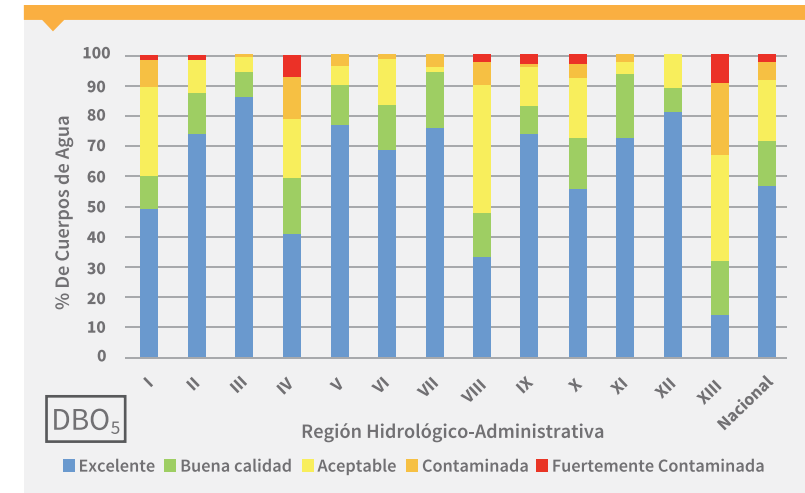


Figura 5. Evaluación de la calidad del agua de acuerdo al parámetro DBO<sub>5</sub>. Elaborado con información de (CONAGUA, 2016a).

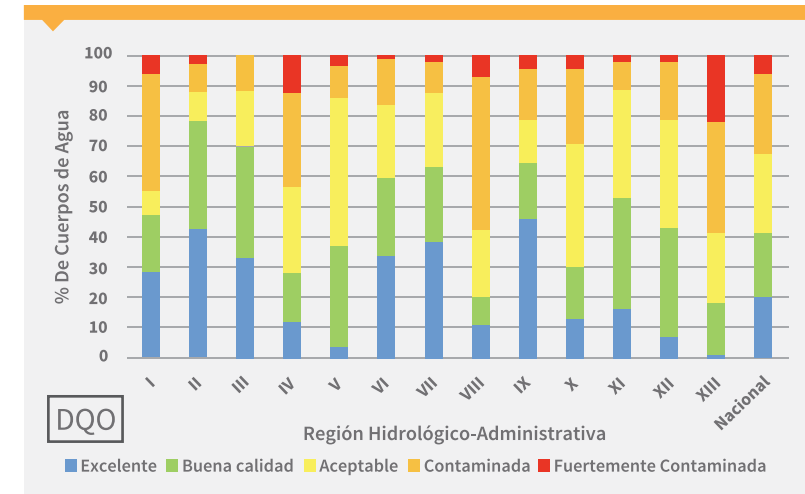


Figura 6. Evaluación de la calidad del agua de acuerdo al parámetro DQO. Elaborado con información de (CONAGUA, 2016a).

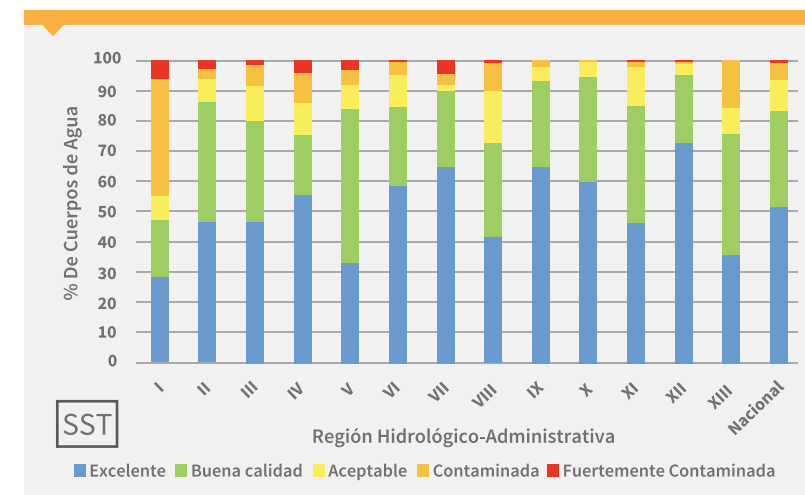


Figura 7. Evaluación de la calidad de agua de acuerdo al parámetro SST. Elaborado con información de (CONAGUA, 2016a).

RHA	Población (2015) (10 <sup>6</sup> de hab.)	Densidad de población (hab./km <sup>2</sup> )	No. de acuíferos/acuíferos sobreexplotados	Agua renovable 2015 (hm <sup>3</sup> /año)
I	4.45	28.8	88/14	4 958
II	2.84	14.5	62/10	8 273
III	4.51	29.7	24/2	25 596
IV	11.81	101.4	45/1	21 678
V	5.06	61.1	36/0	30 565
VI	12.30	31.5	102/18	123 52
VII	4.56	24.3	65/23	7 905
VIII	24.17	125.4	128/32	35 080
IX	5.28	41.6	40/1	28 124
X	10.57	103.2	22/0	95 022
XI	7.66	77.3	23/0	144 459
XII	4.60	32.9	4/0	29 324
XIII	23.19	1 272.2	14/4	3 442
Nacional	121.01	61.80	653/105	446 777

Tabla 4. Datos en cuestión de seguridad hídrica en México (CONAGUA, 2016b).

Donde Q es el suministro de agua (km<sup>3</sup>/año), D es la demanda de agua para uso doméstico (km<sup>3</sup>/año), I es la demanda de agua para uso industrial (km<sup>3</sup>/año) y A es la demanda de agua para la agricultura (km<sup>3</sup>/año). En la tabla 6, se encuentran los umbrales del índice de estrés hídrico relativo.

● **ÍNDICE DE ESTRÉS HÍDRICO WSI**

El índice de estrés hídrico (WSI, por sus siglas en inglés) fue desarrollado por Smakhtin *et al.* (2004), el cual reconoce los requerimientos de agua ambiental como un parámetro importante del agua dulce disponible. De acuerdo con las variables consideradas, el escurrimiento medio anual (MAR, por sus siglas en inglés) es utilizado como indicador de la disponibilidad total de agua y los requerimientos de agua ambiental (EWR, por sus siglas en inglés) son expresados como un porcentaje del MAR (Matlock, 2011). El cálculo de este índice está representado por la ecuación 2, siendo una buena aproximación estimar el EWR como 20-30% del MAR.

» 2) 
$$WSI = \frac{\text{Extracciones}}{\text{MAR} - \text{EWR}}$$

Con este índice se pueden evaluar problemas relacionados con el agua como la escasez, mediante la relación entre extracciones de agua para todos los usos de la re-

PARA EL AÑO  
**2030**

SE PREVÉ QUE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA PER CÁPITA SERÁ DE SÓLO

**3,250**  
**m<sup>3</sup>/año**

gión y el recurso disponible. El recurso se determina como la diferencia entre el recurso medio anual y los requerimientos ambientales. Muestra también cuánta demanda puede ser atendida en una cuenca, sin embargo, no se puede saber cómo está distribuido el recurso hídrico para cada uso (Chávez-Jiménez y González-Zeas, 2015). La tabla 7 muestra el grado de escasez de agua ambiental de las cuencas hidrográficas según este índice.

