

# NEUTRALIZAR LA DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS, UNA ASPIRACIÓN GLOBAL. ¿ES POSIBLE LOGRARLO EN MÉXICO?

## Land Degradation Neutrality, a Global Aspiration. Is it Possible to Achieve in Mexico?

Armando López Santos<sup>1‡</sup>

<sup>1</sup> Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. Km 40 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua. 35230 Cd. Bermejillo, Durango, México.

Integrante del Intergovernmental Working Group de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (IWG-UNCCD).

<sup>‡</sup> Autor responsable (alopez@chapingo.uruza.edu.mx)

---

### RESUMEN

Neutralizar la degradación de las tierras (LDN, por sus siglas en inglés) o equilibrar su deterioro, es un reto planteado por el Comité de Ciencia y Tecnología (CCT) de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (UNCCD, por sus siglas en inglés), de la que México forma parte, es un concepto moderno que va más allá del recurso edáfico, que expresa un objetivo aspiracional global y una meta voluntaria nacional para contrarrestar el avance de la degradación de tierras al 2030. De ponerse en marcha, implicaría detener o revertir la tendencia de disminución de calidad físico-biótica (agua-suelo-planta-atmósfera) que sostiene el funcionamiento de los ecosistemas, de manera que esto permita conseguir un estado de equilibrio suficiente para mantener un nivel de salud ecosistémica y una garantía en la seguridad alimentaria para las generaciones futuras. El objetivo del presente ensayo fue analizar qué posibilidades tiene México para poner en marcha los principios y acciones necesarias para prevenir, detener y revertir el ritmo de degradación de sus tierras. Un breve análisis de las circunstancias, tanto a nivel global como en el contexto nacional, donde se vislumbran dificultades para conciliar la política ambiental con las metas de crecimiento económico o asumir las consecuencias por la sobre-explotación evidente de los recursos territoriales, de lo contrario LDN solo llegará a ser un reto frustrado ante la tendencia de la degradación de las tierras y comprometiendo con ello cada vez más la calidad de vida de las futuras generaciones.

**Palabras clave:** *calidad de la tierra; espacios biofísicos; salud ambiental.*

### SUMMARY

Land degradation neutrality (LDN), or balance impairment, is a challenge posed by the Committee on Science and Technology (CST) of the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), of which Mexico is a member. It is a modern concept that goes beyond the edaphic resource, expressing a global goal and a national voluntary target to counteract the advance of land degradation by 2030. This means stopping or reversing the trend of decreasing physical-biotic quality (water-soil-plant-atmosphere) and supporting ecosystems functioning to achieve a state of sufficient balance to maintain a level of ecosystem health and guarantee food security for future generations. The aim of this essay was to analyze Mexico's possibilities for implementing the principles and actions necessary to prevent, halt and reverse the rate of degradation of its lands. A brief analysis of the circumstances, both globally and in the context of Mexico, where environmental policy goals and economic growth must be reconciled. Otherwise, the consequences of over-exploiting resources must be faced and LDN will become only a frustrated challenge to the trend of land degradation and the quality of life of future generations will be increasingly compromised.

**Index words:** *land quality; physical-biotic space; environmental health.*

### INTRODUCCIÓN

El concepto formal de tierra, establece que es la superficie del planeta terrestre, que abarca la tierra y los recursos de la misma refiriéndose al área de

---

#### Como citar este ensayo:

López Santos, A. 2016. Neutralizar la degradación de las tierras, una aspiración global. ¿Es posible lograrlo en México? *Terra Latinoamericana* 34: 239-249.

---

Recibido: agosto de 2015. Aceptado: febrero de 2016.

Publicado como ensayo en  
*Terra Latinoamericana* 34: 239-249.

la superficie del globo terrestre, abarcando todos los atributos de la biosfera inmediatamente por arriba y por debajo de esa superficie, incluyendo aquellos atributos climáticos cercanos a la superficie, el suelo y las formas del terreno, el componente hidrológico, –incluyendo lagos poco profundos, ríos, humedales y pantanos– las capas sedimentarias cercanas a la superficie, agua subterránea asociada, reservas geohidrológicas, poblaciones de animales y vegetales, modelos de asentamientos humanos y los resultados físicos de la actividad humana pasada y presente (FAO-UNEP, 1997).

En la actualidad el 23% de la superficie del planeta presenta algún grado de degradación con tasas estimadas entre 5-10 millones de hectáreas, afectando alrededor de 1,500 millones de personas a nivel mundial (Stavi y Lal, 2014). El origen de ésta problemática es multifactorial (actividades humanas, variaciones climáticas, cambios/evolución de la naturaleza) y al mismo tiempo multifacético (ambiental, productiva, social, etc.), donde se combinan con distinto orden y magnitud: las políticas públicas (gobernanza), la cultura de uso, manejo y protección de los recursos naturales, el medioambiente, las características biofísicas del territorio y la variabilidad climática (Grainger, 2015; Gnacadja, 2015; UNCCD, 2015).

Entre los años 70's y 90's del Siglo XX se identificaron y reconocieron por su magnitud a nivel global cuatro tipos de degradación de las tierras en su componente edáfico: 1) erosión hídrica ( $10.9 \times 10^8$  ha); 2) erosión eólica ( $5.5 \times 10^8$  ha); 3) degradación física ( $2.4 \times 10^8$  ha); y 4) degradación química ( $0.8 \times 10^8$  ha); magnitudes que varían de un país a otro (Gnacadja, 2012). Por ejemplo, en el caso de México, una estimación promedio basada en distintos reportes (Garrido y Cotler, 2010; SEMARNAT, 2011; CONAFOR-UACH, 2013) indica que el 69.7% ( $135.4 \times 10^6$  ha) de sus tierras ( $194.98 \times 10^6$  ha) presentan algún grado de degradación para el componente edáfico, donde la erosión hídrica aparece como la más importante con un 25.4% ( $49.4 \times 10^6$  ha), seguida por la degradación química y la erosión eólica con el 20.1% ( $39 \times 10^6$  ha) cada una, y por último la degradación física con el 4.1% ( $7.9 \times 10^6$  ha); problemática exacerbada en años recientes ante una mayor variabilidad climática (SEMARNAT-INECC, 2012).

