

La vulnerabilidad de erosión de suelos agrícolas en la región centro-sur del estado de Nayarit, México*

The vulnerability of agricultural soils to erosion in the central-south region of the State of Nayarit, Mexico

La vulnérabilité d'érosion des sols agricoles dans la région centre-sud de l'état de Nayarit, en Mexique

Verhonica Zamudio**

Elizabeth Méndez***

Recibido: 2011-02-14

Aceptado: 2011-03-18

Evaluado: 2011-04-10

Publicado: 2011-06-30

* Este artículo es el resultado de la investigación "Evolución y prospectiva de los impactos económico-ambientales del manejo del agua y la vulnerabilidad de los suelos. Región Centro-Sur del estado de Nayarit, México", desarrollada por Verhonica Zamudio para obtener el grado de Maestría en Desarrollo Regional por El Colegio de la Frontera Norte. El trabajo fue dirigido por Elizabeth Méndez en agosto de 2008.

** Maestra en Desarrollo Regional por El Colegio de la Frontera Norte. Profesora de la Universidad Autónoma de Nayarit. Unidad Académica de Economía. E-mail: zamsant@gmail.com

*** Profesora-investigadora de El Colegio de la Frontera Norte. Departamento de Estudios Urbanos y Medio Ambiente. Dirección: Blvd. Abelardo L. Rodríguez No. 2925. Zona del Río C.P. 22010, Tijuana, Baja California, México E-mail: emendez@colef.mx

Resumen

El objetivo del estudio es analizar la situación de vulnerabilidad de los suelos agrícolas ante el fenómeno de erosión hídrica y eólica, en la región centro-sur del estado de Nayarit, desde un enfoque económico-ambiental, utilizando una metodología de sistemas geográficos de información y considerando cinco cultivos principales: frijol, hortalizas, maíz, mango y sorgo. A su vez, se destaca que la región cuenta con un sector agrícola debilitado, acompañado de un alto porcentaje de población económicamente activa, con bajos salarios. Esta actividad se ve alterada por su vulnerabilidad ante la erosión de los suelos, afectando mayormente a los suelos de tipo luvisol crónico en los municipios de Tepic y Santa María del Oro, donde se combinan pastizales inducidos. Por otro lado, la erosión es menor en la agricultura combinada con selva caducifolia, lo que muestra la necesidad de generar y actualizar información edafológica en la región.

Palabras clave autores: Recursos naturales, agricultura, suelos, erosión hídrica y eólica, vulnerabilidad.

Palabras clave descriptores: Erosión de suelos, conservación de suelos agrícolas, erosión hídrica, erosión eólica.

Abstract

This article analyzes the vulnerability of agricultural soil erosion; specifically water erosion and air erosion phenomenon, in the Center-South Region of Nayarit supported by a Geographic Information System (GIS) methodology, considering five main crops: bean, vegetables, maize, mango and sorghum. Furthermore, stands out that the Region has a debilitated agricultural sector accompanied by a high percentage of labor force with low wages. This activity is affected by soil erosion vulnerability, affecting mainly to Chromic Luvisol soil in the municipalities of Tepic and Santa María del Oro where agriculture and induced grassland are combined, and on the other hand, the erosion is less in the agriculture combined with deciduous forest. This illustrates the need to generate and update edaphology information in the Region.

Key words authors: Natural resources, agriculture, soils, water and air erosion, vulnerability.

Key words plus: Soil Erosión, Agricultural Soils Conservation, Hydric Erosion, Aeolian Erosion.

Résumé

Le but de cette recherche est d'analyser la situation de vulnérabilité des sols agricoles face au phénomène de l'érosion hydrique et éolienne dans la région centre-sud de l'état de Nayarit, dès un point de vue économique-environnemental, en utilisant une méthodologie de systèmes géographiques d'information et en tenant compte de cinq cultures principaux: les haricots, les légumes, le maïs, la mangue et le sorgho. Au même temps, il faut remarquer le faible secteur agricole de la région, accompagnée d'un pourcentage élevé de population économiquement active, avec des bas salaires. Cette activité est modifiée par sa vulnérabilité face à l'érosion des sols, en touchant surtout les sols de type luvisol chronique dans les communes de Tepic et Santa Maria del Oro où les prairies artificielles se combinent. D'un autre côté, l'érosion est plus basse dans l'agriculture combinée avec la forêt à feuilles caduques, celui-ci montre le besoin de générer et d'actualiser l'information pédologique dans la région.

Mots-clés auteurs: ressources naturelles, agriculture, sols, érosion hydrique et éolienne, vulnérabilité.

Mots-clés descripteurs: érosion des sols, conservation des sols agricoles, érosion hydrique, érosion éolienne

Introducción

El presente trabajo muestra los resultados obtenidos a través del análisis de la vulnerabilidad de los suelos agrícolas, por la acción de la erosión eólica e hídrica de la región centro-sur de Nayarit en los periodos 1990 y 2000, con base en la generación de un sistema de información geográfica. Por tanto, el objetivo de este artículo es analizar información de tipo biótico, abiótico y socioeconómico a nivel de cuenca hidrológica, para determinar la zona de vulnerabilidad ante el fenómeno de erosión que se presenta en los campos agrícolas de la región.

El trabajo se encuentra seccionado en cinco partes. La primera describe las causas del fenómeno de la erosión de los suelos, la relevancia del sector agrícola en relación con la seguridad alimentaria, así como la necesidad de llevar a cabo un mejor uso y aprovechamiento de los recursos naturales, específicamente los suelos. La segunda parte contextualiza la situación en la región de estudio, abordando una descripción socioeconómica y caracterización edafológica y de erosión. En la tercera se muestran los detalles de la metodología empleada en el análisis. En la sección que sigue se hace referencia a los resultados del análisis, destacándose la incidencia de cada tipo de erosión según características edafológicas, tipos de agricultura, nivel de producción, relación entre los niveles de erosión de tipo eólica e hídrica, para finalizar con la parte de conclusiones.

Los recursos naturales, la agricultura y la erosión del suelo

En términos económicos, existen agentes que inciden en la oferta y demanda de bienes y servicios en los mercados. Estos agentes se encuentran representados por los empresarios, consumidores y propietarios de los recursos productivos. La microeconomía presenta un esquema donde no está explícito el comportamiento de la oferta y demanda de recursos naturales. En primer lugar, se tiene que la demanda se compone de bienes y servicios producidos, es decir exclusivamente de aquellos que genera el hombre a través de procesos productivos. En segundo lugar, no quedan claramente definidos los determinantes de los empresarios en la decisión de qué y cuánto producir, pues pareciera que el capital es prácticamente su único limitante. En tercer lugar, se plantea que la demanda se da en torno a la utilidad que los bienes y servicios tienen para el consumidor, lo implica que existen bienes y servicios sustitutos; sin embargo, los recursos naturales no son completamente reemplazables, a pesar de la tecnología (Ferguson & Gould, 1978).

En el supuesto de que existan claros derechos de propiedad sobre los recursos naturales y que los actores negocien entre ellos, sería muy complejo que dichos actores con intereses económicos logren llegar a un acuerdo en el que se conserve un concepto de sustentabilidad en la negociación, de modo que exista una idea de preservación con el mínimo de deterioro hacia el futuro del recurso.

En principio, existen recursos naturales que no son generados por el hombre en procesos productivos, tal es el caso del agua o el suelo, entre otros. Todo el recurso hídrico que es utilizado como insumo en los procesos de producción, es dado de manera natural y está implícito en el ecosistema terrestre. Es cierto también que, en muchos casos, este recurso requiere algún tipo de procesamiento en su calidad o capitalización en su extracción y transporte, para ser utilizado; en tanto, se convierte así en un bien o servicio que puede ser comercializado; y, desde luego, antes de ser comercializado se ha establecido quién es su propietario y cuáles sus funciones. Pearce (1985) señala que, desde el punto de vista del hombre, esas funciones son: a) proveer de bienes naturales, b) proporcionar recursos naturales para crear bienes económicos, c) dotar de resumideros para los deshechos de la actividad humana y d) actuar como un sistema integrado que aporta los medios para el sostenimiento de todas las formas de vida.