En la tabla 8 se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de dichos índices por RHA. El índice de Falkenmark muestra que la mayoría de las RHA están en estrés hídrico, re-

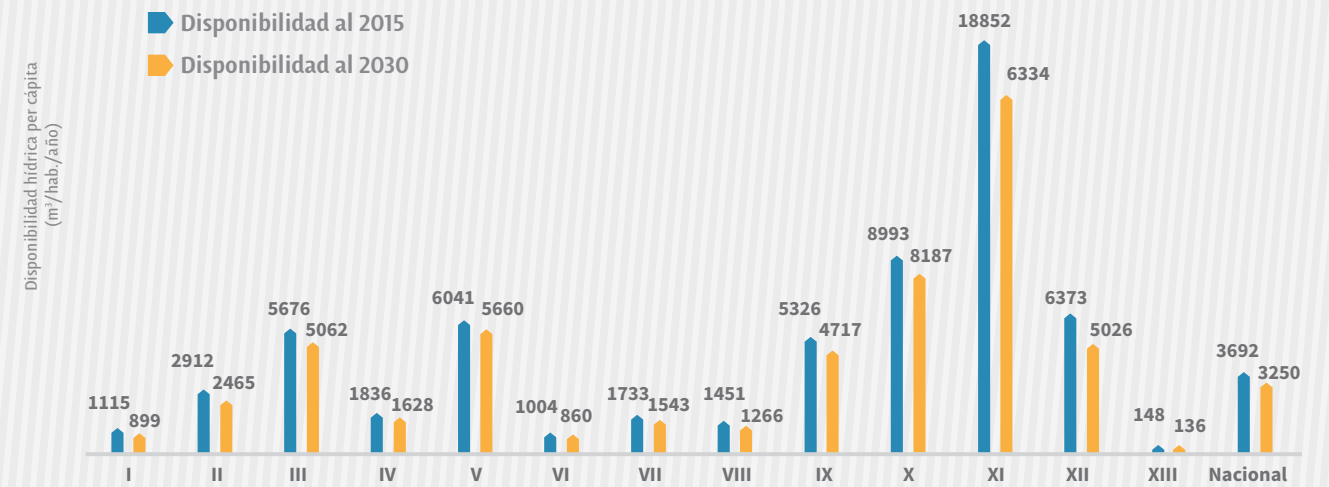


Figura 8. Disponibilidad hídrica per cápita para los años 2015 y 2030, por región hidrológica. Elaborado con información de CONAGUA (2016a).

saltando la RHA XIII, que se encuentra en escasez de agua absoluta. En cuanto al índice RWSI, califica a las RHA V, X, XI y XII sin estrés hídrico, mientras que las RHA I, II, III, VI, VII, VIII y XIII se encuentran con una fuerte presión hídrica, haciendo énfasis en la región XIII cuyo valor excede la unidad. Por último, el índice WSI se calculó en los límites de EWR al 20 y 30% y muestra que las RHA V, IX, X y XI están ligeramente explotadas, la RHA III está moderadamente explotada, las RHA IV, VII, VIII y XII están muy explotadas y las RHA I, II, VI y XIII están sobreexplotadas, destacando que el valor de la RHA XIII es casi seis veces más que el umbral de esa categoría.

◆ **CONCLUSIONES**

El agua en México es un tema que debe ser tratado inmediatamente. La tasa de crecimiento demográfico exige más consumo de agua para satisfacer sus necesidades, lo cual reduce considerablemente la cantidad disponible por habitante. De seguir con esta tendencia de consumo, se alcanzará una situación de mayor escasez hídrica.

En cuanto a seguridad hídrica, actualmente el país cuenta con una cantidad de agua renovable baja, la cual se prevé que irá disminuyendo y aumentando el estrés hídrico. De acuerdo con los índices calculados, algunas regiones actualmente se encuentran en situaciones críticas, especialmente la RHA XIII, las cuales se pueden agravar al considerar su vulnerabilidad. Los índices demuestran ser herramientas útiles para planificar y evaluar los sistemas actuales

Agua renovable anual (m <sup>3</sup> /cápita/año)	Nivel de escasez de agua
> 1700	Ocasional o estrés hídrico local
1000 - 1700	Tensión hídrica regular
500 - 1000	Escasez de agua crónica (falta de agua para el desarrollo económico y humano de un país).
< 500	Escasez de agua absoluta

Tabla 5. Niveles del indicador de disponibilidad de agua (índice de Falkenmark) (Gleick, Chalecki, y Wong, 2002).

Índice de estrés hídrico relativo	Calificación cualitativa	Observaciones
> 0.4	Alto	Hay fuerte presión sobre el recurso hídrico. La oferta de agua es insuficiente para satisfacer la alta demanda.
0.2 - 0.4	Medio	La oferta de agua llega a su límite máximo para atender la demanda.
0.1 - 0.2	Moderado	La disponibilidad de agua se puede convertir en factor limitante del desarrollo.
< 0.1	Bajo	No hay presiones sobre el recurso hídrico en términos de cantidad de agua.

Tabla 6. Umbrales del índice de estrés hídrico RWSI (UNESCO, 2007).

de recursos hídricos y así tomar políticas públicas adecuadas que puedan asegurar un avance efectivo en la seguridad hídrica que consideren una amplia gama de escenarios posibles (Peña, 2016).

Por otra parte, los parámetros de calidad de agua indican que la RHA XIII es la más contaminada. Esto indica que no sólo es un pro-

Proporción de WSI	Grados de escasez de agua ambiental de las cuencas hidrográficas
WSI > 1	Sobreexplotado (El EWR está en conflicto con otros usos).
0.6 ≤ WSI < 1	Muy explotado (0-40% del agua utilizable todavía está disponible en una cuenca antes de que el EWR esté en conflicto con otros usos).
0.3 ≤ WSI < 0.6	Moderadamente explotado (40%-70% del agua utilizable está disponible en una cuenca antes de que EWR esté en conflicto con otros usos).
WSI < 0.3	Ligeramente explotado

Tabla 7. Categorización de la escasez de agua ambiental (Matlock, 2011).

RHA	Agua renovable per cápita (m <sup>3</sup> /hab./año)	Índice de Falkenmark	Índice RWSI*	Índice WSI (Smakhtin)
I	1115	Tensión hídrica regular	0.716	1.330-1.520
II	2912	Ocasional o estrés hídrico local	0.913	1.877-2.146
III	5676	Ocasional o estrés hídrico local	0.407	0.579-0.662
IV	1836	Ocasional o estrés hídrico local	0.357	0.796-0.910
V	6041	Ocasional o estrés hídrico local	0.041	0.059-0.067
VI	1004	Tensión hídrica regular	0.764	1.799-2.056
VII	1733	Ocasional o estrés hídrico local	0.483	0.866-0.990
VIII	1451	Tensión hídrica regular	0.414	0.696-0.796
IX	5326	Ocasional o estrés hídrico local	0.183	0.247-0.282
X	8993	Ocasional o estrés hídrico local	0.048	0.069-0.078
XI	18852	Ocasional o estrés hídrico local	0.014	0.022-0.026
XII	6373	Ocasional o estrés hídrico local	0.080	0.739-0.844
XIII	148	Escasez de agua absoluta	1.300	5.227-5.973

Tabla 8. Aplicación de índices por RHA. Elaborado con datos de CONAGUA (2016a).

\*Datos de CONAGUA (2010), utilizando el volumen de agua renovable (Q) y los usos consuntivos (D, I, A) reportados ese año.

blema de disponibilidad sino también de calidad.

Para asegurar una buena disponibilidad hídrica, se recomienda: 1) mejorar el sistema de distribución de abastecimiento del agua, minimizando fugas al dar mantenimiento constante a la red de distribución; 2) disminuir la extracción y evitar la sobreexplotación de acuíferos al poner en funcionamiento las plantas de tratamiento de agua y así generar un reúso del recurso; 3) fortalecer la resiliencia de los sistemas naturales y humanos ante riesgos hidrometeorológicos al conservar de forma sustentable los ecosistemas y sus recursos y 4) generar conciencia social acerca del uso adecuado del agua por medio de programas educativos y campañas culturales.

LA ONU ESTIMA QUE PARA EL

2050

EL MUNDO REQUERIRÁ

55% más

AGUA, 80% MÁS ENERGÍA Y 60% MÁS ALIMENTO QUE EN

2015



**Oscar Daniel Máñez Navarro**

Maestro en Ciencias Químicas y estudiante del doctorado en Ciencias del Agua por la UDLAP. Actualmente desarrolla el proyecto «Desarrollo de NPs porosas de ZnO para la degradación específica de contaminantes recalcitrantes». [oscar.maynezno@udlap.mx](mailto:oscar.maynezno@udlap.mx)



**Martha Alicia Gómez Gallegos**

Maestra en Ciencias del Agua y estudiante del doctorado en Ciencias del Agua por la UDLAP. Actualmente desarrolla el proyecto «Depuración de agua residual con granulación biológica y combinación con algas». [martha.gomezgs@udlap.mx](mailto:martha.gomezgs@udlap.mx)



**Anaid Bautista Guerrero**

Ingeniera en Biotecnología y estudiante del doctorado en Ciencias del Agua por la UDLAP. Actualmente desarrolla el proyecto «Degradación de lignina y compuestos organoclorados por medio de levaduras ligninolíticas, modificadas genéticamente».