México como parte de la UNCCD –desde su creación en 1994 con 194 países miembros–

ha contribuido como Región Latinoamericana y Caribeña en la construcción de acuerdos encaminados a fortalecer la filosofía de la sustentabilidad y la promoción de medidas de mitigación de los efectos de degradación de tierras en sus diferentes formas (FAO-UNEP-CONAZA, 1994; Carabias, 2005; UNCCD, 2011). Los antecedentes marcan esfuerzos en ésta materia desde la década de los años 40's con la Ley de Conservación de Suelos y Agua, y hasta los años 80' y 90's que se presentaron formas más organizadas de la administración pública con la promulgación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en 1988, así como mediante la creación de dos entidades administrativas como son la Comisión Nacional del Agua (CNA) en 1989 y la Secretaría del Medioambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en 1994 (SEMARNAT, 2013).

LDN debe ser reconocido como el resultado de un gran debate basado en información sobre la magnitud actual y tendencias probables sobre el deterioro de los recursos naturales, lo cual compromete la calidad de vida de las generaciones futuras (UNCCD, 2012; UNCCD, 2014a; FAO-ITPS, 2015; Gnacadja, 2015; Grainger, 2015); por ello, el objetivo del presente ensayo fue analizar las posibilidades que tiene México para poner en marcha los principios y acciones necesarias para prevenir, detener y revertir el ritmo de degradación de sus tierras.

## IMPORTANCIA DE LA DEGRADACIÓN DE LA TIERRA Y RETOS

Los términos suelo y tierra empleados en el presente documento, por un tiempo fueron debatidos debido a su gran relación –suelo/tierra o suelo/paisaje– después de gran diversidad de aportaciones, la FAO-UNEP (1997) diferencia ambos términos de manera que la tierra se concibe como una entidad mayor donde están contenidos tres componentes primordiales: recursos edafológicos o los suelos, los recursos hidrológicos y los recursos bióticos, en el que por supuesto también aparece la sociedad.

### Degradación de la Tierra y Cambio Climático Global

La degradación de las tierras bajo el enfoque de la UNCCD (2013a, b) se define como: “*pérdida o reducción en zonas áridas, semiáridas y sub-húmedas,*

de la productividad biológica y económica, de la agricultura de temporal y de riego, agostaderos, tierras forestales y bosques, resultado de los usos de la tierra o una combinación de procesos, incluyendo aquellos derivados de actividades humanas y patrones de poblamiento que habitualmente producen: 1) Erosión del suelo por agua o viento; 2) Deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; y 3) Pérdida de la vegetación a largo plazo.”

La UNCCD (2013a), menciona además que la degradación es la resultante de dos factores fundamentales: variaciones climáticas (VC) de larga y corta duración y actividades humanas (AH); las VC de corta duración se distinguen por sequías y ondas de calor, afectando de diversas formas la estabilidad y resiliencia de los sistemas socio-ecológicos (SSE); en tanto que las AH caracterizadas por los cambios en el uso del suelo mediante prácticas de deforestación para dar paso a la agricultura, ganadería y la urbanización. Parte de esta problemática se ha concentrado en los SSE de las tierras secas, las cuales ocupan aproximadamente el 45% de la superficie del planeta donde habitan alrededor de 2 mil millones de personas, representando el 33.8% de la población mundial (Al-Kaisi *et al.*, 2012; Cruse, 2012; UNCCD, 2013b).

En el reporte más reciente de Nkonya *et al.* (2011) sobre la valoración de la degradación global de las tierras (GLADA, por sus siglas en inglés), este problema se estima en alrededor de 1964 millones de hectáreas, superficie en la que contribuyen en mayor medida (83.6%) los dos tipos de erosión mencionadas: hídrica y eólica, con el 55.7 y 27.9%, respectivamente;

enseguida con el 15.9% se encuentran la química y física con 11.8 y 4.02%, respectivamente. La regiones que presentan los mayores impactos en este sentido son por orden de importancia: Asia, 38%; África, 25.2%; América Latina, 15.6%; y Europa, 11.3%; las regiones con el menor grado de degradación de sus territorios son: Australia-Pacífico, 5.2%; y América del Norte, 4.9% (Cuadro 1).

Aunado a lo anterior, Stavi y Lal (2014) mencionan que la degradación de la tierra al sumar los cuatro valores relativos de severidad definidos (ligera, moderada, severa y muy severa) en éste mismo reporte (GLADA) muestran que de mayor a menor grado se encuentran: Europa 91%; Centro y Sudamérica 77%; Asia-Pacífico 73%; África, Norte y medio Este 71%; África Sub-Sahara 67%, Norte América 48% y Norte de Asia 47%; de los que destacan por el grado de severidad de degradación de la tierra los países africanos ubicados en alrededor del desierto del Sahara (Figura 1).

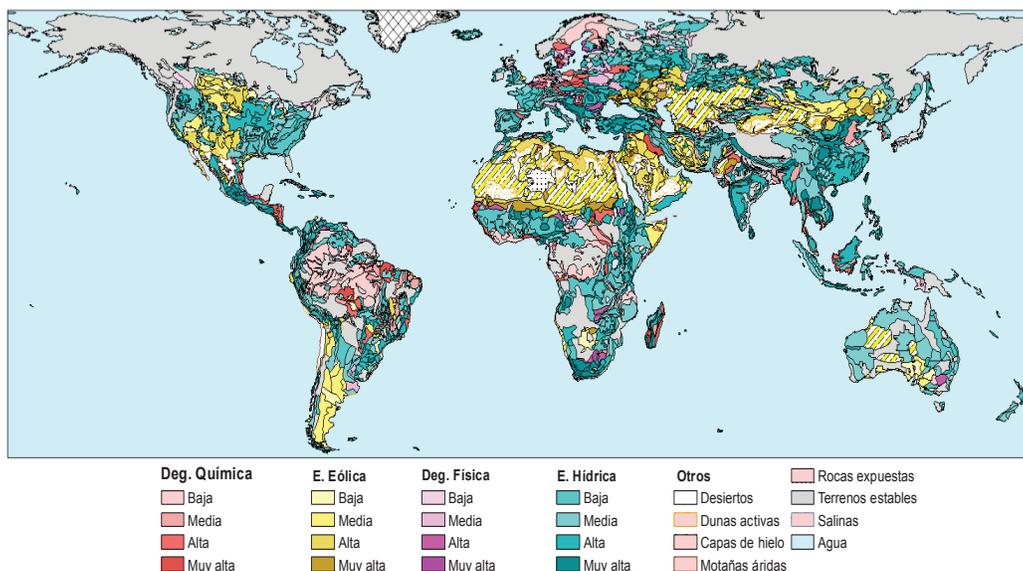
Además de lo anterior, se reconoce que los impactos directos del cambio climático en los sistemas naturales, económicos y en la salud humana por altas temperaturas y cambios en los patrones de lluvia, son cada vez más evidentes, siendo el sector de la producción primaria (agropecuaria y forestal) uno de los más afectados; las ondas de calor, la sequía y los incendios forestales han sido una combinación adversa para la estabilidad de los SSE alrededor del mundo (Cruse, 2012; Al-Kaisi *et al.*, 2012; Lal *et al.*, 2012).