En tanto, se tiene que debido a la interrelación de los elementos bióticos y abióticos que integran los ecosistemas, las alteraciones o modificaciones en estos ocurren en conjunto y en cadena (Gastó, 1980). En efecto, las formas de uso y aprovechamiento de los recursos naturales; dadas con las decisiones tomadas por los agentes económicos, tendrán impacto sobre otros recursos naturales que integran el ecosistema (Colín, Olea & Sánchez, 2003). En lo particular, consideramos que este punto es uno de los más complicados en el entendimiento y logro de la sustentabilidad del desarrollo económico.

Aunque se ha ratificado que el manejo de los recursos naturales incide en la calidad y cantidad de otros recursos naturales, su manejo sustentable e integral en actividades económicas ha parecido ser algo utópico. Aunque exista claridad en el objetivo de un sistema económico sustentable, persisten obstáculos relacionados con la gestión del medio ambiente, por lo que se hace necesaria la intervención gubernamental, pues el mercado no ha mostrado ser ni el más distributivo ni el más amigable con el medio ambiente. “Más allá de la capitalización de la naturaleza por la vía de la racionalidad económica-ecológica formal, la sustentabilidad se debate en el campo emergente de la ecología política, donde entran en juego las percepciones e intereses de los grupos

mayoritarios de la sociedad” (Leff, 2004, p. 191). Es decir, el manejo del medio ambiente está en función de las acciones que lleven a cabo las instituciones, junto a las presiones de los usuarios de los recursos.

Un ejemplo de esta dificultad en un manejo integral de recursos, es lo que ocurre en la agricultura, la cual es considerada como la serie de procesos de artificialización de ecosistemas de recursos naturales, en un principio renovables, con el fin de obtener una cantidad y calidad mayor de productos finales e insumos que la que se daría de manera natural (Gastó, 1980). La agricultura tradicional se basa en los factores naturales como el suelo, el clima y el agua, aunque se han introducido otros factores tecnológicos que ejercen un gran potencial en la agricultura; los recursos naturales no dejan de ser básicos en la productividad agrícola (Klohn & Appelgren, 1999). Por ende, con la definición de ecosistema que Gastó realiza, la explotación del agua utilizada en la agricultura tendrá como resultado posibles modificaciones en el suelo agrícola y en los demás recursos naturales. Y, si la cantidad y calidad de agua y tierra se modifican en una zona que desarrolla agricultura, se esperará que también se modifiquen la cantidad y calidad de la producción agrícola.

En este sentido, la seguridad de contar con alimentos guarda una estrecha relación con la producción agrícola, y ha sido un tema constantemente presente en la agenda del Gobierno mexicano que suele abordarse desde dos ángulos. Por un lado, se requiere hacer frente al acceso de alimentos, sin embargo, también es necesario enfrentar la disponibilidad de los mismos. El acceso a ellos hace referencia a la capacidad económica o adquisitiva de bienes básicos de tipo perecederos; por tanto, según el nivel de ingreso de cada individuo así será su capacidad de acceso a ellos (Torres, 2002). Por otro lado, sobre la disponibilidad alimentaría incide la oferta de dichos bienes perecederos, es decir que el precio, la tecnología, el tamaño de los mercados, las expectativas futuras de los precios, así como el precio de otros bienes, modifican esta disponibilidad. A su vez, ambos aspectos se relacionan entre sí, aunque en principio sean distintos los factores que inciden en cada uno; por lo tanto, la disponibilidad alimentaría delimita el acceso a ciertos alimentos.

El acceso a los alimentos es un problema que se relaciona directamente con la pobreza y la desigualdad de la distribución del ingreso (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], 2000)¹, en consecuencia el esfuerzo de la Ciencia Económica se ha dirigido a analizar la disparidad de los niveles de ingresos de la población. Sin embargo, como la disponibilidad delimita el acceso, y ante la existencia del vínculo entre beneficio económico y explotación ambiental, se ha determinado la necesidad de que dicha ciencia

1 En México, el 20.7 % de la población ocupada percibe hasta un salario mínimo.

contemple el acceso de alimentos desde la disponibilidad alimentaria que se sujeta a la explotación del medio ambiente, específicamente de recursos naturales como suelo, vegetación y agua.

Según el Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe (Comisión Económica para América Latina [CEPAL], 2007), México ha incrementado su índice de producción de alimentos por habitante en un 24.5 % del año 1990 al 2006. A su vez, durante ese mismo periodo, la población ocupada total en el sector agricultor de México se ha reducido en el 53 % y la superficie agrícola se ha incrementado tan solo en 3.5 %. En términos generales, estas cifras suponen un uso intensivo de la tecnología y del medio ambiente.

En lo referente al suelo, este “es un recurso natural, localizado en la superficie de la tierra, integrado por una gama de elementos físicos y químicos que determinan sus características y su potencial empleo (...) en la satisfacción de las necesidades del hombre” (Reyes, 2003, p. 243). En tanto, según la evaluación de la degradación del suelo inducida por el hombre puede ser de dos tipos: a) por desplazamiento del material edáfico como la erosión y b) por deterioro interno o degradación química (contaminación, salinización, etc.); física (encostramiento, compactación, etc.) y biológica. A su vez, los tipos de degradación del suelo se encuentran interrelacionados, pues la presencia de alguno de ellos puede traducirse en la propensión para otro tipo de degradación (Cothler, Cortina & Sotelo, 2007).

Así, se tiene que el 64 % de la superficie nacional presenta algún tipo de degradación, el 23 % se encuentra estable, mientras que el 13 % no cuenta con un uso aparente. En la determinación de la degradación del suelo, se identificaron la deforestación, el cambio de uso de suelos, el sobrepastoreo y la labranza poscosecha como las causas principales responsables del deterioro de los suelos. A su vez, en México la mayor incidencia de los tipos de degradación de suelos es, principalmente, por erosión hídrica, erosión eólica, degradación química, biológica y física, en ese orden (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 1999).

Por tanto, en relación con la seguridad alimentaria y por ende con el sector agrícola, se tiene que el cambio de usos de suelo asociado con la apertura de nuevas áreas para la agricultura, ganadería y urbanización, así como a la labranza poscosecha que se refiere a un manejo inadecuado del suelo después de la cosecha, propician la degradación de suelos agrícolas que usualmente está representada en erosión hídrica y eólica.

Por su parte, la erosión es un proceso natural propiciado principalmente por el agua y el viento; ambos factores remueven el suelo de la superficie del terreno y con ello nutrientes; puede dar paso a la sedimentación y, por último,

a la reducción de los niveles de producción. En estudios realizados en EE.UU. (p. ej. Pimentel, Harvey, Resosudarmo & Sinclair, 1997), se sostiene que el costo total de la erosión de suelo agrícola para 1995 se aproxima a los 44 billones de dólares anuales, lo que representa un 25 % del costo de producción anual (Lal, 1994). Regularmente, ambos tipos de erosión se presentan en conjunto. Sin duda, la erosión se acentúa con las actividades humanas, como es el caso de la agricultura. “En general, todo uso de la tierra, que modifica el tipo y la densidad de las poblaciones vegetales originales y/o que dejan al descubierto la superficie del suelo, propicia su degradación” (Cothler et al., 2007, pp. 5-71).

Como la Organización para la Cooperación del Desarrollo Económico (OECD) (2003) lo señala, el manejo inapropiado de los recursos naturales en la agricultura mexicana, ha estado relacionado con la carencia en suma de esfuerzos entre instituciones. Es decir que, en general, México no ha logrado coordinar objetivos y estrategias “agrícola-ambientales” entre la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y SEMARNAT, y con las diferentes instancias de gobierno federal, estatales y municipales.