[anaid.bautistago@udlap.mx](mailto:anaid.bautistago@udlap.mx)

REFERENCIAS

- Arreguin-Cortés, F. I. (2017). *Seguridad hídrica en México, crecimiento demográfico y globalización*. México.
- Blanco-Sandoval, E. (Enero de 2017). Ciclo urbano del agua en México. *H2O Gestión del agua*, (13), 4-10.
- Blásquez-Jácome, F. (2013). *Diagnóstico del desempeño del organismo operador de agua potable y saneamiento en el municipio de Teocelo*. México: Universidad Veracruzana. Recuperado de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/42182/2/JacomeBlasquezFrancisco.pdf>
- Chávez-Jiménez, A. y González-Zeas, D. (2015). El impacto de los caudales medioambientales en la satisfacción de la demanda de agua bajo escenarios de cambio climático. *RIBAGUA* (2), 3-13. Recuperado de [file:///C:/Users/a/Downloads/S2386378115000043\\_S300\\_es.pdf](file:///C:/Users/a/Downloads/S2386378115000043_S300_es.pdf)
- CONAGUA. (2010). Estadísticas del Agua en México.
- CONAGUA. (2015). *Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía - Consejo de Cuenca Alto Noroeste*.
- CONAGUA. (2016a). Atlas del agua en México. Recuperado de [http://201.116.60.25/publicaciones/AAM\\_2016.pdf](http://201.116.60.25/publicaciones/AAM_2016.pdf)
- CONAGUA. (2016b). Estadísticas de Agua en México. Recuperado de [http://201.116.60.25/publicaciones/EAM\\_2016.pdf](http://201.116.60.25/publicaciones/EAM_2016.pdf)
- CONAGUA. (2016c). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. México.
- CONAPO. (2012). *Proyección de la población 2010-2050*. Recuperado de <http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Proyecciones>
- Gleick, P. H., Chalecki, E. L. y Wong, A. (2002). Measuring Water WellBeing: Water Indicators and Indices. En P. H. Gleick, E. L. Chalecki, A. Wong, W. C. Burns, M. Cohen, K. Kao Cushing, . . . G. Wolf, *The World's Water The Biennial Report on Freshwater Resources 2002-2003* (pp. 98-100). California: Island Press.
- Grey, D. y Sadoff, C. (2007). Sink or swim? Water security for growth and development. *Water Policy*, 9(6), 545-571.
- Hurtado-Díaz, M. (2015). *La salud ambiental en México: situación*

*actual y perspectivas futuras*. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/eventos/2015/poblacion/doc/p-MagaliHurtado.pdf>

• IMTA. (2017). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Seguridad Hídrica en México: Foro Seguridad hídrica y gestión del riesgo de desastres. Recuperado de [http://www.iproga.org.pe/descarga/seguridad\\_hidrica\\_mexico.pdf](http://www.iproga.org.pe/descarga/seguridad_hidrica_mexico.pdf)

• INECC. (2010). *Las cuencas hidrográficas de México*. Recuperado de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/639/presion.pdf>

• INEGI. (2015). *Encuesta en hogares- Encuesta intercensal 2015*. Recuperado de [www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/accesos-microdatos/encuestas/hogares/especiales/ei2015/](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/accesos-microdatos/encuestas/hogares/especiales/ei2015/)

• Martínez-Austria, P. F. (2013). Los retos de la seguridad hídrica. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 165-180.

• Martínez-Austria, P. F. y Vargas-Hidalgo, A. (2016). Modelo dinámico adaptativo para la gestión del agua en el medio urbano. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7(4), 139-154.

• Martínez-Austria, P., & Patiño Gómez, C. (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 5-20.

• Matlock, M. D. (2011). A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies. *The Sustainability Consortium* (106), 1-19. Recuperado de [http://oamk.fi/~mohameda/materiali16/Water%20and%20environmental%20management%202015/2011\\_Brown\\_Matlock\\_Water-Availability-Assessment-Indices-and-Methodologies-Lit-Review.pdf](http://oamk.fi/~mohameda/materiali16/Water%20and%20environmental%20management%202015/2011_Brown_Matlock_Water-Availability-Assessment-Indices-and-Methodologies-Lit-Review.pdf)

• Olmeda-Pascual, J. (2006). El agua y su análisis desde la perspectiva económica: una aplicación para el crecimiento económico. *8ª Reunión de Economía Mundial* (pp. 1-21). Recuperado de <http://altea.daea.ua.es/ochorem/comunicaciones/MESA2COM/OlmedaPascualJoseMiguel.pdf>

• ONU. (2015). *Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015. Agua para un mundo sostenible*.

• Peña, H. (2016). Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe. *CEPAL Serie Recursos Naturales e Infraestructura*, 55-57.

• Pérez-Flores, L. S., Rodríguez-Narvaez, O. M., Guitierrez-Estrada, R. d. y Martínez-Austria, P. F. (2014). Índices de Calidad del Agua: un comparativo entre México, Estados Unidos y la Unión Europea. *XXIII CONGRESO NACIONAL DE HIDRÁULICA*. Puerto Vallarta, Jalisco, México.

• Pulido-Madrugal, L. (2017). Riego con aguas residuales para depuración de contaminantes. *H2O Gestión del agua*, (14), 12-17.

• SEMARNAT. (2012). *Informe de la situación del medio ambiente en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de [http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_12/pdf/Informe\\_2012.pdf](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf)

• SEMARNAT. (2014). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de [http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_resumen14/06\\_agua/6\\_1\\_2.html](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_1_2.html)

• Smakhtin, V.Y.; Revenga, C. y Döll, P. (2004) *Taking into account environmental water requirements in global-scale water resources assessments* (vol.2), IWMI.

• SINA. (2015). *Usos consuntivos por tipo de fuente y volumen concesionado*. Sistema Nacional de Información del Agua. Recuperado de [http://201.116.60.25/sina/index\\_jquery-mobile2.html?tema=usosAgua](http://201.116.60.25/sina/index_jquery-mobile2.html?tema=usosAgua)

• UNESCO. (2007). *El agua, una responsabilidad compartida*. París: UNESCO. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org>. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001495/149519s.pdf>

• Villanueva-Beltrán, J. (2017). Consumo de agua embotellada. *H2O Gestión del agua*, (13), 24-26.

► Heat waves and climate change: Effects in Mexico

# ONDAS DE CALOR

## Y CAMBIO CLIMÁTICO: EFECTOS EN MÉXICO

Por: Polioptro F. Martínez Austria

UDLAP

### RESUMEN

Ante las recientes ondas de calor registradas en el hemisferio norte, se está produciendo una mayor preocupación de los efectos que éstas tienen en la salud humana. Sin embargo, ante la falta de información que la sociedad dispone al respecto frente a este fenómeno, resulta necesario difundir el conocimiento científico disponible. La comprensión, por parte de la comunidad, de los efectos del cambio climático es una de las mejores maneras de incrementar la resiliencia. En este texto se analiza el concepto de onda de calor, los métodos para establecer su peligrosidad, así como las tendencias observadas y esperadas de éste fenómeno en México, en condiciones de cambio climático.

### PALABRAS CLAVE:

Ondas de calor • Temperaturas máximas • México • Temperatura y cambio climático

### ABSTRACT

In the face of the recent heat waves registered in the northern hemisphere, there is increasing concern about the effects they have on human health. However, in view of the lack of information available to society regarding this phenomenon, it is necessary to disseminate the scientific knowledge available. The community's understanding of the effects of climate change

Tipo de desastre natural	País	Número de muertes
Terremoto (abril)	Nepal	8,831
Onda de calor (junio)	Francia	3,275
Onda de calor (mayo)	India	2,248
Onda de calor (junio)	Pakistán	1,229
Onda de calor (junio)	Bélgica	410
Deslizamiento de tierra (octubre)	Guatemala	350
Inundación (noviembre)	India	325
Inundación (julio)	India	293
Terremoto (octubre)	Pakistán	280
Inundación (enero)	Malawi	278
	Total	17,519

Tabla 1. Mayores desastres naturales, por número de muertes, en 2015 (traducido de Guha-Sapir, Hoyois y Below, 2016).

is one of the best ways to increase resilience. This text analyzes the concept of heat wave, the methods to establish its danger and the observed and expected trends of this phenomenon in Mexico, in conditions of climate change.