Según la UNCCD (2013b) en el transcurso de una década (2000-2010) se han registrado temperaturas extremas con más frecuencia (IPCC, 2012). Por

**Cuadro 1. Extensión de la degradación de la tierra inducida por el hombre (millones ha).**

Tipo degradación	Mundial	Asia	Asia Occidental	África	América Latina	América del Norte	Australia Pacífico	Europa	% del total
1. Erosión hídrica	1094	440	84	227	169	60	83	115	55.7
2. Erosión eólica	548	222	145	187	47	35	16	42	27.9
3. Degradación química	233	70	53	60	76	---	1	26	11.8
Agotamiento de nutrientes	135	15	6	45	72	---	---	3	6.87
Salinidad	76	53	47	15	4	-	1	4	3.87
Contaminación	22	2	+	+	+	-	-	19	1.12
4. Degradación física	79	12	4	18	13	1	2	36	4.02
5. Otra	10	3	1	2	1	-	1	2	0.51
Total	1964	747	287	494	306	96	103	221	
% del total	100	38		25.2	15.6	4.9	5.2	11.3	

+ = incremento de la degradación con valores inferiores a 1; - = disminución de la degradación con valores inferiores a 1. Fuente: Nkonya *et al.*, 2011.



**Figura 1. Degradación de la tierra por influencia antrópica a nivel global (Fuente: ISRIC, 2015).**

ejemplo, en China, más de 400 millones de habitantes se ven afectados por la desertificación, que genera una pérdida económica directa anual superior a 10 mil millones de dólares americanos (USD), en tanto que en la India, las pérdidas debidas a la erosión se multiplicaron por seis entre 1989 y 1994; para ilustrar situaciones críticas ocurridas y que podrían repetirse con más frecuencia véase la información reportada por este organismo internacional que presenta casos extremos en varias regiones del mundo con alteraciones

ligadas a las altas temperaturas y sequías, cuyos costos tienden a ser altos (Cuadro 2).

Al respecto, Cruse (2012) al referirse al tema de los impactos del cambio climático en la agricultura, menciona que: “...en tales circunstancias debe haber una mejora de los cultivos, no solo para sobrevivir en tales condiciones, sino producir durante un período significativo del ciclo de vida, siendo cada vez más importante, y al mismo tiempo también un reto increíble”; situación en la que otros investigadores han

**Cuadro 2. Fenómenos meteorológicos récord desde 2000, vinculados a la variabilidad de las lluvias y temperaturas, así como sus repercusiones económicas y sociales.**

Región impactada (año)	Fenómeno	Impacto/costos
Amazonía Occidental (2010)	Sequía, récord de bajo nivel de agua en el río Negro	Área de 3.2 millones de km <sup>2</sup> con significativo aumento de la mortalidad arbórea
Europa Occidental (2011)	Primavera más cálida y seca registrada en Francia desde 1880	Cosecha de cereal en Francia, 12% menor.
Estados Unidos (Texas, Oklahoma, Nuevo México, Luisiana) (2011)	Verano más cálido y mayor sequía desde 1880	Arden 3 millones de acres (1.5 millones de hectáreas) en incendios forestales/daños provisionales: 6000-8000 millones de USD.
Estados Unidos, parte continental (2012)	Julio, mes más cálido registrado desde 1895 y duras condiciones de sequía.	Drástico aumento de los precios mundiales de los alimentos debido a la pérdida de cosechas.
Rusia Occidental (2010)	Verano más cálido desde 1501	500 incendios forestales en el área de Moscú, pérdida de cosechas de un 25%, 55 000 víctimas mortales/pérdidas económicas, 15 000 millones de USD.

Fuente: UNCCD, 2013b.

puesto especial atención ante la severidad de la sequía en años recientes (Al-Kaisi *et al.*, 2012; Lal *et al.*, 2012; ).

En el transcurso del presente siglo habrá cambios importantes en los sistemas hidrológicos en todo el mundo, en la partes altas de las cuencas se pronostican aumentos en las escorrentías por la presencia de lluvias más intensas y el derretimiento de los cuerpos de nieve y hielo, mientras que en las parte bajas la tendencia es hacia la escasez de agua por la disminución del flujo natural de los ríos, disminución que pondrá en fuerte competencia los diferentes usos de la tierra (Zhou *et al.*, 2010), donde se sabe que la agricultura bajo riego globalmente extrae alrededor del 74%, de la que el 90% se evapora como consecuencia de su mismo uso (uso consuntivo); de tal manera que la agricultura sujeta a la irrigación se verá más afectada (IPCC, 2007; Gudmundsson *et al.*, 2011; IPCC, 2012).

Los cambios tanto en los patrones de las lluvias, como en las escorrentías en términos de la disponibilidad de agua, plantea situaciones aún más críticas a nivel global, ya que alrededor del 80% de la población mundial (7.4 mil millones en 2016) vive en zonas donde el suministro de agua dulce no es seguro (Black, 2010). Normalmente, son zonas en las que se encuentran los hogares más pobres y vulnerables de los países en desarrollo quienes más sufren los impactos de la variabilidad climática.

A escala mundial existe una correlación directa entre la pobreza y la degradación de las tierras. En torno al 42% de los pobres de todo el mundo hay zonas degradadas y marginales para su sustento, en comparación con el 32% de los moderadamente pobres y el 15% del resto de la población (UNCCD, 2013b).

### **Degradación de Tierras y Cambio Climático en México**

La superficie total de México, sin incluir superficie marítima constituida por el Mar Territorial y la Zona Económica Exclusiva, definidas a través de tratados internacionales con los países vecinos, es de poco más de 1.964 millones de km<sup>2</sup>; de los cuales 1.959 millones de km<sup>2</sup> son continentales y poco más de 5 mil km<sup>2</sup> son islas, ocupando con ello el décimo tercer lugar en extensión territorial a nivel mundial y el quinto en el continente americano, después de Canadá, Estados Unidos, Brasil y Argentina (SEMARNAT-INECC,

2012). De esta superficie se estima que poco más del 50% son de clima árido y semiárido donde se asienta alrededor del 18% de la población nacional (González, 2012).