Debe tenerse en cuenta que sin un manejo estratégico del medio ambiente, los recursos naturales cumplen sus funciones, pero ello no asegura su aprovechamiento real, ni su peso positivo en la economía. No necesariamente los recursos naturales determinan el nivel de crecimiento económico de una región, como bien lo señala Herfindahl (1968):

No existe ningún tipo especial de recurso natural indispensable para lograr un elevado ingreso nacional o el progreso económico. Podemos afirmar categóricamente que la dotación de recursos naturales con que cuenta un país no tiene por qué ejercer una influencia decisiva sobre la evolución histórica de su ingreso nacional. Basta recordar el éxito económico de países que cuentan con escasos recursos naturales y el que han tenido países con recursos naturales muy diversos. (pp. 19-37)

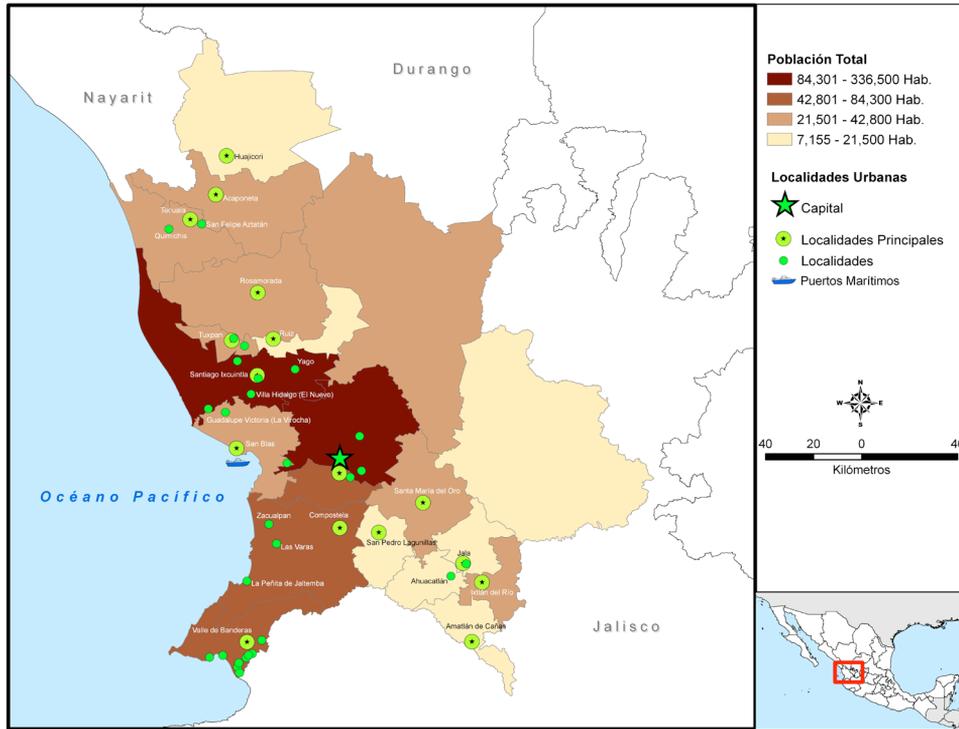
Sin embargo, es necesario considerar que el desarrollo económico debiera contemplar más allá del crecimiento económico en el corto plazo y, por ende, considerar también el equilibrio entre crecimiento económico, uso y conservación de los recursos naturales, ya que como lo señala Quadri (1994, p. 30) “no se trata de frenar el proceso de acumulación, sino de encauzarlo para que no autocancele su viabilidad futura” y de que la dinámica económica funcione con base en las potencialidades de cada economía.

A su vez, aparte de efectuar un mejor manejo de los suelos en la agricultura, se tiene que relacionar con la integración de los demás recursos naturales que conforman el ecosistema en que se está practicando tal actividad económica. En México se llevan algunas décadas intentando que este manejo y gestión se dé a través de cuencas hidrológicas; sin embargo, los esfuerzos aún no han sido suficientes y, en consecuencia, los estudios a nivel cuenca y/o subcuenca son necesarios para lograr objetivos de sustentabilidad ambiental. Definida esta como la generación de un desarrollo considerado en el mediano y largo plazo, con el objeto de que en la actualidad se satisfagan las necesidades de las sociedades, sin comprometer la satisfacción de las necesidades de generaciones futuras. A su vez, la sustentabilidad es un elemento del desarrollo que hace referencia a la manera como se conjugan las actividades económicas y el medio ambiente, considerando los impactos que dicha relación tiene tanto en la esfera económica como en la esfera ambiental, evitando así que un logro económico implique un malestar ambiental (Salazar & Serna, 2006).

Por otro lado, una característica que complejiza el establecimiento de pautas para el manejo de los recursos naturales, es su ubicación espacial. Herfindahl (1968) es muy claro en su planteamiento de que los recursos naturales en el desarrollo económico deben ser primeramente localizados en el espacio, como a manera de inventario, para poder ser aprovechados. Los problemas medioambientales están fijados en el espacio, sus efectos y actores, también, por tanto, las soluciones deben ser analizadas y planteadas desde ahí.

Situación de la agricultura regional

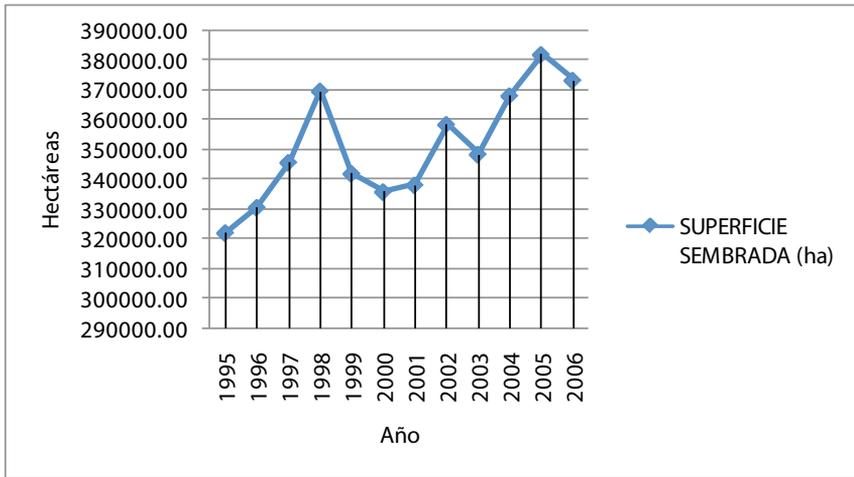
El estado de Nayarit se encuentra ubicado en la región centro-occidente del país, sus coordenadas son de los 23°05' a los 20°36' de latitud norte y 103°43' a los 105°46' de longitud oeste. Colinda al Norte con los estados de Sinaloa y Durango; al Este, con los estados de Durango, Zacatecas y Jalisco; al Sur, con Jalisco y el Océano Pacífico y al Oeste, con el Océano Pacífico y Sinaloa (véase Mapa A).



Mapa A. Ubicación geográfica y población del estado de Nayarit.
Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2000).

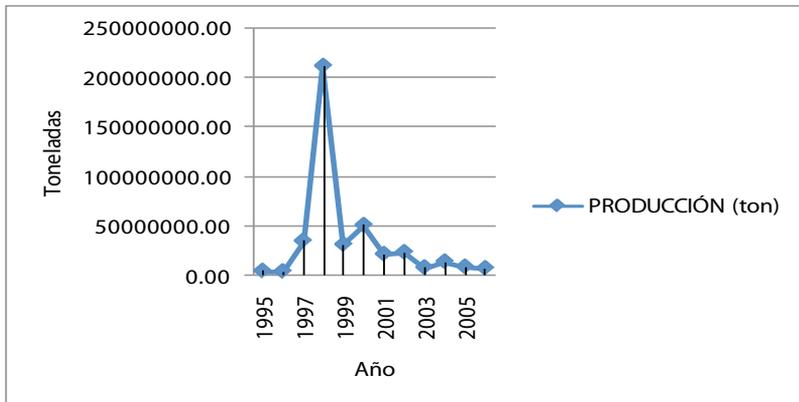
Tiene una extensión territorial de 26.979 km², representando el 1.4 % de la superficie federal total (INEGI, 2000). En términos generales, el estado se ha caracterizado por desarrollar actividades agrícolas, aunque las actividades del sector servicios han tendido a crecer en los últimos diez años. El 40.41 % de la superficie estatal tiene un uso potencial agrícola, superficie que equivale a 525.000 ha y de ellas, el 70 % se encuentra en uso. El 80 % de la agricultura es de temporal, mientras que el 20 % restante se realiza bajo sistemas de riego. Los cultivos principales por extensión de superficie cultivable son frijol, sorgo y maíz.