### KEYWORDS:

Heat waves • Maximum emperatures • Mexico • Temperature and climate change

### ANTECEDENTES

Las ondas de calor son eventos mucho más peligrosos para la salud de lo que comúnmente se supone. No se trata sólo de una incomodidad, o de que afecten a algunas personas que sufren el llamado «golpe de calor», se ha demostrado que, durante las ondas de calor, la mortalidad se incrementa de manera sustancial. Por ejemplo, una onda de calor en Chicago, en 1995, causó 514 muertes; en Europa, la onda de calor de 2003 produjo casi 15,000 muertes y, en la Federación Rusa, otra onda produjo 55,376 muertes relacionadas con este fenómeno en 2010.

Desafortunadamente, ésta es una condición climática cada vez más frecuente. En la tabla 1 se muestran los diez desastres naturales que mayor número de muertes ocasionaron en el año 2015. Como puede observarse, cuatro de los cinco más importantes fueron ondas de calor.

En el presente año (2018), desde finales de junio, en diversas regiones del hemisferio norte se han registrado ondas de calor intensas y de diversa duración, en algunos sitios combinadas con sequías. En Japón, durante las ondas de calor del mes de julio, murieron 90 personas y 35,000 requirieron asistencia médica. Efectos similares se reprodujeron en prácticamente todo el hemisferio norte, en países tan diversos como Canadá, Estados Unidos, México, Gran Bretaña, Alemania y aún algunos en latitudes tan al norte como la de Suecia.

### ONDAS DE CALOR: DEFINICIÓN Y UMBRALES

Una onda de calor se define de manera general como un periodo, usualmente de varios días, en el que ocurren temperaturas significativamente mayores al promedio. Esta definición, de sencilla comprensión es, sin embargo, poco precisa cuando se requiere adoptar medidas de prevención o mitigación de sus efectos sobre la salud humana o el medio ambiente. Para hacerla operacional es necesario establecer cuándo una determinada temperatura es considerada «significativamente alta». La relevancia de las ondas de calor se hace notoria sólo cuando se asocia con sus efectos en la salud humana, y es a partir de sus consecuencias que se puede definir el umbral del cual se

En 1995 la onda de calor en Chicago provocó

514 muertes.

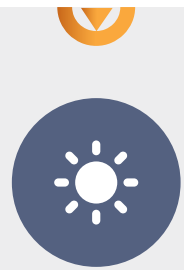
En Europa, la onda de calor de 2003 produjo casi

15,000 muertes.

En la Federación Rusa, otra onda produjo

55,376 muertes en 2010.





**LA MORTALIDAD DURANTE ONDAS DE CALOR –CONTRARIO A LA CREENCIA COMÚN– NO ESTÁ LIGADA SÓLO A LA LLAMADA «MUERTE POR GOLPE DE CALOR».**

debe declarar una condición de riesgo por altas temperaturas. Por esta razón, existen diversas maneras para determinar umbrales o índices de calor que representen peligro para la salud humana.

Un primer grupo de índices de calor se refiere, no sólo a la temperatura ambiente, sino a la sensación de calor que experimentan las personas. Este grupo de índices de calor considera, además de la temperatura ambiente, la humedad relativa y el tipo de actividad de las personas que experimentan la sensación térmica, entre otros factores. Se trata de establecer la temperatura térmica percibida. Entre este grupo de indicadores, uno de los más empleados es el propuesto por la National Oceanic and Atmospheric Administration de los Estados Unidos (NOAA), que define límites para la temperatura aparente, por sus efectos en la salud. El índice calor ( $H_i$ ) de la NOAA<sup>1</sup> se calcula con la fórmula 1.

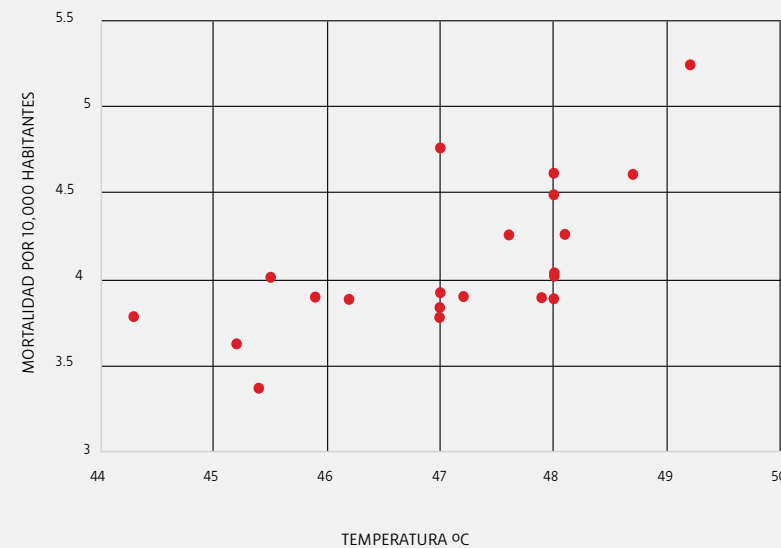
La principal dificultad, al igual que todos los índices, es determinar los umbrales de peligrosidad, que cambian de una región y localidad a otra. De acuerdo con la NOAA, se considera una condición de peligro cuando el índice de calor se encuentra entre 103 y 124 °F, y de extremo peligro cuando se alcanzan valores iguales o superiores a 125 °F, en cuyo caso el golpe de calor es muy probable. Contar con los datos de humedad relativa es también una dificultad importante en algunos países, entre los que se encuentra México.

Región de Reino Unido	Temperatura máxima diurna	Temperatura máxima nocturna
London	32	18
South East	31	16
South West	30	15
Eastern	30	15
West Midlands	30	15
East Midlands	30	15
North West	30	15
Yorkshire and Humber	29	15
North East	28	15

**Tabla 2.** Umbrales de temperaturas máximas diurnas y nocturnas definidas por el Servicio de alerta de clima extremo de la Oficina de Meteorología del Reino Unido (MSWWS, por sus siglas en inglés) (Met Office, 2015).

$$H_i = -42.379 + (2.04901523 T) + (10.14333127 R) - (0.2247551 TR) - (6.83783 \times 10^{-3} T^2) - (5.481717 \times 10^{-2} R^2) + 1.22874 \times 10^{-3} T^2 R + (8.5282 \times 10^{-4} TR^2) - (1.99 \times 10^{-6} T^2 R^2)$$

**Fórmula 1.** Donde R es la humedad relativa, T la temperatura ambiente y  $H_i$  el índice de calor; estos dos últimos en grados Fahrenheit.



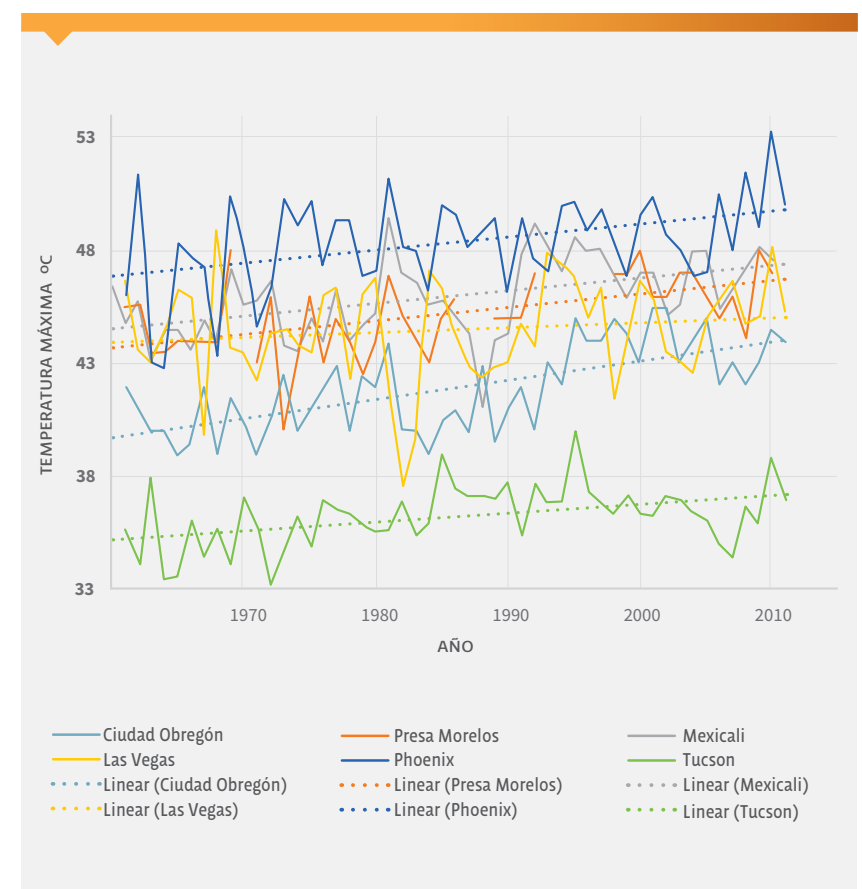
**Figura 1.** Mortalidad vs. temperaturas máximas en Mexicali, BC, en el mes de agosto. Periodo de análisis 1990-2014.