En este tipo de ambientes, limitados por la disponibilidad de agua se vive una situación crítica por la depresión productiva de las economías locales, exacerbada en muchos casos por los impactos de la sequía sobre actividades económicas y los recursos naturales, primordialmente: agua, suelo, flora y fauna, expresada en procesos de desertificación en muchos casos (UACH-CONAZA-SEDESOL-SAGARPA, 2004; IPCC, 2012).

Estudios recientes reportados entre 2010 y 2013, si bien muestran discrepancias en cuanto a las magnitudes para los cuatro tipos de la degradación edáfica (Cuadro 3), coinciden en que el problema se ha exacerbado por el ritmo de explotación de los recursos naturales. Considerando las tres fuentes consultadas (Garrido y Cotler, 2010; SEMARNAT, 2011; CONAFOR-UACH, 2013) se estima que el promedio de la degradación edáfica, con una incertidumbre de 10.6%, es de 1.3 millones de km<sup>2</sup>, lo que representa cerca del 70% del territorio nacional, valor muy cercano a lo reportado en la definición de la Línea Base Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación, LBNDTD (CONAFOR-UACH, 2013).

Además de la magnitud de al degradación de las tierras en México (Cuadro 3), hay que considerar que en la LBNDTD para el análisis integrado de la degradación de las tierras que incluye los componentes edáfico, hídrico y florístico, se reporta que esta problemática en algún grado alcanza una superficie de 1.762 millones de km<sup>2</sup> que represente alrededor del 90.7% del TN, aclarando que entre la degradación severa y extrema suman 0.928 millones de km<sup>2</sup> (47.8% del TN), precisando esta fuente (CONAFOR-UACH, 2013) que: “...este es un problema asociado a la disminución o pérdida de la capacidad productiva de las tierras del país..” (Figura 2).

El grado y tipo de degradación de la tierra está definido a partir de la presión de uso y factor ambiental dominante; por ejemplo encontramos que en los distritos de riego debido a la excesiva extracción de agua del subsuelo para el sostenimiento de cultivos con requerimientos muy altos como es el caso de la producción de forrajes, predominan problemas asociados a la pérdida de la fertilidad y salinización

**Cuadro 3. Magnitud de la degradación de las tierras en México (km<sup>2</sup>) e incertidumbre asociada.**

Tipo de degradación	Garrido y Cotler (2010)	SEMARNAT (2011)	CONAFOR-UACH (2013)	Promedio	DeStd	Error Std	IC95	IE
							----- % -----	
Química	665 842	347 754	157 364	390 320	256 898	148 320	74 160	19.0
IRTN	34.30%	17.90%	8.10%	20.10%				
Erosión hídrica	573 379	229 246	679 966	494 197	235 562	136 002	68 001	13.8
IRTN	29.50%	11.80%	35.00%	25.40%				
Erosión eólica	595 459	184 562	388 552	389 524	205 450	118 617	59 308	15.2
IRTN	30.70%	9.50%	20.00%	20.10%				
Física	32 041	116 566	91 310	79 972	43 388	25 050	12 525	15.7
IRTN	1.60%	6.00%	4.70%	4.10%				
Con degradación	1 866 721	878 128	1 317 191	1 354 013	495 324	285 976	142 988	10.6
IRTN	96.10%	45.20%	67.80%	69.70%				
Sin degradación	76 039	1 064 632	625 569	588 747	495 324	285 976	142 988	24.3
IRTN	4%	55%	32%	30%				

IRTN = importancia relativa del territorio nacional; Promedio = promedio de lo reportado por las tres fuentes consultadas; DeStd=desviación estándar; IC95% = intervalo de confianza al 95%; Error Std = DeStd/ $\sqrt{3}$  (fuentes consultadas); IC 95% = error Std \* 2; IE% = incertidumbre esperada en por ciento.

de los suelos (FCCT, 2012), en tanto que en áreas de temporal y zonas de bosque, debido a características fisiográficas donde se combinan ambientes secos y de montaña, se produce una fragilidad mayor de los suelos a daños por erosión hídrica (Cotler, 2007), de manera que los distintos tipos de degradación se distribuyen conforme a estos dos factores.

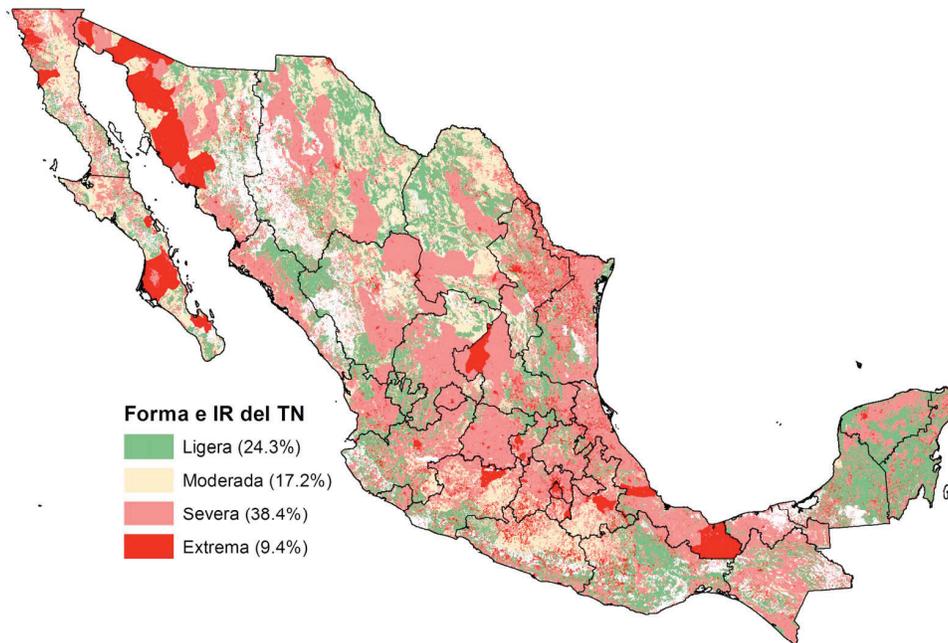
Estos territorios en los que a lo largo de muchos años se han acentuado cambios en los SSE, ha traído como consecuencia que las necesidades de las economías gradualmente se hayan vuelto dependientes del exterior de su propio ambiente (González, 2012); por ejemplo, la agricultura (riego y temporal) y la urbanización (de este territorio) han cambiado dramáticamente paisajes naturales (Postel y Richter, 2010; González, 2012), cuyos efectos deben ser evaluados (Logar *et al.*, 2013), no solo desde el punto de vista biofísico, sino también socioeconómico, a fin de vislumbrar medidas de mitigación y adaptación (PNUD, 2005; UNCCD, 2013b).