La Gráfica 1 muestra las oscilaciones que ha presentado la extensión de la superficie cultivada en el estado, teniendo que el año con menor extensión fue 1995 y el de mayor extensión ha sido en 2005. A su vez, durante el periodo 1995-1998 tal extensión tendió a incrementarse, mientras que para el periodo 1999-2001 tuvo un comportamiento contrario.



Gráfica 1. Evolución histórica de la superficie total sembrada en el estado de Nayarit, periodo 1995-2006. Fuente: elaboración propia con base en datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>

En la Gráfica 2 se muestra que en promedio la producción total se ha mantenido por debajo de los 60 millones de toneladas anuales. A su vez, la producción ha tendido a reducirse desde 1998, teniendo algunos ligeros repuntes, pero, en términos generales, no se muestran determinadamente significativos. Se observa que el año con mayor rendimiento fue 1998, mientras que el de menor rendimiento ha sido 1996.

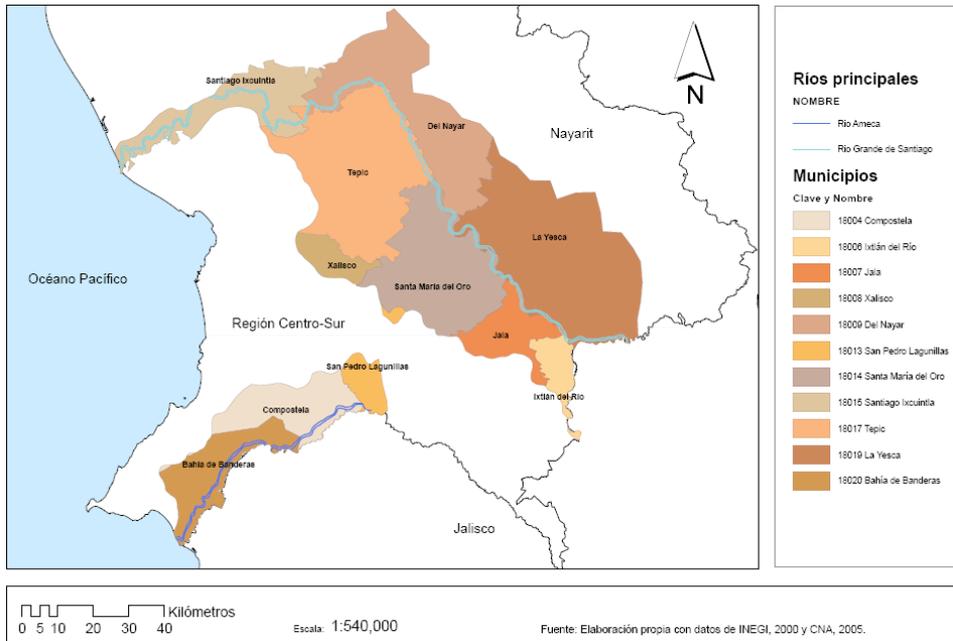


Gráfica 2. Evolución histórica de la producción total agrícola en el estado de Nayarit, periodo 1995-2006. Fuente: elaboración propia con base a datos del SIAP. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>

Considerando las dos evoluciones históricas mostradas en cada gráfica, se confirma que la mayor extensión de superficie cultivada no ha representado un mayor rendimiento. Para 2005 se tuvo la mayor extensión y también una de las cifras más bajas en producción total. Ahora bien, si la economía regional tiende a ser principalmente agrícola y dicha actividad ha presentado una relativa baja productividad, es probable la presencia de marginación y pobreza en la población que directa e indirectamente depende económicamente de este sector productivo. El índice de marginación estatal y municipal que ha estimado el Consejo Nacional de Población (CONAPO) para 1990 y 2000, muestra que el estado de Nayarit posee una alta marginación². Asimismo, en su reporte final destaca que es una de las cuatro entidades federativas que empeoraron en su situación, pues de 1990 a 2000 pasó de una marginación media a una alta.

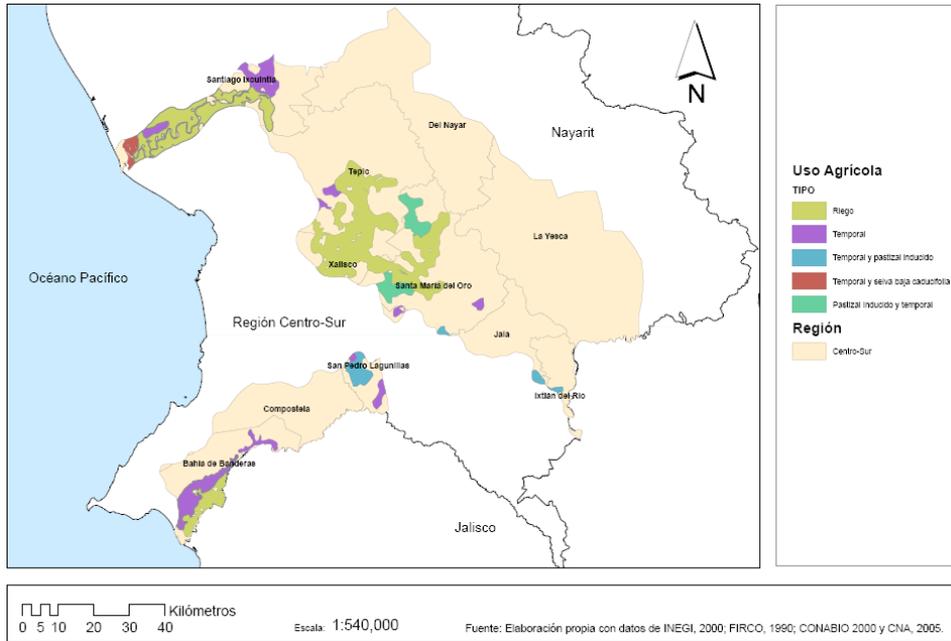
La región centro-sur del estado de Nayarit está integrada por territorio de la cuenca hidrológica del río Santiago-Aguamilpa (RH 12) y de la cuenca hidrológica del río Ameca-Ixtapa (RH 14). A su vez, comprende territorio parcial de diez municipios, a saber: Ixtlán del Río (18006), Jala (18007), Xalisco (18008), Del Nayar (18009), Santa María del Oro (180014), Santiago Ixcuintla (180015), Tepic (180017), La Yesca (180019) y Bahía de Banderas (180020), como se muestra en los Mapas B y C.

2 Las variables que se consideran para estimar tales índices son: educación, vivienda e ingresos durante 1990 y 2000. A su vez, las categorías de marginación para ambos años son muy alta, alta, media, baja y muy baja.



Mapa B. Región de estudio centro-sur de Nayarit.
Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2000).

Nota. Al llevar a cabo el análisis de la investigación se excluye al municipio de Compostela, Del Nayar y La Yesca. El primero debido a que no existen áreas agrícolas dentro del territorio de las cuencas hidrológicas RH 12 o RH 14. Los otros dos municipios se excluyen debido a que no cuentan con un registro de actividad agrícola de los cultivos a los que se avoca la investigación.



Mapa C. Agricultura en el centro-sur de Nayarit.

Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2000).

Los cultivos principales de la región centro-sur son frijol, maíz y sorgo (SAGARPA, 2006). Estos cultivos se realizan en una superficie aproximada de 35.453 ha (Diario Oficial de la Federación, 2000), que forma parte del Distrito de Riego 043, además de contar con agricultura en aproximadamente 140 Unidades de Riego para el Desarrollo Rural (URDERALES) organizadas, con lo que se suman cerca de 28.179 ha más de superficie (SAGARPA, 2003). Los suelos de agricultura de riego y de temporal que predominan en la cuenca hidrológica de Santiago-Aguamilpa y Ameca-Ixtapa, se muestran en la Tabla 1 (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2003).