La mortalidad durante ondas de calor –contrario a la creencia común– no está ligada sólo a la llamada «muerte por golpe de calor». Durante eventos de temperatura extrema se incrementa el riesgo de muerte para personas con enfermedades crónicas u otras preexistentes, como, por ejemplo, asma y otras enfermedades respiratorias, renales o diabetes. De esta manera, se ha demostrado que la mortalidad total aumenta dramáticamente durante ondas de calor extremo: con base en estudios de morbilidad y mortalidad relacionados con las temperaturas extremas es que se determinan los umbrales de alerta.

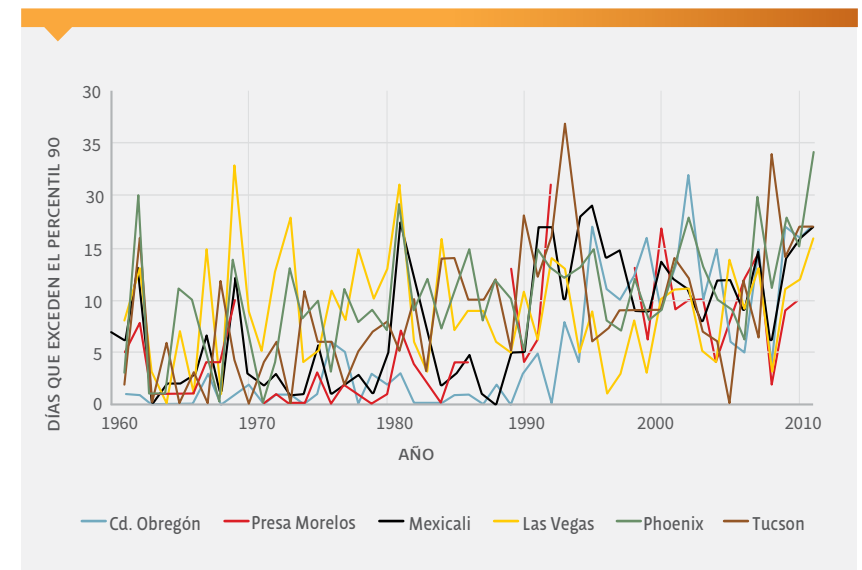
La manera más extendida, por lo tanto, de establecer índices de calor consiste en determinar umbrales de temperatura, a partir de los cuales la temperatura ambiente se torna peligrosa para la salud. Éstos se establecen definiendo valores límite, ya sean específicos, o bien, percentiles del registro histórico. En un amplio estudio reciente Kent *et al.* (2014) realizaron un análisis de diferentes índices de calor, comparados con los efectos registrados en la salud. Encontraron que los índices simples, basados sólo en la temperatura, pueden ser los más apropiados para su empleo en un sistema de alerta, siempre que se considere que los umbrales a emplear deberían ser regionales o locales.

Así, por ejemplo, la Oficina de Meteorología del Reino Unido establece un sistema regional, con un umbral cercano a 32 °C durante el día y 15 °C durante la noche por más de dos días consecutivos (Met Office, 2015), dependiendo de la región de que se trate. En la tabla 2 se muestran los límites regionales establecidos por esta organización.

Como se ha comentado, para obtener estos umbrales, resulta necesario determinar las temperaturas a las que la población local padece efectos importantes en la salud. Sin embargo, en México no se cuenta con estudios regionales de los efectos en la salud de las altas temperaturas. El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) del Sistema Nacional de Protección Civil de México sugiere que, para establecer los mapas de riesgo por ondas de calor, se utilice como umbral la temperatura correspondiente al percentil 90 (Matías-Ramírez, 2014). Es decir, que la temperatura observada,



**Figura 2.** Temperaturas máximas observadas en ciudades de la región del desierto de Sonora-Mojave (Martínez-Austria y Bandala, 2017).



**Figura 3.** Número de días que la temperatura máxima excede el percentil 90 en el mes de agosto, en ciudades de la región del desierto Sonora-Mojave (Martínez-Austria y Bandala, 2017).

1. Para más información consultar el siguiente enlace: [http://www.nws.noaa.gov/om/heat/heat\\_index.shtml](http://www.nws.noaa.gov/om/heat/heat_index.shtml)

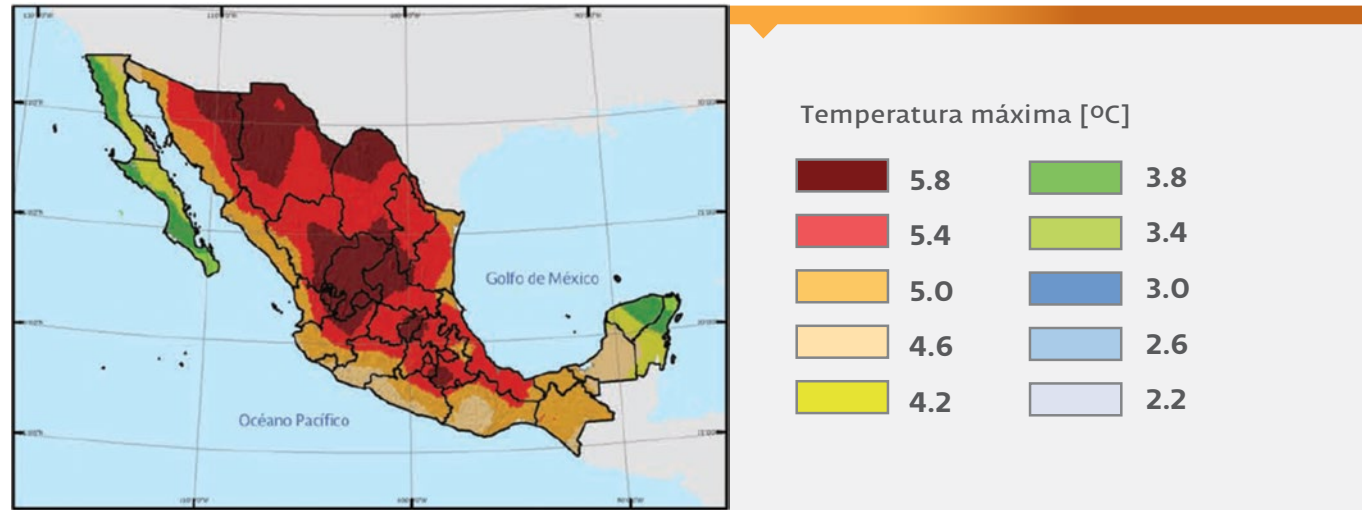


Figura 4. Anomalía de temperatura máxima esperada en México en primavera-verano en el periodo 2075-2099, en el escenario RCP 8.5, respecto del promedio de los años 1971-2000 (Salinas-Prieto, Colorado-Ruiz y Maya-Magaña, 2015).

para considerarla propia de una onda de calor, debe ser igual o mayor que el 90% de las observadas en el registro histórico.

En la Universidad de las Américas Puebla se han desarrollado estudios de la relación entre calor extremo y mortalidad para algunas regiones del país. Por ejemplo, para la ciudad de Mexicali, que es probablemente la más expuesta a este fenómeno, se ha determinado que para temperaturas superiores a 46-47 °C se incrementa de manera notable la mortalidad, como puede observarse en la figura 1. En este caso, el umbral de riesgo debería ser menor a 46 °C.

**EFFECTOS ESPERADOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

El incremento de las temperaturas medias que se espera, como resultado del calentamiento que experimenta el planeta, se verá magnificado en el caso de las temperaturas extremas. Es decir, que un incremento de, por ejemplo, un grado centígrado en la temperatura media, producirá ondas de calor con anomalías de temperatura

**EL QUINTO REPORTE DEL PANEL INTERGUBERNAMENTAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS) INDICA QUE DURANTE EL SIGLO XXI «ES MUY PROBABLE QUE OCURRAN ONDAS DE CALOR CON MAYOR FRECUENCIA Y DE MAYOR DURACIÓN».**

aún mayores. El quinto reporte del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) indica que durante el siglo XXI «es muy probable que ocurran ondas de calor con mayor frecuencia y de mayor duración». El reporte especial sobre eventos extremos del IPCC es contundente, y declara que «es prácticamente seguro que durante el siglo XXI ocurrirán incrementos en la frecuencia y magnitud de temperaturas cálidas extremas y disminuciones en los extremos fríos» (IPCC, 2012).