Desde el punto de vista sociopolítico y cultural hay varios casos documentados que dan cuenta sobre la manera tan dramática como se han modificado los paisajes naturales. Primero en Mesoamérica, a partir del final del siglo XIV y durante todo el siglo XV, y después en el Norte del territorio nacional, desde el exterior (Desde el Reino de España), coinciden

varios autores (Ardjis, 1999; Bonilla, 1999; Granados, 1999; Cruz-León *et al.*, 2010): literalmente comienza la destrucción de la cultura, los paisajes autóctonos y sus recursos naturales, principalmente por medio de la tala de bosques utilizadas para facilitar las actividades mineras en los alrededores de muchas ciudades como Guanajuato, Zacatecas, y Pachuca entre otras.

Varios estudios dan cuenta clara de la dimensión de los cambios en la gobernanza de los SEE en el Norte de México, tanto para aquellos ocurridos durante la colonización (Plana, 1991; Martínez-Saldaña, 1998; Salas y Berlanga, 2011), así como en el proceso de reestructuración social con la creación del Ejido como una forma de propiedad social de la tierra (campesinización) y su contraparte, la propiedad privada, mediante la Reforma Agraria y la creación de sistemas de irrigación basado en la construcción de grandes presas, obras que en su tiempo igualmente fueron criticadas y apoyadas (Hernández, 1975; Hewitt, 1980), y que hasta la fecha siguen siendo motivo de polémica desde el punto de vista socio-ambiental (Chairez *et al.*, 2006; Postel y Richter, 2010).

Desde el punto de vista de la productividad e ingresos económicos, la reforma al artículo 27 Constitucional y los acuerdos comerciales, establecidos principalmente desde finales de la década de los 90's, entre México, Estados Unidos y Canadá (TLCAN),



**Figura 2. Formas e importancia relativa (IR) del territorio nacional (TN) de la degradación de las tierras atribuible a influencia antrópica. (Fuente: Re-elaborado con base en CONAFOR-UACH, 2013).**

han acelerado los procesos de cambio en todos los órdenes de los SEE, los cuales siguen siendo objeto de análisis en términos de la relación costo/beneficio, ante los desafíos de la pobreza creciente que padecen las economías campesinas (Boltvinik y Damián, 2004).

El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2013), en su informe más reciente sobre las variaciones de la pobreza a lo largo del territorio nacional indica que 53.3 millones mexicanos se encuentran en situación de pobreza, y 11.5 millones en condición de pobreza extrema, donde destacan los estados de Hidalgo, Guerrero, Oaxaca y Chiapas de la parte Centro Sur y en las zonas áridas y semiáridas de Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, en los que los grados de pobreza a nivel estatal se encuentran en los rangos más críticos que van del 40 al 50% y del 60 al 70%, respectivamente.

Esto explica, en parte, la razón por la que en más del 40% del territorio nacional las pérdidas por las sequías en años recientes (2010-2012) haya afectado a 19 entidades del país, superando con ello los 15 mil millones de pesos, que equivale al 6.39% del Producto Interno Bruto (PIB) del sector agropecuario (SEMARNAT-INECC, 2012).

### **El Reto para Poner en Marcha los Principios LDN y Acciones Derivadas**

**Retos global.** El reto global es pues revertir la tendencia de la degradación asumiendo los costos que esto representa; por ello, desde el Reporte de la Comisión Brundtland se ha reconocido la necesidad, entre los países miembros de la ONU en el marco de las premisas planteadas en el documento: “El Mundo que Queremos” (ONU, 1987), de realizar valoraciones en un marco de referencia que tenga en consideración la pregunta: ¿Qué pasaría y cuáles serían los costos si desde ahora “tomamos cartas en el asunto” o no hacemos nada? (Nkonya *et al.*, 2011; UNCCD, 2015). Esto significa que desde ahora deberá considerarse el costo de los daños al medioambiente para empezar a hacer enmiendas o no hacer nada, pero en cualquier caso asumir las consecuencias.

Al respecto, para dimensionar la magnitud de los costos de éste gran reto global se citan los siguientes estudios: Dregne y Chou (1992) en un estudio sobre la dimensión de la desertificación global plantearon que el costo mundial para ese entonces fue de 42 billones de USD (BUSD), lo cual a precios actuales representa

el 8% del PIB; Nkonya *et al.* (2011) en una compilación conocida como GLADA, reportan que para 24 países el costo aproximado de la degradación entre 1992 y 2007 fue de 30.1 BUSD, cantidad que representaría el 5.9% del PIB. Stern (2007), en un estudio también planteó que para mitigar los efectos del cambio climático sería requerido el 1% del Producto Bruto Mundial (PBM) lo que a precios actuales representa 5.9 BUSD.

La UNCCD (2014b) ubica tres rubros estratégicos a nivel global que conciernen de igual manera a otras Convenciones como la de Diversidad Biológica (CDB) y la de Cambio Climático (CMNUCC) que tienen que ver con seguridad alimentaria, seguridad en el uso de agua, y migración, cuyo diagnóstico de referencia es el siguiente:

1) Seguridad alimentaria.- La seguridad alimentaria en la actualidad tiene una pérdida paulatina de la productividad debido a la degradación de la tierra estimada entre 3-5%, lo que representa alrededor de 490 BUSD por año;

2) Seguridad en el uso del agua.- La seguridad en el uso del agua como una necesidad básica presenta alto riesgo en el corto plazo, pues se estima que para el 2025 más de 2.4 billones de personas alrededor del mundo podrían vivir en áreas sujetas a periodos intensos de escasas de este preciado recurso; y

3) Migración.- La migración vinculada a muchos factores, se estima que en los siguientes 10 años 50 millones de personas podrían estar en riesgo de desplazamiento. Lo cual podría ser mayor si continúa la degradación de la tierra en las tasas actuales, por lo que el manejo sustentable de la tierra podría ofrecer una opción concreta más allá de “luchar o volar”, lo cual significa quedarse a afrontar los retos a costa del bienestar propio y el de la familia o emigrar en busca de nuevos horizontes.