Se observa que los suelos agrícolas de la región son en extensión preponderantemente de tipo luvisol crómico, fluvisol eutrico y cambisol eutrico, los cuales en conjunto representan más del 60 % del área total cultivable. A su vez, los tres poseen una erodabilidad media, es decir que sus características físicas, topográficas y de manejo hacen al suelo vulnerable o susceptible a la erosión en un rango de 0.13 a 0.38. Cuanto más bajo el nivel del rango mayor es la vulnerabilidad, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 1
Tipos de suelo con uso agrícola en la región centro-sur de Nayarit

Tipo Suelo	Símbolo	Área km ²			Erodabilidad
		Riego	Temporal	Total	
Acrisol húmico	Ah	151.43	3.43	154.86	Media
Andosol húmico	Th	36.56	0.00	36.56	Alta
Cambisol crómico	Bc	6.28	4.98	11.25	Media
Cambisol eutrico	Be	192.14	115.96	308.11	Alta
Cambisol húmico	Bh	102.28	3.43	105.71	Media
Feozem haplico	Hh	90.74	82.30	173.04	Alta
Fluvisol eutrico	Je	238.18	28.85	267.03	Media
Litosol	I	1.94	1.94	3.88	Media
Luvisol crómico	Lc	339.20	15.23	354.43	Media
Regosol eutrico	Re	20.71	7.66	28.37	Alta
Solonchak gleyico	Zg	3.45	3.45	6.90	Media
Vertisol pélico	Vp	48.54	37.35	85.89	Media
TOTAL	-----	1231.45	304.57	1536.02	-----

Fuente: elaboración propia con base en datos de CONABIO (2003).

Tabla 2
Niveles y rangos de erodabilidad.

ERODABILIDAD		
Tipo suelo	Rango variación	Nivel
A	0.16-0.23	Baja
B	0.13-0.38	Media
C	0.13-0.18	Alta
D	0.07-0.12	Muy alta

Fuente: <http://www.land.is/landbunadur/wglgr.nsf/key2/english2.html>

Las Tablas 1 y 2 muestran que las condiciones edafológicas de los suelos agrícolas en la región centro-sur poseen niveles de erodabilidad principalmente de nivel medio y alto. El 35.6 % de la superficie total regional presenta erodabilidad de nivel alto, mientras que el 64.4 % restante de la superficie regional presenta erodabilidad de nivel medio. Esta propensión de erodabilidad puede acentuarse o no, mediante el uso que el hombre da a los suelos agrícolas.

La región centro-sur comprende un total de 673 localidades de las cuales 435 se encuentran a una distancia de hasta 10 kilómetros de la zona agrícola. El 96 % de estas últimas son de tipo rural (menores a 2.500 habitantes). Las 435 localidades cuentan con 165.539 habitantes es decir que comprenden aproximadamente 18 % de la población total estatal. A su vez, cerca del 33 % de la población de dichas localidades es considerada económicamente activa (PEA), de la cual aproximadamente 99 % se encuentra ocupada y cerca del 24 % se ocupa en el sector primario; a su vez, cerca del 26 % de la PEA ocupada percibe entre 0 hasta menos 1 salario mínimo (INEGI, 2000). En consecuencia, es indispensable el fomento de la seguridad alimentaría en tal sección de la población, siendo la agricultura un sector económico que es necesario fortalecer.

En tanto, con el objetivo de incidir en la seguridad alimentaría de la región es pertinente determinar las zonas vulnerables ante la erosión de suelos, ya que dicho fenómeno puede afectar la evolución económica del sector agrícola. Por consiguiente, las acciones dirigidas a reactivar al campo en la región centro-sur de Nayarit deberán tomar en cuenta las condiciones medio ambientales, para tender hacia un equilibrio entre el uso y explotación de los suelos. A fin de cuentas, su conservación puede proporcionar a los agricultores un beneficio ambiental que impacte la disponibilidad alimentaría y un bienestar económico que repercuta en el acceso alimentario en el mediano y largo plazo.

Proceso metodológico (Sistema de Información Geográfica)

La metodología empleada en la presente investigación es un Sistema de Información Geográfica (SIG) que tiene el objetivo de determinar el área agrícola de vulnerabilidad de degradación de suelos agrícolas ante la erosión hídrica y eólica, considerando específicamente los cultivos de frijol, hortalizas, maíz grano, mango y sorgo grano. Para ello, será necesario georeferenciar algunas variables ambientales y otras más de tipo socioeconómico, creando capas de información. Esta es una herramienta que permite realizar el traslape de capas de información, para así obtener unas nuevas con datos derivados del cálculo entre las anteriores (Domínguez, 2000). Las variables que se utilizarán serán bióticas y abióticas, así como socioeconómicas. Las fuentes de información bá-

sicas de tales variables son: Comisión Nacional del Agua (CNA), Sistema de Información Agroalimentaria y Pesca (SIAP), CONABIO, SAGARPA, INEGI y Fideicomiso de Riego Compartido (FIRCO, 1990).

La unidad espacial básica mínima para todos los datos de las variables biótica y abiótica, será municipal. Originalmente, los datos de este tipo de variables son proporcionados en microrregiones o pequeños polígonos, los cuales serán agrupados en el territorio de forma municipal, ya que es la unidad más compatible con el territorio de cuenca. Es decir, se sumarán las áreas de cada polígono según municipio regional correspondiente. No obstante, el análisis se sigue contemplando de manera regional. Por otro lado, los datos de la variable socioeconómica se encuentran originalmente ordenados a nivel municipal y serán considerados bajo esa unidad espacial.

Ahora bien, se destaca que los datos de erosión recabados fueron calculados bajo la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS) de Wischmeier y Smith (1965), que permite estimar la erosión actual y la potencial de los suelos.

$$E = f(RKLSCP)$$

Donde,

E: erosión del suelo (ton/ha anual)

R: erosividad de la lluvia (mj³/ha mm/hr)

K: erosionabilidad del suelo

LS: longitud y grado de la pendiente

C: cobertura vegetal

P: prácticas mecánicas de control de la erosión

En dicha fórmula se tiene que *LS* son factores que no se pueden modificar, a diferencia de *C* y *P* que representan acciones que minimizan o potencian la erosión de los suelos. A su vez, para estimar los diferentes tipos de erosión se agregan factores a la ecuación general, tales como la erosividad de la lluvia (*R*) y la erosividad del viento (*W*), que en un principio son catalogados como factores que tampoco se pueden modificar.

Para poder generar el mapa de vulnerabilidad de erosión de suelos agrícolas en la zona de estudio, se utilizará un sistema de coordenadas de tipo Universal Transverse Mercator (UTM) con una proyección cilíndrica North American Datum 1927, es decir NAD 1927 Zona 13 Norte que cuenta con coordenadas en unidades métricas lineales, a una escala de 1:1.540.000, utilizando el programa ArcMap versión 9.2.

3 Megajoule es una unidad de energía o de cantidad de calor. 1 Mj equivale a 1.000.000 Joules (J).

Resultados y discusión

Vulnerabilidad agrícola ante la erosión de suelos

La superficie regional que tiene uso agrícola corresponde al 20 %. A su vez, en el 68 % de esos suelos se practica agricultura de riego, el 18 % es destinado a agricultura de temporal, el 5 % combina agricultura de temporal con pastizal inducido, mientras que en 2 % de la superficie se practica agricultura de temporal combinándose con selva baja caducifolia; por último, en el 8 % de la superficie se practica pastizal inducido con agricultura de temporal. El área de la región centro-sur de Nayarit, en la cual se desarrollan actividades agrícolas, se ilustra en el Mapa C.