De hecho, estas tendencias ya se observan en diferentes regiones del mundo. En la figura 2 se muestran las tendencias observadas en algunas ciudades importantes de la región climática del desierto de Sonora-Mojave, en el mes de agosto. En todas estas ciudades se observa un claro incremento de las temperaturas máximas. En algunos casos, como el de Ciudad Obregón en México y Phoenix en los Estados Unidos, el incremento es de más de tres grados en tan sólo cuarenta años. Se puede demostrar con métodos no paramétricos de tendencia, que este crecimiento es estadísticamente significativo (Martínez-Austria y Bandala, 2017). Adicionalmente, tal como prevén los pronósticos de cambio climático del IPCC, la duración de las ondas de calor va en aumento. En la figura 3 se muestra, para las mismas ciudades, el número de días que exceden el percentil 90 de la temperatura máxima, y puede notarse que hacia el 2011, en la mayoría de las ciudades, más de la mitad del mes se registran temperaturas extremas, en contraste con el inicio del registro cuando esta duración era usualmente de diez días o menos.

Salinas-Prieto, Colorado-Ruiz y Maya-Magaña (2015) realizaron un análisis de los cambios esperados en la temperatura máxima en México para diversos periodos, como resultado del cambio climático. En la figura 4 se muestra la anomalía esperada de la temperatura máxima para primavera-verano hacia finales de siglo (2075-2099), en el peor de los escenarios (RCP 8.5). La anomalía esperada sería de hasta seis grados centígrados en algunas regiones de México. Es conveniente anotar que las temperaturas durante una onda de calor pueden ser mayores que éstas, que representan un periodo de tiempo específico en el año.

**CONCLUSIONES**

Las ondas de calor registradas recientemente en el hemisferio norte del planeta, son consistentes con lo esperado como resultado del cambio climático. En México se observa ya una clara tendencia de ondas de calor más intensas y de mayor duración, lo que se ha ejemplificado con algunas ciudades del noroeste del país. Se ha mostrado que las ondas de calor tienen un efecto evidente en la mortalidad humana. Los escenarios de cambio climático establecen que, casi con certeza, el número, duración e intensidad de las ondas de calor continuará aumentado, por lo que es urgente el diseño de planes de prevención y contingencia ante estos fenómenos, para proteger la salud humana.



**Polioptro F. Martínez Austria**

Doctor en Ingeniería por la Universidad Nacional Autónoma de México. Autor de 192 publicaciones académicas, entre artículos científicos, libros y capítulos de libro. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1994. Actualmente profesor de la UDLAP y director de la Cátedra UNESCO-UDLAP en Riesgos Hidrometeorológicos. Ha recibido diversos reconocimientos nacionales e internacionales. [polioptro.martinez@udlap.mx](mailto:polioptro.martinez@udlap.mx)

**REFERENCIAS**

- Field, C., Barros, V., Stocker, T. F. y Dahe, Q. (Edits.) (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Guha-Sapir, D., Hoyois, P. y Below, R. (2016). *Annual disaster statistical review 2015. The numbers and Trends*. Bruselas: CRED.
- Kent, S. T., McClour, L. A., Zaitchik, B. F., Smith, T. T. y Gohlke, J. M. (2014). Heat waves and health outcomes in Alabama (USA): The importance of heat wave definition. *Environ. Health Perspect*, 122(2), 151-158.
- Martínez-Austria, P. y Bandala, E. (2017). Temperature and heat-related mortality trends in the Sonoran and Mojave Desert region. *Atmosphere*, 8(3).
- Matías-Ramírez, L. G. (2014). *Actualización del índice de riesgo por ondas de calor en México*. Ciudad de México: Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).
- Met Office. (2015). *Heat wave plan for England*. Recuperado de <http://www.metoffice.gov.uk/learning/learn-about-the-weather/weather-phenomena/heatwave>
- Salinas-Prieto, J. A., Colorado-Ruiz, G. y Maya-Magaña, M. E. (2015). Climate Change Scenarios for Mexico (In Spanish). En IMTA, *Atlas de vulnerabilidad hídrica de México ante el cambio climático* (pp. 41-70). México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

# Entorno

## POLÍTICA EDITORIAL

**CONSULTE LA POLÍTICA EDITORIAL EN: [WWW.UDLAP.MX/ENTORNO](http://WWW.UDLAP.MX/ENTORNO)**

### MISIÓN

Difundir el conocimiento, los avances científicos y tecnológicos, y la creación artística, a través de la publicación de artículos de divulgación y notas, inéditos, que brinden aportaciones originales.

### CONTENIDO

Multidisciplinario, integrado con artículos y notas derivadas de una investigación, innovación o creación artística, principalmente, pero no de forma necesaria desarrollada en la UDLAP, con la participación de profesores y/o estudiantes. Que difundan aportaciones o innovaciones científicas y tecnológicas originales, obras de creación artística o cultural que se desarrollen dentro del campo del conocimiento de las diversas disciplinas que se cultivan en la universidad. La orientación de los textos será de divulgación del conocimiento y la creación artística.

### COBERTURA TEMÁTICA

Interdisciplinaria, en cualquiera de los campos del conocimiento, la innovación o la creación artística.

#### TIPO DE CONTRIBUCIONES

#### • Artículo científico

Documento científico que trata y difunde los resultados de una investigación o innovación exitosa, cuyas contribuciones aportan e incrementan el conocimiento actual. La orientación de los textos será divulgativa y éstos se someterán a revisión de pares.

#### • Artículo de creación

Documento que trata y difunde los resultados de una obra de creación artística o cultural. Será sometido a revisión de pares.

#### • Artículo de estado del arte

Documento que analiza a profundidad y difunde el conocimiento, en el estado del arte, de un problema, campo de investigación o área artística o literaria, de relevancia e interés general. Será sometido a revisión de pares.

#### • Nota especializada

Texto que trata avances en el campo de la práctica profesional, sin que necesariamente sea una aportación original, pero que contribuye con mejoras a aplicaciones o procedimientos.

#### • Notas breves

Reportan de manera resumida resultados de investigación, innovación y creación artística.

### PROCESO DE ARBITRAJE

Las propuestas de contribuciones a la revista serán analizadas, revisadas y dictaminadas por el Comité Editorial, integrado por profesores e investigadores distinguidos. La participación de los miembros del Comité Editorial se considera una contribución profesional, que se realiza de manera honorífica. El proceso de arbitraje de los artículos se presenta en la Convocatoria, y puede consultarse en <http://www.udlap.mx/entorno/>.

Las «Notas breves» y «Notas especializadas» no se someterán a proceso de arbitraje, y su inclusión queda a cargo del editor en jefe y el editor temático.

### AUTORES

Se publican trabajos de investigación, análisis e innovación científica, social, humanística o artística de especialistas y académicos mexicanos o extranjeros y en especial de profesores y/o estudiantes de la Universidad de las Américas Puebla. Se pueden incluir coautores de diversas instituciones. Se aceptarán trabajos en español o inglés, y en todos los artículos se incluirá un resumen en español y en inglés.

#### RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES:

- La responsabilidad del contenido de los artículos corresponde exclusivamente a los autores.
- La propuesta de un trabajo compromete a su autor a no someterlo simultáneamente a la consideración de otras publicaciones.
- Los colaboradores, cuyos artículos hayan sido aceptados, cederán formalmente los derechos de autor a la Fundación Universidad de las Américas Puebla.

- Ser responsable de la calidad del español o inglés que utilice. Si su redacción es deficiente, se rechazará su contribución. La revista sólo se hará cargo del cuidado editorial.
- Estar atento para resolver las dudas y propuestas que presenten los editores y la coordinación editorial.

Cada autor deberá aprobar las pruebas de imprenta de sus textos, paso previo a su publicación.

#### • Recepción de trabajos

La recepción de artículos y notas es permanente.

A juicio del Consejo Editorial, se podrán incluir artículos por invitación.

#### • Periodicidad

Edición cuatrimestral.