**Reto de México.** El reto de México en la meta aspiracional LDN planteada, implica revertir la tendencia de la degradación de la tierra mediante acciones concertadas entre el gobierno, mediante políticas públicas reorientadas, y los diversos sectores de la sociedad (FCCT, 2012), primordialmente con la población afectada y grupos sociales involucrados, como las Organizaciones no Gubernamentales y académicos, en formar parte de acciones de mitigación y adaptación de acuerdo a los lineamientos definidos en el acuerdo 8 de la Conferencia de Partes (COP 11) para el Grupo Intergubernamental de Trabajo (IWG, por sus siglas en inglés) de la UNCCD (Gnacadjá, 2015).

La estimación de costos de la degradación de la tierra, no sería tanto problema, ya que a decir de Almagro (2004): “...en México existe una larga tradición en elaboración de cuentas nacionales, iniciadas desde 1980 por el Banco de México, lo que a partir de 1983 forma parte de las actividades del INEGI”.

Es así que, como parte de los productos del Sistema de Cuentas Nacionales de México, el INEGI presenta las “Cuentas económicas y ecológicas de México” en valores corrientes, con lo cual es posible identificar el impacto ambiental de las actividades económicas, en cuanto al agotamiento de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente (INEGI, 2013). Sin embargo, el Gasto en protección ambiental como proporción del PIB ha sido ligeramente menor al 1.0% en años recientes (2012-2014) (INEGI, 2014).

Durante 2013, el costo económico por los daños ambientales ocasionados por las actividades económicas fue del 5.7% del PIB a precios de mercado. Este rubro es equivalente a dos tipos de costos: 1) por el agotamiento de los recursos naturales que incluye hidrocarburos, recursos forestales y agua subterránea; y 2) por la degradación ambiental, que incluye degradación del suelo, residuos sólidos, contaminación del agua y contaminación atmosférica. Ambos cerraron con un monto de 909 968 millones de pesos (INEGI, 2013).

Sin embargo, la contabilidad ambiental en breve deberá considerar aspectos aún más complejos y de más alto costo socioecológico, derivado de la puesta en marcha de la Reforma Energética, pues como se sabe se reformuló el marco legal, no solo los petrolíferos, sino también los recursos afines, ya que se expidieron nueve Leyes y se reformaron 12 Leyes concurrentes, donde destaca la Ley de Aguas Nacionales (SENER, 2014).

La extracción de gas natural mediante la técnica de perforación profunda y fracturación hidráulica, conocida coloquialmente como “Fracking”, prevista en la mencionada Reforma Energética, de llevarse a cabo, representa una de las mayores amenazas para grandes extensiones del territorio nacional, principalmente para el Norte árido de México, donde el agua como uno de los más preciados recursos podría verse seriamente comprometido por razones de cantidad y calidad, además de los gases que emanen a la superficie con vapores con capacidad para desecar la vegetación contigua a los sitios de extracción.

Además de lo anterior, se daría una competencia

intersectorial por la disponibilidad del agua, por ejemplo agricultura contra “Fracking”, y la calidad del agua para el consumo humano y animal no sería garantizada, como ha ocurrido en casos semejantes (Colborn *et al.*, 2011; Osborn *et al.*, 2011; Small *et al.*, 2014). Osborn *et al.* (2011) en un estudio sobre el impacto de la extracción de gas mediante Fracking en Pensilvania y Nueva York, encontraron concentraciones de metano 17 veces más altas, con hasta 64 mg L<sup>-1</sup> que el promedio en el 85% de los pozos de abastecimiento de agua potable.

## CONCLUSIONES

- La comunidad internacional desde hace tiempo ha reconocido a la degradación de la tierra como problema importante desde varios puntos de vista: económico, social y ambiental. La tendencia de degradación de la tierra deja ver complicaciones futuras para la humanidad. Por el momento se estima que la filosofía del desarrollo sustentable y la aspiración LDN es alcanzable siempre y cuando se tomen medidas en el corto plazo, porque la acumulación de daños a los recursos naturales y el medioambiente podrían llegar a un nivel de entropía o nivel tal que sea imposible su recuperación.

- México se encuentra en un nuevo paradigma, que no es ajeno a otros países en desarrollo, que buscan conciliar la política ambiental con las metas de crecimiento económico, en esta ocasión enfocada a lograr la neutralidad paulatina de la degradación de las tierras al 2030, o asumir las consecuencias por la sobre-explotación evidente de los recursos de sus tierras, de lo contrario LDN solo llegará a ser un reto frustrado ante la tendencia de la degradación de las tierras y comprometiendo con ello cada vez más la calidad de vida de las futuras generaciones.

## AGRADECIMIENTOS

El presente documento, parte de una experiencia vivida por el autor entre 2014 y 2015 como integrante del IWG-UNCCD, formado por 23 especialistas de cinco Regiones Continentales: África (3), Asia (5), Centro y Este de Europa (5), Oeste de Europa y otros grupos (5), y Latinoamérica y Caribe (5). Por ello, se agradece las facilidades otorgadas por parte de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), en

su carácter de Punto Focal de la UNCCD, para ser nominado y ser parte de dicho organismo internacional. Se agradece de manera especial a Jorge Luis García González de la CONAFOR, al Coordinador Regional de la UNCCD en Chile Heitor Matallo, así como a Monique Barbut, Secretaria Ejecutiva de la UNCCD, así como a los miembros del Secretariado, especialmente a Sergio Zelaya y Sasha Alexander. Finalmente, también se agradece a los principales responsables del IWG quienes asumieron con todo profesionalismo su responsabilidad en este organismo internacional, ellos son: Nicholas Hanley y Bongani Masuku, Coordinador y Vicecoordinador respectivamente.