En el centro-sur de Nayarit la mayor área agrícola tiene un suelo de tipo Be caracterizado por ser rico en nutrientes. A su vez, son también predominantes los suelos tipo Hh (que se caracterizan por tener una capa superficial oscura algo gruesa, que es rica en materia orgánica y en nutrientes), Lc (que tiene mucha arcilla en el subsuelo, es más fértil que el Acrisol y cuando se humedece es color rojizo) y Ah (que tiene un alto contenido de materia orgánica en la capa superficial del suelo y poca en el subsuelo), respectivamente. Si vemos en conjunto la agricultura de riego y temporal de la región, se observa que más del 30 % corresponde a suelos de tipo Be (que tiene un subsuelo rico o muy rico en nutrientes) y más del 22 % se trata de suelos tipo Hh. A su vez, si únicamente nos enfocamos en la zona con agricultura de riego, vemos que predominan en poco más de 40 % de la superficie los tipos de suelo Be y Hh, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3
Edafología de la zona con uso agrícola en el centro-sur de Nayarith

Tipo Suelo	Simbología	Presencia porcentual en Cuencas				Presencia porcentual en región centro-sur			
		Santiago- Aguamilpa		Ameca-Ixtapa		Riego		Temporal	
		Riego	Temporal	Riego	Temporal	Riego	Temporal	Riego	Temporal
Acrisol húmico	Ah	14.34	14.74	0.00	1.85	3.87	2.24	Riego + Temporal	6.11
Andosol húmico	Th	4.66	0.00	0.00	0.00	1.26	0.00		1.26
Cambiosol crómico	Bc	0.19	2.02	0.00	0.00	0.05	0.17		0.22
Cambiosol eutrítico	Be	2.03	26.19	97.29	32.99	10.84	20.02		30.87
Cambiosol húmico	Bh	13.31	0.00	0.00	0.00	3.59	0.00		3.59
Feozem háplico	Hh	1.30	10.26	0.10	39.68	0.36	22.29		22.65
Fluvioso eutrítico	Je	26.68	11.72	0.00	0.00	7.20	0.99		8.19
Litosol	I	0.00	0.20	0.00	0.75	0.00	0.42		0.42
Luvisol crómico	Lc	34.73	30.51	0.00	0.00	9.38	2.57		11.94
Regosol eutrítico	Re	1.45	3.02	2.60	0.57	0.67	0.56		1.23
Solonchak gleyico	Zq	0.00	1.35	0.00	0.00	0.00	0.11		0.11
Vertisol pélico	Vp	1.31	0.00	0.00	24.17	0.35	13.05		13.41
-----	-----	100.00	100.00	100.00	100.00	37.57	62.42		100.00

Fuente: elaboración propia con datos de <http://www.conabio.gob.mx/>

Cabe mencionar de esta tabla que se elimina el suelo de tipo Rd ya que no tiene representatividad en la región agrícola, además no se utiliza en la agricultura porque es pobre o muy pobre en nutrientes. Asimismo, el 1 % del área de la cuenca Santiago-Aguamilpa representa zonas de poblados que no fueron contabilizadas. Se observa que el 52 % del área agrícola tiene suelos que presentan una erosión eólica ligera, mientras que cerca del 47 % presenta erosión eólica moderada y el restante 1 % está comprendido por suelos que no cuentan con erosión eólica. Mientras que la erosión eólica ligera se concentra mayormente en el tipo de suelo Je y Lc, la erosión eólica moderada lo hace en este último tipo, además de concentrarse en el suelo tipo Ah. De igual forma, los suelos que menos presentan erosión de este tipo son el Je y el Bh, respectivamente. Esto quiere decir que el tipo de suelos con mayor representatividad superficial en la cuenca (Ah, Be, Hh y Lc) presentan erosión ligera y moderada.

La erosión hídrica en la región agrícola de estudio, se encuentra presente de forma ligera y moderadamente en más del 60 % del área total, mientras que el 30 % del área restante presenta suelos erosionados a niveles altos y muy altos. El tipo de suelo con menor proporción de erosión hídrica es Je. Este tipo de suelos están formados por materiales arrastrados por los ríos con un subsuelo rico y muy rico en nutrientes. En contraste, el tipo de suelo que tiene una mayor proporción de erosión hídrica es el Lc, que se caracteriza por contener mucha arcilla en el subsuelo. En consecuencia, este es uno de los suelos con mayor área de erosión moderada y alta.

Así, se tiene que la erosión hídrica y eólica de los suelos de nivel moderado, alto y muy alto se presenta, en su mayoría, en el suelo tipo Lc, Ah, Be y Vp. El suelo Lc presenta erosión parcial de tipo eólica e hídrica moderada, hídrica alta y muy alta. Se ubica en el número 2 por su extensión superficial en la zona de riego y el número 4 por su extensión en la zona de temporal. Asimismo, este tipo de suelo lo encontramos únicamente en la cuenca del río Santiago-Aguamilpa, por consiguiente, se excluye de él la cuenca del río Ameca-Ixtapa.

Otro de los suelos que presenta erosión parcial de tipo eólica e hídrica alta es el Ah, el cual ocupa el lugar número 4 por su extensión superficial en la zona de riego y el número 5 en la zona de temporal. Este tipo de suelo predomina en la cuenca del río Santiago-Aguamilpa en comparación con la cuenca del río Ameca-Ixtapa. El suelo Be presenta erosión hídrica moderada. A su vez, representa el lugar número 1 por su extensión superficial en la zona de riego y el número 2 en la zona de temporal, predominando en la cuenca del río Ameca-Ixtapa. Otro tipo de suelo que predomina en esa misma cuenca es el Vp, el cual presenta niveles de erosión hídrica muy alta. Al mismo tiempo, ocupa el lugar número 9 por su extensión superficial en la zona de riego y el número 3 en la

zona de temporal. Por otro lado, la construcción del SIG permitió corroborar que ambos tipos de erosión suelen presentarse en conjunto (Lal, 1994). Si se contrastan los datos obtenidos de ambos tipos de erosión, se observa una relación directa entre los niveles de erosión hídrica y eólica para los suelos agrícolas de la zona de estudio. Ello puede también significar que al actuar sobre uno de los tipos de erosión habrá efectos sobre el otro.

En el estudio se observa que existe una concordancia del 100 % entre la no presencia de erosión eólica con la presencia de erosión hídrica ligera. De igual manera, se aprecia que se guarda una relación entre la erosión eólica ligera con la erosión hídrica del mismo nivel. Aunque este tipo de erosión eólica también guarda relación con otros niveles de erosión hídrica, es notorio que tales relaciones son menores. En cuanto a la erosión eólica moderada, se tiene que es con la erosión hídrica alta con la que aparece más a la par. Interpretando la tabla, se observa que el total de las áreas agrícolas de la región que sufren de erosión eólica moderada, se encuentran relacionadas en un 28.2 % con casos de erosión hídrica alta (Tabla 4).

Tabla 4
Relación porcentual entre los niveles de erosión eólica e hídrica

TIPO		Hídrica			
		NIVEL	Muy alta	Alta	Moderada
Eólica	Moderada	27.4	28.2	27.0	17.4
	Ligera	21.0	6.6	30.0	42.4
	Sin erosión	0.0	0.0	0.0	100.0

Fuente: elaboración propia con base en datos de FIRCO (1990) y CONABIO (2000).

Si se analiza la presencia de erosión por tipo agrícola, como se muestra en la Tabla 5, se tiene que el 51 % de los suelos donde se practica agricultura de riego, presenta una erosión eólica ligera, 47 % presenta la moderada y solo 1 % no muestra la del tipo eólica. Respecto a la erosión hídrica se tiene que 15 % la presenta alta, 38 % ligera, 30 % moderada y 16 % muy alta. Por otro lado, la agricultura de tipo temporal presenta erosión eólica en sus suelos a nivel ligero: 49.3 %, moderada 50.5 % y 0.3 % no la muestra. Ahora bien, 14 % de la superficie de agricultura de temporal muestra grados de erosión hídrica altos: 35 % ligera, 45 % moderada y 7 % muy alta.

A su vez, 80 % de la agricultura de temporal que combina selva caducifolia con temporal observa una erosión eólica moderada y un 18 % ligera. En lo que

corresponde a erosión hídrica el 72 % de los suelos la muestra a nivel ligero, mientras que 28 % lo hace a nivel moderado. Hablando sobre agricultura de temporal que combina pastizal inducido, el 67.40 % muestra rasgos moderados de este tipo de erosión. A su vez, 20.18 % de la superficie de este tipo de agricultura presenta erosión hídrica a nivel ligera, 42.20 % a nivel moderado, 24.12 % a nivel alto y 13.49 % a nivel muy alto. Finalmente, el pastizal inducido con agricultura de temporal presenta en el 67.40 % de su superficie erosión eólica a nivel ligero, 32.40 % a nivel moderado y 0.20 % no presenta este tipo de erosión; mientras que 22.80 % de sus suelos presenta erosión hídrica a nivel ligero, 26.40 % a nivel moderado, 24.12 % a nivel alto y 13.49 % a nivel muy alto.