La revista se editará en papel y en formato electrónico.

#### • Acceso abierto

La revista en formato electrónico tendrá acceso abierto en los sitios de internet de la UDLAP.

## CONVOCATORIA

El Decanato de Investigación y Posgrado, a través del Consejo Editorial de la revista *Entorno UDLAP*, convoca a especialistas, catedráticos, investigadores y estudiantes, a enviar textos originales para su publicación.

La revista tiene como propósito difundir el conocimiento, avances científicos y tecnológicos, y la creación artística, a través de la publicación de artículos y notas inéditas que brinden aportaciones originales.

La revista *Entorno UDLAP* publica textos provenientes de la comunidad académica de la universidad y de autores externos.

El contenido de *Entorno UDLAP* es multidisciplinario, integrado con artículos y notas derivadas de una investigación, innovación o creación artística, principalmente, pero no de forma necesaria desarrollada en la UDLAP con la participación de especialistas, profesores y/o estudiantes. El objetivo será difundir las aportaciones o innovaciones científicas y tecnológicas originales, así como las obras de creación artística o cultural que se desarrollen dentro del campo del conocimiento de las diversas disciplinas que se cultivan en la universidad. La orientación de los textos será divulgativa. Se aceptarán los siguientes tipos de contribuciones:

- Artículo científico:** documento científico que trata y difunde los resultados de una investigación original o innovación exitosa, cuyas contribuciones aportan e incrementan el conocimiento actual. Éstos se someterán a revisión de pares.
- Artículo de creación:** documento que trata y difunde los resultados de una obra de creación artística o cultural. Será sometido a revisión de pares.
- Artículo de estado del arte:** documento que analiza a profundidad y difunde el conocimiento, en el estado del arte, de un problema, campo de investigación o área artística o literaria, de relevancia e interés general. Será sometido a revisión de pares.
- Nota especializada:** texto que trata avances en el campo de la práctica profesional, sin que necesariamente sea una investigación original pero que contribuye con mejoras a aplicaciones o procedimientos.
- Nota breve:** texto que reporta de manera resumida resultados de investigación, innovación y creación artística.

Los interesados en publicar sus artículos y notas deberán enviar el documento al Dr. Polioptro Martínez Austria, editor general de *Entorno UDLAP*, al correo electrónico: revista.entornoudlap@udlap.mx

Todos los artículos entregados serán sometidos a un proceso de revisión por pares, en el sistema de «doble ciego», antes de ser aceptados para su publicación.

Las notas serán revisadas directamente por el presidente del consejo, el editor general y los editores temáticos, antes de ser aceptadas para su publicación.

Todos los textos deberán enviarse acompañados de una carta de presentación, firmada por el autor de correspondencia, con el formato que se incluye en el portal de la revista en <http://www.udlap.mx/entorno/>

#### BASES

#### Sobre los textos

**1.** Respecto a los autores:

- Se aceptarán textos de autores de cualquier procedencia. Son especialmente bienvenidos los de cualquier universidad o centro de investigación, público o privado.

b. El contenido de los textos publicados es responsabilidad exclusiva de los autores.

c. En el caso de textos con más de un autor, se indicará el nombre del «autor de correspondencia» que será quien mantenga la comunicación con el cuerpo editorial de la revista y coordinará el proceso de revisión con sus coautores y, en caso de ser aceptado para publicación, recabará la aprobación de la impresión de todos los autores.

**2.** Participarán textos originales, inéditos, que no hayan sido publicados o sometidos a proceso de publicación en alguna otra revista. Deberán enviarse en formato del procesador Word, editable.

**3.** Los artículos deberán contar con una extensión mínima de 16 mil caracteres y máxima de 23 mil. No exceder las quince cuartillas, incluidas figuras y tablas, con un espacio interlineal de 1.5 y con márgenes de 2 cm arriba y abajo, y 3 cm a la izquierda y a la derecha.

**4.** Las notas breves o especializadas deberán contar con una extensión mínima de 7 mil caracteres, y máxima de 15 mil. No exceder las cinco cuartillas, incluidas figuras y tablas, con un espacio interlineal de 1.5 y con márgenes de 2 cm arriba y abajo, y 3 cm a la izquierda y a la derecha.

**5.** Los autores se comprometerán a presentar trabajos originales, escritos en español o inglés y acompañados con una breve ficha biográfica.

**6.** Los sistemas de citas y referencias a usar serán APA para temas de Ciencias Sociales, Negocios y Economía, Ciencias e Ingeniería; y MLA para textos de Artes y Humanidades.

**7.** La bibliografía final de las obras citadas se presentará también en el sistema indicado y con datos completos (sin abreviaturas en nombres y apellidos, ni siglas en nombre de instituciones).

**8.** Las notas a pie de página servirán para comentar, complementar o profundizar información dentro del texto. No deberán ser notas bibliográficas.

**9.** Las citas textuales de más de cuatro líneas se escribirán en párrafo aparte, sangrado a la izquierda y en letra tamaño 10 puntos. El resto de las citas textuales se incluirán dentro del texto e irán entre comillas latinas (« »).

**10.** Las figuras, a color de preferencia, deben enviarse también en archivo aparte, claramente numeradas y con los letreros que deban usarse.

**11.** Cuando sea posible, las figuras deben proporcionarse con el formato del programa en el que fueron creadas y que sean editables. Si se envían en formatos JPEG, la calidad debe ser de impresión I.E. 300 dpi con ancho de 1500 pixeles mínimo proporcional alrededor de 12.5 cm.

**12.** Si el artículo propuesto sufrió modificaciones, producto de las observaciones de los árbitros, su versión definitiva (apegándose a las indicaciones) será enviada de nuevo en un archivo electrónico para su edición. El editor informará a los autores del avance en el proceso aprobación de su artículo.

Previo al envío de manuscritos, se solicita a los autores consulten las guías para autores, política editorial y formatos disponibles en el sitio web de la revista en <http://www.udlap.mx/entorno/>

### PROCEDIMIENTO DE APROBACIÓN DE ARTÍCULOS

**1.** A partir de la convocatoria o invitación realizada, el autor de correspondencia enviará el manuscrito del artículo propuesto al editor en jefe quien revisará el cumplimiento general de los criterios para someter un manuscrito a revisión, así como la carta de propuesta y originalidad del texto. En caso de no cumplir los criterios, el editor en jefe lo informará a los autores para que, si así lo consideran conveniente, lo revisen y envíen de nuevo al proceso. En caso de cumplirse los criterios, el editor en jefe abrirá un expediente para el artículo y, con el apoyo del editor asociado del área de conocimiento correspondiente, designará dos árbitros de entre los miembros del comité editorial o invitará a otros profesores, investigadores o profesionales destacados. Los árbitros seleccionados podrán ser de la propia UDLAP o externos.
**2.** Se enviará a los árbitros y se les fijará un plazo de una semana para declinar o de tres semanas para su dictamen. En caso de declinación, el editor en jefe, junto con el editor asociado, designará a otro árbitro.

**3.** El dictamen de los árbitros podrá emitirse en cualquiera de los siguientes sentidos:

- Aceptado
- Aceptado con cambios menores
- Aceptado sujeto a cambios mayores
- Rechazado

En todos los casos el dictamen deberá ser argumentado adecuadamente. Por «aceptado sujeto a cambios mayores», se entiende que el manuscrito sólo será publicado si se cumple con los cambios propuestos por los árbitros y será sujeto a una nueva revisión de parte del editor y/o los árbitros. Por «aceptado con cambios menores» se entiende que el manuscrito ha sido aceptado y se publicará tan pronto el autor o autores cumplan con los cambios solicitados, lo cual será revisado por el editor.

#### EL DICTAMEN SERÁ INAPELABLE

**4.** En caso necesario, cuando se puedan producir demoras para la publicación de un artículo que se considere de interés, por falta o retraso de entrega de los árbitros, el editor en jefe, en coordinación con el editor temático que corresponda, tiene la facultad de emitir por sí mismo el dictamen.

**5.** Una vez completado el ciclo de revisión y aprobado el texto, el editor en jefe enviará el manuscrito al coordinador editorial.

**6.** El coordinador editorial, con el apoyo de la editora gráfica y del personal a su cargo, elaborarán el diseño editorial para impresión final y lo enviarán nuevamente al editor en jefe para su revisión, la del editor asociado y la de la secretaria ejecutiva. En caso necesario, se solicitará una nueva versión con correcciones a los autores.