## LITERATURA CITADA

- Al-Kaisi, M. M., R. W. Elmore, J. G. Guzman, H. M. Hanna, Ch. E. Hart, M. J. Helmers, E. W. Hodgson, A. W. Lenssen, A. P. Mallarino, A. E. Robertson, and J. E. Sawyer. 2012. Drought impact on crop production and the soil environment: 2012 experiences from Iowa. *J. Soil Water Conserv.* 68: 19-24.
- Almagro V., F. 2004. Medición del desarrollo sustentable, reto de las cuentas nacionales. La experiencia de México en el cálculo del producto interno bruto ecológico. *Rev. Latinoam. Econ.* 35: 93-119.
- Aridjis, H. 1999. La destrucción de las indias y sus recursos renovables. pp. 21-26. *In:* A. Sánchez Vélez (ed.). *La Destrucción de las indias y sus recursos renovables 1492-1992.* Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Black, R. 2010. Water map shows billions at risk of water insecurity. *Science & Environment, BBC News.* <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-11435522> (Consulta: marzo 30, 2013).
- BM (Banco Mundial). 2015. Indicadores PIB (US\$ a precios actuales). <http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD> (Consulta: marzo 27, 2015).
- Boltvinik, J. y A. Damián. 2004. Introducción. La necesidad de ampliar la mirada para enfrentar la pobreza. pp. 11-42. *In:* M. Scheingart, J. Boltvinik y A. Damián. *La pobreza en México y el mundo. Realidades y desafíos. Siglo XXI.* México, D. F.
- Bonilla R., B. 1999. Historia de la silvicultura mexicana y la destrucción de sus bosques. pp. 165-185. *In:* A. Sánchez Vélez (ed.). *La destrucción de las indias y sus recursos renovables.* Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Carabias, J. 2005. Recursos naturales, desarrollo sustentable y educación: Una visión global. pp. 35-50. *In:* A. Barahona y L. Almeida (eds.). *Educación para La Conservación.* Coordinación de Servicios Editoriales, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F.
- Cháirez A., C., J. Palerm, L. Tijerina, L. Jiménez y T. Martínez-Saldaña. 2006. La regulación del río Nazas ¿acierto o desacierto? *AgroNuevo* 11: 33-60.
- Colborn, T., C. Kwiatkowski, K. Schultz, and M. Bachran. 2011. Natural gas operations from a public health perspective. *Hum. Ecol. Risk Assess.* 17: 1039-1056.

- CONAFOR-UACH (Comisión Nacional Forestal y Universidad Autónoma Chapingo). 2013. Línea base nacional de degradación de tierras y desertificación. Informe final. Comisión Nacional Forestal y Universidad Autónoma Chapingo. Zapopan, Jalisco, México.
- CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2013. Resultados de pobreza a nivel nacional y por entidades federativas 2010-2012. [www.coneval.gob.mx](http://www.coneval.gob.mx) (Consulta: julio 31, 2013).
- Cotler A., H. 2007. Características y manejo de suelos en ecosistemas templados de montaña. INE-SEMARNAT. <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/395/cotler.html> (Consulta: junio 22, 2011).
- Cruse, R. M. 2012. Agriculture: Is climate change a serious issue? 3212 Agronomy/Iowa State University. Ames, IA, USA.
- Cruz-León, A., T. Martínez-Saldaña y M. Á. Damián-Huato. 2010. Las mulas olvidadas por la historia agrícola colonial: una restitución. *Agric. Soc. Desa.* 7: 221-228.
- Dregne, H. E. and N. T. Chou. 1992. Global desertification dimensions and costs. *In: Degradation and restoration of arid lands.* Lubbock: Texas Tech. University. <http://www.ciesin.columbia.edu/docs/002-186/002-186.html> (Consulta: marzo 27, 2015).
- FAO-ITPS (Food and Agriculture Organization of the United Nations - Intergovernmental Technical Panel on Soils). 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR). Main Report. FAO/ITPS. Rome, Italy.
- FAO-UNEP (Food and Agriculture Organization of the United Nations - United Nations Environment Programme). 1997. Negotiating a sustainable future for land. Structural and Institutional Guidelines for Land Resources Management in the 21st Century. FAO/UNEP. Rome, Italy.
- FAO-UNEP-CONAZA (Food and Agriculture Organization of the United Nations - United Nations Environment Programme-Comisión Nacional de Zonas Áridas). 1994. Plan de acción para combatir la desertificación en México (PACD-MEXICO). Comisión Nacional de Zonas Áridas-Secretaría de Desarrollo Social. ISBN: 968-838-243-4. México, D. F.
- FCCT (Foro Consultivo Científico y Tecnológico). 2012. Foro Nacional para la Elaboración del Programa Especial de Ciencia y Tecnología en Materia de Agua, realizado en la Ciudad de México el 23 de abril, 2012. Organizado por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C., la Comisión Nacional del Agua y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. [http://www.foroconsultivo.org.mx/eventos\\_realizados/foro\\_agua\\_2012/pecyt\\_agua.pdf](http://www.foroconsultivo.org.mx/eventos_realizados/foro_agua_2012/pecyt_agua.pdf). (Consulta: septiembre 25, 2012).
- Garrido, A. y H. Cotler. 2010. Degradación de suelos en las cuencas hidrográficas de México. pp. 104-107. *In: H. Cotler A., A. Garrido Pérez, N. Luna González, C. Enríquez Guadarrama y M. L. Cuevas Fernández (eds.). Las cuencas hidrográficas de México, diagnóstico y priorización.* Pluralia. México, D. F.
- Gnacadjá, L. 2012. Moving to zero-net rate of land degradation. Statement by Executive Secretary. UN convention to combat desertification, Rio de Janeiro. <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/secretariat/2012/UNCCD%20ES%20Statement%20at%20PR%20in%20NY%20on%2026%20March%202012.pdf>. (Consulta: marzo 29, 2013).
- Gnacadjá, L. 2015. New challenges in science and policies to combat desertification. *J. Arid Environ.* 112: 1-4.
- González M., F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. SEMARNAT-INECC. México, D. F.
- Grainger, A. 2015. Is land degradation neutrality feasible in dry areas? *J. Arid Environ.* 112: 14-24.
- Granados S., D. 1999. Recursos y culturas de las zonas áridas de México. pp. 129-139. *In: A. Sánchez Vélez (ed.). La Destrucción de las indias y sus recursos renovables 1492-1992.* Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Gudmundsson, L., L. M. Tallaksen, and K. Stahl. 2011. Projected changes in future runoff variability a multi model analysis using the A2 emission scenario. Technical Report No. 49. Water and Global Change. <http://www.eu-watch.org/publications/technical-reports> (Consulta: marzo 29, 2013).
- Henández A., P. 1975. ¿La explotación colectiva en la Comarca Lagunera es un fracaso? B. Costa-Amic. México, D. F.
- Hewitt de A., C. 1980. La modernización de la agricultura mexicana, 1940-1970. 2da edición en español. Siglo XXI. México, D. F.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2014. Producto interno bruto (PIB) y cuentas nacionales. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/cuadrosestadisticos/GeneraCuadro.aspx?s=est&nc=749&c=25748> (Consulta: febrero 26, 2016).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2013. Cuentas económicas y ecológicas de México 2013. Boletín de prensa núm. 554/14, Aguascalientes, Ags., México. <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Boletines/Boletin/Comunicados/Especiales/2014/diciembre/comunica7.pdf> (Consulta: marzo 28, 2015).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al cuarto informe de evaluación del grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC. Ginebra, Suiza.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2012. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Lal, R., J. A. Delgado, J. Gulliford, D. Nielsen, Ch. W. Rice, and R. S. van Pelt. 2012. Adapting agriculture to drought and extreme events. *J. Soil Water Conserv.* 67: 162-166.
- Logar, I. and J. C. J. M. van den Bergh. 2013. Methods to assess costs of drought damages and policies for drought mitigation and adaptation: Review and recommendations. *Water Resour. Manage.* 27: 1707-1720.
- Martínez-Saldaña, T. 1998. La diáspora tlaxcalteca, la expansión agrícola mesoamericana al Norte de México. Ediciones Tlaxcallan, DIF Tlaxcala, Gobierno del Estado de Tlaxcala. México, D. F.
- Nkonya, E., N. Gerber, P. Baumgartner, J. von Braun, A. de Pinto, V. Graw, E. Kato, J. Kloos, and T. Walter. 2011. The economics of land degradation. Toward an integrated global assessment. *Development Economics and Policy.* Vol. 66. Peter Lang Publishing Group. Frankfurt, Alemania.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 1987. Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Nota del Secretario General. Desarrollo y Cooperación Económica Internacional: medio ambiente. <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/42/427> (Consulta: marzo 27, 2015).