Ahora bien, para analizar la presencia de erosión de suelos con respecto a los tipos de cultivos, se tienen que acotar ambas variables al espacio municipal. La transposición de mapas permite corroborar que en todos los municipios (véanse clave de municipios en Mapa B y Tabla 5) se observa que la región padece algún tipo de erosión hídrica en distintos niveles. También se puede apreciar que 4 de 8 municipios la sufren en sus áreas agrícolas, sobresaliendo los municipios 18014, 18017 y 18013. De esos 4 es el 18017 el que se encuentra en mayor desventaja que los 3 restantes ya que, su superficie agrícola afectada por la acción hídrica es muy alta y alta lo que corresponde al 53 %, le sigue el municipio 18014 con el 48 % de su superficie agrícola. A su vez, los municipios que tienen menos concurrencia de este tipo de erosión son 18015 y 18008.

Tabla 5
Erosión y tipo de agricultura

Tipo agricultura	Área con erosión eólica (%)			Área con erosión hídrica (%)			
	Ligera	Moderada	Sin erosión	Ligera	Moderada	Alta	Muy Alta
Riego	51.00	47.00	1.00	38.00	30.00	15.00	16
Temporal	49.30	50.5	0.30	35.00	45.00	14.00	7
Temporal y selva caducifolia	18.00	80.00	2.00	72.00	28.00	0.00	0.00
Temporal y pastizal inducido	60.20	39.76	0.04	20.18	42.20	24.12	13.49
Pastizal inducido y agricultura de temporal	67.40	32.40	0.20	22.80	26.40	40.70	10.1

Fuente: elaboración propia con base en datos de FIRCO (1990) y CONABIO (2000).

La situación del municipio 18008 llama la atención debido a su contraste entre el hecho de ser el municipio con mayor superficie de suelos con erosión hídrica ligera y a la vez con mayor superficie de suelo con erosión hídrica de nivel alto. En consecuencia, puede inferirse que la zona agrícola de ese municipio, que pertenece espacialmente a la región centro-sur de Nayarit, es un área agrícola vulnerable. Esto quiere decir que de no llevarse a cabo acciones que apunten a la reducción de los efectos de las lluvias y de las actividades antropogénicas, 40 % del suelo con erosión hídrica alta puede tornarse en un nivel muy alto, que tendría consecuencias más severas en la pérdida de suelos, fertilidad y productividad agrícola. En una situación similar se encuentra el municipio 18006, ya que 80 % de su suelo tiene erosión hídrica moderada y sólo el 20 % restante es de tipo ligera.

Las mejores condiciones de erosión hídrica las posee el municipio 18015. Un punto muy importante a su favor es que predominan las condiciones de erosión hídrica ligera en 58 % del total de su área agrícola. A su vez, la suma de las áreas con erosión hídrica moderada y alta es del 40 %, 36 % corresponde al nivel moderado y el restante 4 % al nivel alto. Esto quiere decir que 96 % de sus suelos agrícolas se conservan con niveles de erosión hídrica moderados y que, en consecuencia, impactarán en menor grado a la productividad de dicha actividad económica.

Para el caso de la erosión eólica se tiene un panorama similar al que se tuvo con la erosión hídrica. El mejor escenario lo posee el municipio 18015, debido a que es uno de los pocos municipios que cuenta con suelos sin erosión eólica. A su vez, mientras que el municipio 18015 tiene 11 % de sus suelos erosionados moderadamente, el municipio 18008 posee un área para ese mismo nivel de erosión igual al 81 %. Sobresalen también los casos de los municipios 18006 y 18007, ya que sus suelos mantienen una erosión ligera al 100 %, sin embargo se han catalogado como vulnerables, debido a que más del 50 % de sus suelos poseen a la par erosión hídrica moderada. Por otro lado, el municipio con un escenario de erosión eólica más desfavorable es nuevamente el municipio 18008. Esto se debe a su bajo porcentaje de superficie de suelos con erosión ligera y sin erosión, que corresponden al 17 y 2 %, respectivamente. Por tanto, el 81 % restante del área superficial destinada a la agricultura posee un nivel moderado de erosión eólica.

Contrastando la información relacionada con la erosión es posible realizar un breve análisis y puntualizar las condiciones de vulnerabilidad de la región agrícola centro-sur de Nayarit ante la erosión hídrica y eólica de los suelos. En primera instancia, con base en los niveles de erosión hídrica, se realiza una clasificación de vulnerabilidad ligera, moderada, alta y muy alta. En conse-

cuencia, se tiene que en la primera categoría se destaca al municipio con clave 18015, en la segunda se localiza los municipios 18006 y 18007, en la tercera clasificación se tiene al municipio 18020 y al 18013, mientras que en la categoría de vulnerabilidad muy alta se concentran los municipios 18008, 18017 y 18014.

Pero como la vulnerabilidad es una condición referida a posibles impactos por parte de los tipos y niveles de erosión sobre la producción agrícola, se reordena la categorización de los municipios. En este caso, para los cultivos de maíz, sorgo, frijol, mango y hortalizas, se excluyen los municipios 18008 y 18007, ya que durante el periodo 1995-2007 no cuentan con registro alguno de siembra de las variedades de cultivos señaladas. Por tanto, la zona vulnerable ante la erosión de suelos en la Región Centro-Sur de Nayarit está comprendida por los municipios 18017, 18014, 18013, 18020, 18006 y 18015 en ese orden de importancia (véanse ANEXO, Mapa 7 y Mapa 8).

La Tabla 6 hace referencia al orden de cultivos por mayor extensión que se siembran en los municipios de la zona de estudio, desde 1995 a la fecha, lo que refleja que los cultivos más vulnerables ante la presencia de erosión eólica e hídrica son las hortalizas, ya que son la variedad de cultivos más relevantes por extensión superficial que se realizan en los seis municipios. De igual manera, el segundo cultivo más vulnerable es el frijol, le sigue el maíz, el mango y, por último, el sorgo.

Tabla 6

Tendencia de cultivos de los municipios de la región centro-sur de Nayarit según producción obtenida durante 1995-2007 (véase ANEXO, Mapa 7 y Mapa 8)

No.	Clave	Municipio	Cultivos principales				
			Frijol	Hortalizas	Maíz	Mango	Sorgo
1	18006	Ixtlán del Río	2	1	3	4	5
2	18007	Jala	-----	-----	-----	-----	-----
3	18008	Xalisco	-----	-----	-----	-----	-----
4	18013	San Pedro Lagunillas	2	1	3	4	0
5	18014	Santa María del Oro	2	1	4	3	0
6	18015	Santiago Ixcuintla	2	1	3	5	4
7	18017	Tepic	0	1	0	2	0
8	18020	Bahía de Banderas	2	1	3	5	4

Fuente: elaboración propia con base en datos de SIAP.

Conclusiones

El fomento y fortalecimiento del sector agrícola es una vía esencial para incrementar y asegurar la disponibilidad y accesibilidad alimentaria necesaria en la población de la región centro-sur de Nayarit, fundamentalmente para aquella que percibe hasta 1 salario mínimo que corresponde aproximadamente al 26 % de la PEA ocupada regional. Lo que implica que el estudio represente un análisis previo a uno económicamente riguroso, ya que la aplicación de la ciencia económica y apoyo tecnológico debiera tener el fin de promover el uso responsable de los recursos naturales en la agricultura, evitando la sobreexplotación. En tanto que la agricultura sea sustentable, será posible asegurar la disponibilidad alimentaria.