Una vez concluido el diseño editorial, el editor general enviará a los autores la versión para impresión. Éstos harán en su caso las correcciones necesarias y firmarán una carta de autorización de la publicación y sesión de los derechos correspondientes a favor de la Fundación Universidad de las Américas, Puebla.

### ENTREGA DE TEXTOS

Los interesados deberán enviar el documento original completo al Dr. Polioptro F. Martínez Austria, al correo electrónico revista.entornoudlap@udlap.mx

El texto deberá ir acompañado de una carta de presentación del trabajo en formato libre firmada por el autor de correspondencia, en representación de todos los autores.

Se recibirán textos de forma continua a partir de la publicación de esta convocatoria

### PUBLICACIÓN DE LOS TEXTOS

Los documentos aceptados se mantendrán en una lista de espera para publicarse en la revista Entorno UDLAP. Los autores ceden, al aceptarse sus textos, el derecho de publicación a la Fundación Universidad de las Américas, Puebla.

### LOS AUTORES

**1.** El autor se compromete a no retirar su obra de la convocatoria una vez presentada.

**2.** Es recomendable, más no necesario, que el autor haya registrado su obra en el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Para más información: [http://www.indautor.gob.mx/formatos/registro/registro\\_obras.htm](http://www.indautor.gob.mx/formatos/registro/registro_obras.htm)

**3.** En el caso de usar figuras, tablas o datos de otras fuentes que requieran de autorización para reproducción y publicación, los autores se comprometen a obtener los permisos o autorizaciones necesarias.

**4.** Los autores aceptan que, de ser seleccionados, no retirarán su obra si no es por el consentimiento mutuo de las partes.

**5.** Los autores seleccionados se comprometen a colaborar con los editores para una óptima publicación de acuerdo con las necesidades editoriales.

**6.** Los autores seleccionados aceptan la utilización publicitaria de su nombre e imagen exclusivamente para promoción de la revista y en los portales de Internet de la UDLAP.

**7.** Los autores elegidos se comprometen a participar personalmente en los actos de presentación y promoción de su obra, de acuerdo con las necesidades editoriales.

**8.** Una vez aceptado su trabajo para publicación, los autores firmarán una carta de sesión de derechos a favor de la Fundación Universidad de las Américas, Puebla.

### VIGENCIA

La presente convocatoria se mantiene abierta de manera permanente, los interesados pueden enviar sus manuscritos propuestos en cualquier momento, a partir de esa fecha inicia el proceso de revisión por editores y por pares. En caso de ser aceptados, en su versión final, se publicarán en el siguiente número de la revista en que se tenga el espacio disponible, usualmente a más tardar en tres meses después de la fecha de aceptación final.

Cualquier duda respecto de esta convocatoria podrá ser consultada con el director ejecutivo.

#### ATENTAMENTE,

### DECANATURA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



LLEGÓ TU  
MOMENTO.  
ELIGE  
UDLAP



# NUESTRAS LICENCIATURAS

OFERTA ACADÉMICA

## ESCUELA DE ARTES Y HUMANIDADES

- Animación Digital
- Arquitectura
- Arquitectura de Interiores
- Artes Plásticas
- Danza
- Diseño de Información Visual
- Historia del Arte y Curaduría
- Idiomas
- Literatura
- Música
- Teatro

## ESCUELA DE CIENCIAS SOCIALES

- Antropología
- Ciencia Política
- Comunicación y Producción de Medios
- Comunicación y Relaciones Públicas
- Derecho
- Pedagogía
- Psicología Clínica
- Psicología Organizacional
- Relaciones Internacionales
- Relaciones Multiculturales

## ESCUELA DE CIENCIAS

- Actuaría
- Biología
- Bioquímica Clínica
- Ciencias de la Nutrición
- Cirujano Dentista
- Enfermería
- Física
- Médico Cirujano
- Nanotecnología e Ingeniería Molecular
- Químico Farmacéutico Biólogo

## ESCUELA DE INGENIERÍA

- Ingeniería Ambiental
- Ingeniería Biomédica
- Ingeniería Civil
- Ingeniería en Energía
- Ingeniería en Industrias Alimentarias
- Ingeniería en Logística y Cadena de Suministros
- Ingeniería en Robótica y Telecomunicaciones
- Ingeniería en Sistemas Computacionales
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería Mecatrónica
- Ingeniería Química

## ESCUELA DE NEGOCIOS Y ECONOMÍA

- Administración de Empresas
- Administración de Hoteles y Restaurantes
- Administración de Negocios Internacionales
- Artes Culinarias
- Banca e Inversiones
- Economía
- Estrategias Financieras y Contaduría Pública
- Mercadotecnia



## UDLAP Consultores

CONSULTORÍA · CURSOS · DIPLOMADOS  
PROGRAMAS ESPECIALES

### EDUCACIÓN CONTINUA

Programas creados para contribuir con la formación, actualización y capacitación de nuestros clientes. Ofrecemos temas de vanguardia que mejoran la competitividad de las empresas y fomentan el desarrollo integral de los participantes. Impartidos por profesores con una amplia experiencia profesional y académica.

Los programas de educación continua se agrupan en las siguientes áreas:

- Artes y humanidades
- Ciencias sociales
- Contabilidad y finanzas
- Estrategias de marketing y negocios
- Habilidades Soft
- Ingeniería, tecnología y calidad
- Salud y bienestar

### SOLUCIONES EMPRESARIALES

Nos centramos en el diseño de programas y proyectos que respondan a las necesidades específicas de cada organización: el contenido, duración, lugar y forma de impartición se definen siempre en función de estas necesidades. Contamos con programas *on demand* que aportan un enfoque práctico y estratégico, siempre bajo la premisa de generar valor a la empresa.

Algunas de nuestras áreas de más demanda son:

- Coaching ejecutivo
- Capital humano y habilidades soft
- Alta dirección y estrategias empresariales
- Economía y finanzas
- Marketing, comunicación y relaciones públicas
- Ingeniería, tecnología y calidad
- Derecho y nueva legislación

### SOLUCIONES GUBERNAMENTALES

Programas enfocados en mejorar la administración pública en los ámbitos municipal, estatal y federal. El objetivo es elevar la calidad de los servicios que se ofrecen en estos sectores.

Nuestras áreas de especialización son:

- Recursos humanos
- Recursos financieros
- Planes y proyectos
- Programas de capacitación

\*Todas nuestras licenciaturas cuentan con el Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios RVOE, puede consultarse en [www.udlap.mx](http://www.udlap.mx)



Ex hacienda Santa Catarina Mártir · C.P. 72810  
San Andrés Cholula, Puebla, México  
(222) 229 21 12 (+521) 222 577 38 29  
[informes.nuevoingreso@udlap.mx](mailto:informes.nuevoingreso@udlap.mx)

[www.udlap.mx](http://www.udlap.mx)

UDLAP®

### UDLAP CONSULTORES

Edificio HU · Oficina 316

(222) 229 27 13 · 229 22 56 · 229 20 00 ext. 5009 · [consultores.udlap.mx](http://consultores.udlap.mx)

[udlap.consultores@udlap.mx](mailto:udlap.consultores@udlap.mx) · [UDLAPconsultores](https://www.facebook.com/UDLAPconsultores) · [@UDLAPconsult](https://twitter.com/UDLAPconsult) · [UDLAP Consultores](https://www.linkedin.com/company/UDLAP-Consultores)

UDLAP®



## DOCTORADOS DE ALTA INVESTIGACIÓN

### Doctorado directo\* en:

- Biomedicina Molecular - RVOE SEP-SES/21/119/01/1640/2016
- Ciencia de Alimentos\*\* - RVOE SEP-SES/21/119/04/1172/2014
- Ciencias del Agua\*\* - RVOE SEP-SES/21/119/04/1171/2014
- Sistemas Inteligentes\*\* - RVOE SEP-SES/21/119/04/1173/2014

\*Puede iniciarse después de la licenciatura

### Doctorado tradicional\* en:

- Creación y Teorías de la Cultura\*\* - RVOE SEP-SES/21/119/04/1641/2016

\*Puede iniciarse después de la maestría

\*\*Pertencientes al Programa Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

**Los alumnos aceptados cuentan con beca del 100% de colegiatura y con una manutención mensual por toda la duración del programa**

### Informes:

Dirección de Investigación y Posgrado

informes.doctorados@udlap.mx • Tel.: (222) 229 27 25