- Osborn, S. G., A. Vengosh, N. R. Warner, and R. B. Jackson. 2011. Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing. *PNAS* 108: 8172-8176.
- Plana, M. 1991. El reino del algodón en México: La estructura agraria de La Laguna, 1855-1910. Ayuntamiento de Torreón 91-93. Torreón, Coah., México.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2005. Marco de políticas de adaptación al cambio climático: Desarrollo de estrategias, políticas y medidas. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Postel, S. y B. Richter. 2010. Ríos para toda la vida. La gestión del agua para las personas y la naturaleza. SEMARNAT-INE. México, D. F.
- Sala D., M. y G. Berlanga G. 2011. El Río Nazas a través de sus obras hidráulicas. Torreón, Coah., México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013. Conócenos. Antecedentes. <http://www.semarnat.gob.mx/conocenos/antecedentes> (Consulta: febrero 23, 2016).
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2011. Estrategia nacional de manejo sustentable de tierras. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. ISBN: 978-607-7908-42-5. México, D. F.
- SEMARNAT-CNA (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional del Agua). 2008. Programa nacional hídrico 2007-2012. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/PNH\\_05-08.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/PNH_05-08.pdf). ISBN 968-817-836-5 e ISBN 978-968-817-836-2. México, D. F.
- SEMARNAT-INECC (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2012. México. Quinta comunicación nacional ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. SEMARNAT-INECC. ISBN: 978-607-8246-50-2. México, D. F.
- SENER (Secretaría de Energía). 2014. Promulgación de la Reforma energética, Leyes secundarias. [http://www.energia.gob.mx/webSener/leyes\\_Secundarias/](http://www.energia.gob.mx/webSener/leyes_Secundarias/) (Consulta: marzo 30, 2015).
- Small, J. M., P. C. Stern, E. Bomberg, S. M. Christopherson, B. D. Goldstein, A. L. Israel, R. B. Jackson, A. Krupnick, M. S. Mauter, J. Nash, D. W. North, S. M. Olmstead, A. Prakash, B. Rabe, N. Richardson, S. Tierney, T. Webler, G. Wong-Parodi, and B. Zielinska. 2014. Risks and risk governance in unconventional shale gas development. *Environ. Sci. Technol.* 48: 8289-8297.
- Stavi, I and R. Lal. 2014. Achieving zero net land degradation: Challenges and opportunities. *J. Arid Environ.* 112: 44-51.
- Stern, N. 2007. The economics of climatechange: The stern review. Cambridge University press. UK.
- UACH-CONAZA-SEDESOL-SAGARPA (Universidad Autónoma Chapingo-Comisión Nacional de las Zonas Áridas - Secretaría de Desarrollo Social - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2004. Escenarios climatológicos de la República mexicana ante el cambio climático. UACH, Depto. de Suelos. Chapingo, México.
- UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 2011. Desertificación, una síntesis visual. Manual de la CNULD en español. ISBN: 978-92-95043-53-4. Luxemburgo.
- UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 2012. Zero net land degradation. A sustainable development goal for Rio+20 to secure the contribution of our planet's land and soil to sustainable development, including food security and poverty eradication. Printed by Ediouro Grafica e Editora. ISBN 978-92-95043-62-6. Brasil.
- UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 2013a. Desertification, a visual synthesis. UnitedNationsConventions to Control Desertification. UNCCD Publications. <http://www.unccd.int/en/resources/publication/Pages/default.aspx> (Consulta: julio 1, 2013).
- UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 2013b. 2da Conferencia Científica de la CLD; Aspectos económicos de la desertificación, la degradación de las tierras y la sequía: Metodologías y análisis para la toma de decisiones. <http://2sc.unccd.int/es/inicio>. I(Consulta: marzo 28, 2013).
- UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 2014a. Land degradation neutrality resilience at local, national and regional levels. United Nations Convention to Combat Desertification. UN Campus, Platz der Vereinten Nationen 1, 53113 Bonn, Germany.
- UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 2014b. The UNCCD: Laying the ground work for future security (2014-2015). Secretariat of the United Nations to Combat Desertification. UN Campus, Platz der Vereinten Nationen 1, 53113 Bonn, Germany.
- UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 2015. Climate change and desertification: Anticipating, assessing & adapting to future change in drylands. Impulse report for 3rd SC-UNCCD. Ed. UNCCD co-edition of Agropolis International. ISBN: 978-2-35682-379-3 Montpellier, France.
- Zhou, Y., F. Zwahlen, Y. Wang, and Y. Li. 2010. Impact of climate change on irrigation requirements in terms of ground water resources. *Hydrogeol. J.* 18: 1571-1582.