La vulnerabilidad por tipo de erosión de suelos predominante en la región centro-sur de Nayarit es hídrica, es decir que, principalmente, los suelos agrícolas tienden a degradarse a través de la lluvia. Sin embargo, el análisis demostró que los niveles de cada tipo de erosión tienen una relación directa, esto quiere decir que a mayor nivel de erosión hídrica mayor será el nivel y vulnerabilidad a que los suelos presenten erosión de tipo eólica, y viceversa. También se observó que el tipo de suelo más afectado por el fenómeno de erosión es el luvisol crómico (Lc), sobre todo en los municipios de Tepic (18017) y Santa María del Oro (18014), respectivamente. A su vez, los niveles de erosión tanto eólica como hídrica son mayores en las zonas agrícolas que comparten pastizal inducido, lo que corrobora la importancia de mejorar las técnicas y prácticas agrícolas, mientras que la incidencia de erosión es menor en la agricultura que combina selva caducifolia.

Los niveles más altos del fenómeno de erosión hídrica y eólica son más recurrentes en las áreas de riego de los municipios de Tepic (18017), Santa María del Oro (18014) y Xalisco (18008), respectivamente; mientras que el municipio de Santiago Ixcuintla (18015) y el municipio de Jala (18007) poseen el mejor escenario. En consecuencia, es necesario analizar el cambio de usos de suelos, ya que los municipios 18008 y 18017 son los que poseen una mayor población y localidades de tipo urbanas; sin embargo, el municipio de 18015 cuenta también con una importante población urbana en la localidad de Santiago Ixcuintla. Por otro lado, la vulnerabilidad ante la degradación de suelos por cultivo son: hortalizas, frijol, maíz, mango y sorgo, respectivamente.

A pesar de lo costoso y extenuante que puede ser un estudio sobre la degradación de los suelos, específicamente por erosión, es indudable la necesidad de generar y actualizar información que permita conocer las características y condiciones del suelo, que tan solo es uno de los tantos componentes

de un ecosistema. A medida que en el ámbito de las actividades económicas se considere al medio ambiente, el bienestar ambiental tenderá a repercutir en una mayor y mejor productividad, propiciando que el bienestar económico se mantenga creciente, o al menos constante en el mediano y largo plazo.

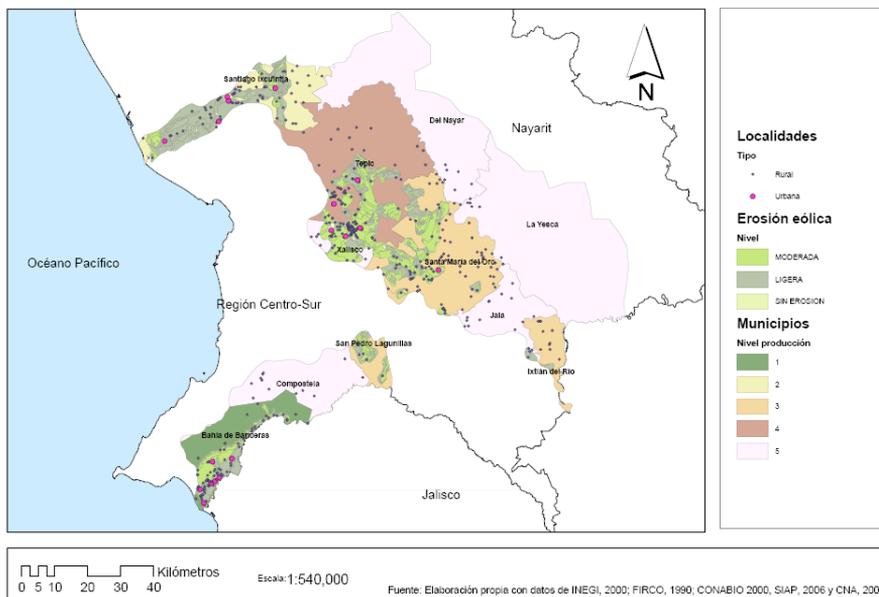
Referencias

- Comisión Económica de las Naciones Unidas para América Latina. (2007). *Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe*. Recuperado en septiembre, 2008 de http://websie.eclac.cl/anuario_estadistico/anuario_2007/esp/index.asp
- Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. (2003). Portal de geoinformación. *Sistema nacional de información sobre biodiversidad*. Disponible en <http://www.conabio.gob.mx/informacin/gis.mx>
- Consejo Nacional de Población. (2000). *Índices de Marginación 2000* (Caps. 2 y 3). México D.F.: Autor.
- Colín Cruz, A., Olea Cardozo, O. & Sánchez Mendieta, V. (2003). Principios ecológicos y la ciencia ambiental. En L. M. Solís Segura & J. A. López Arriaga (Comps.), *Principios básicos de contaminación ambiental* (pp. 49-60). México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Comisión Nacional del Agua. (2007). *Estadísticas del Agua en México*. México: Autor.
- Comisión Nacional del Agua. (2005). *Plan Director del Distrito de Riego 043*. México: Autor.
- Cothler, H., Cortina, S. & Sotelo, E. (2007). La conservación de suelos como interés público. *Gaceta Ecológica*, 83, 5-71.
- Diario Oficial de la Federación. (2000). *Acuerdo por el que se establece el Distrito de Riego número 043, Estado de Nayarit*. México: Autor.
- Domínguez, J. (2000). *Breve introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG)* (Informe Técnico No. 943). Madrid: Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
- Ferguson, C. E. & Gould, J. P. (1978). *Teoría macroeconómica* (2ª ed.). México: Fondo de Cultura Económica.
- Fideicomiso de Riesgo Compartido. (1990). Disponible en http://www.inforural.com.mx/IMG/pdf/Ponencia_FIRCO_a_medios_1.pdf
- Gastó, J. (1980). Bases ecológicas de la modernización de la agricultura. En O. Sunkel (Comp.), *Estilos de desarrollo y medio ambiente en la América Latina* (pp. 341-378). México: Fondo de Cultura Económica.
- Herfindahl, O. C. (1968). *Los recursos naturales en el desarrollo económico*. México: Siglo XXI.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2000). *XII Censo General de Población y Vivienda*. México: Autor.
- Klohn, W. & Appelgren, B. (1999). Agua y agricultura. *Revista CIDOB d'Afers Internationals*, 45-46, 105-126.
- Lal, R. (1994). Soil erosion by wind and water: Problems and prospects. In R. Lal (Ed.), *Soil Erosion Research Methods* (2nd ed., pp. 1-9). Ankeny, IA: Soil and Water Conservation Society/St. Lucie Press.
- Leff, E. (2004). *Racionalidad ambiental: la reapropiación social de la naturaleza*. México: Siglo XXI.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2003). *Evaluación del Desempeño Ambiental: México*. Environmental Performance Reviews. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- Pearce, D. W. (1985). *Economía Ambiental*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Quadri de la Torre, G. (1994). Economía, sustentabilidad y política ambiental. En A. Yúnez-Naude (Comp.), *Medio ambiente, problemas y soluciones* (pp. 21-61). México: El Colegio de México.
- Reyes, G. (2003). La degradación del suelo: fuente de contaminación ambiental. En S. M. Solís & A. J. López (Comps.), *Principios básicos de contaminación ambiental* (pp. 243-260). México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P. & Sinclair, K. (1997). Environmental and economics costs of soil erosion and conservation benefits. In L. Owen & T. Unwin (Eds.), *Environmental Management. Readings and Case Studies* (pp. 191-204). Malden, MA: Wiley-Blackwell.
- Salazar, D. & Serna, C. (2006). Ética, medio ambiente y economía. *Persona y Bioética*, 10 (26), 8-34.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2003). *Directorio Oficial de Unidades de Riego*. México: Autor.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2006). *Anuario Agrícola*. Recuperado febrero, 2008, de <http://www.siap.gob.mx/>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (1999). *La Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre. Inventario Nacional de Suelos*. México: Dirección General de Restauración y Conservación de Suelos.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesca. Disponible en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>
- Torres, T. F. (2002). Aspectos regionales de la seguridad alimentaria en México. *Notas. Revista de Información y Análisis*, 22, 15-26.
- Wischmeier, W. H. & Smith, D. D. (1965). Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of The Rocky Mountains. In *Agriculture Handbook N° 282* (p. 58). Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture.

ANEXO

Mapa 7. Vulnerabilidad agrícola ante erosión eólica



Mapa 8. Vulnerabilidad agrícola ante erosión hídrica

