

El índice de deterioro ambiental en los municipios de Tlaxcala: una propuesta metodológica

ADELINA ESPEJEL RODRÍGUEZ,
IRIS M. GONZÁLEZ TORRES Y
EVA PERÓN DELGADO



INTRODUCCIÓN

El deterioro ambiental es un problema generalizado a todos los niveles, ya sea en el ámbito global como local. Tlaxcala, por ejemplo, ocupa el primer lugar de nuestro país en este rubro, ya que sólo conserva el 17% de su vegetación natural.¹

Los cambios en los patrones culturales y socioeconómicos, el crecimiento demográfico, su concentración urbana, el desarrollo industrial y la carencia de acciones específicas para la protección del ambiente

que generen un desarrollo equilibrado, han traído como consecuencia diferencias ambientales en el estado de Tlaxcala (Espejel y Carrasco 1999: 42). Las últimas décadas del siglo XX y el inicio del nuevo siglo han traído problemas como la erosión, la deforestación, la contaminación del agua, la contaminación por residuos sólidos y peligrosos, contaminación del aire y la pérdida de la biodiversidad, que preocupan a diversos sectores.

Ante esta situación es imprescindible que se tomen las medidas necesarias para disminuir el dete-

rioro ambiental del estado de Tlaxcala, considerando que los recursos naturales son de vital importancia. Por tal motivo el presente trabajo tiene como objetivo obtener un índice de deterioro ambiental que permita clasificar los municipios del estado de Tlaxcala y establecer prioridades de atención. Asimismo, esta herramienta podría servir como base para proponer acciones de conservación municipal.

La información ambiental organizada, sistematizada y sintetizada es indispensable para la formulación de políticas y programas de manejo y conservación ambiental. En 1987 la publicación del *Informe de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo* y en 1992 la *Agenda 21*, motivaron a los investigadores a desarrollar indicadores y/o índices ambientales para medir y considerar la degradación de los recursos naturales provocadas por los procesos de producción (Martínez 2002: 246).

Ante esto se trabaja en el proceso de vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos, con el fin de clasificar y ordenar los datos disponibles para la toma de decisiones (Hernández *et al.* 1998: 234). Este proceso es más complejo en la medida en que el objeto de medición se expresa como un sistema de interrelaciones complejas. En el caso específico de los indicadores ambientales, deben ser capaces de sintetizar el efecto económico, social, político y científico-técnico que se produce en el entorno natural, como consecuencia de las políticas, estrategias y acciones aplicadas en un territorio durante un determinado tiempo.

Los índices ambientales son indicadores de una categorización numérica o descriptiva de una gran cantidad de información, con el propósito de simplificar tales datos y hacer más fácil la toma de decisiones.² La SEMARNAT (2002: 6) los define como el conjunto de variables y/o indicadores agregados y/o ponderados que buscan simplificar el análisis de temas complejos.

Los indicadores son importantes pueden orientar la formulación de políticas al proporcionar una valio-

sa información acerca del estado actual de los recursos a evaluar y de la intensidad y dirección de los posibles cambios, subrayando además los temas prioritarios. Partiendo de un sistema de indicadores seleccionados, se construye un índice que expresa el grado de deterioro ambiental alcanzado, a partir del uso de métodos estadísticos como los modelos factoriales multivariados o por medias ponderadas para un índice resultante.

CONFORMACIÓN DEL ÍNDICE DE DETERIORO AMBIENTAL

Para obtener el índice de deterioro ambiental (IDA) se propone la técnica de análisis factorial y componentes principales.³

El análisis factorial es una técnica que nos permite identificar un número relativamente pequeño de factores que pueden ser utilizados para representar la relación existente entre un conjunto de indicadores correlacionados. Esta técnica nos permite sintetizarlos en un número de posibles factores que tengan una interpretación clara y un sentido preciso (Vinciguerra 1998: 220-221).

La técnica del análisis factorial se lleva a cabo en el presente trabajo en cuatro etapas y en cada una de ellas se usan diferentes instrumentos estadísticos que ayudan a interpretar el resultado final.

CÁLCULO DE LA MATRIZ DE CORRELACIÓN Y ENSAYOS FACTORIALES

Antes de hacer el cálculo de la matriz de correlación y de los ensayos factoriales se realizaron los siguientes pasos:

A. Elección de indicadores. Se consideró pertinente elegir todos los indicadores medio ambientales⁴ del *Programa de Ordenamiento Ecológico General del estado de Tlaxcala* del año 2002,⁵ debido a que presenta información completa de 311 unidades pertenecientes a los 47 municipios de dicho estado. Pos-

teriormente se seleccionan y ordenan en una base de datos, dándole a cada indicador una clave correspondiente. Se obtuvo así la matriz inicial, a partir de la cual resultó la matriz de correlación. Se considera de importancia que todos los indicadores tengan al menos un coeficiente de correlación significativo en la matriz. Por tal motivo, se estimó que si las correlaciones entre los indicadores son pequeñas, resultará poco probable que originen factores comunes. Por el contrario, si el valor del coeficiente de correlación entre dos indicadores es muy alto, significa que uno de ellos aporta información redundante, por lo que se analiza para determinar cuál sería más conveniente eliminar.

Se tomó como criterio para la eliminación de las variables redundantes el coeficiente que alcanzara un valor igual o mayor a 0.65, indicando que tienen redundancia en la información. En este caso se suprimieron 20 indicadores. Asimismo, no se consideraron aquellos que alcanzaron un valor igual o menor a 0.10, ya que no resultaban significativos para el fenómeno estudiado.

Los ensayos factoriales son de utilidad porque contribuyen a depurar la matriz de información. Su importancia consiste en aportar los indicadores que conforman la matriz para la extracción de factores y evalúan la validez del método. Los ensayos parten del cálculo de la matriz de correlación para los valores tipificados de los indicadores que conforman la matriz de información original (Vinacua 1998: 52).

En relación con lo anterior, se realizaron ocho corridas, utilizando cada uno de los ensayos factoriales, eliminando variables ambientales mediante los valores que se obtenían de la anti-imagen, (se eliminaron aquellos con un valor menor a 0.60).⁶ Para obtener y lograr un valor del Simple Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) mayor de 0.70. Como resultado sólo quedaron un total de 19 indicadores ambientales. Los ensayos factoriales que se utilizaron son los siguientes:

Se determina la matriz anti-imagen (Vinacua 1998: 225); se establece que cuanto menores los coeficientes de esta matriz, mejor. En función de esto, en la última corrida no se eliminó ninguna variable ya que no presentaron valores altos, sino pequeños; sin embargo, se fueron eliminando las variables que presentaban valores menores a 0.60.

Posteriormente se utiliza el Test de esfericidad de Bartlett para estudiar el valor de los coeficientes de correlación y para verificar si la matriz de correlación es una matriz de identidad (Vinacua 1998: 224). Si es de identidad debe suponerse que no existen correlaciones entre los indicadores considerados. Si el valor de esta prueba de esfericidad es grande y el nivel de significación es pequeño, se podrá rechazar la hipótesis planteada. Resultó evidente que no se trataba de una matriz de identidad (ver recuadro abajo). Las magnitudes de los coeficientes de correlación parcial pueden compararse a través de la medida de adecuación simple (KMO). Si al calcular este índice su valor se aproxima a la unidad, nos indica que la suma de los coeficientes de correlación parcial entre todos los pares de indicadores de la matriz es pequeña, lo que constituye una señal de que la elección del análisis factorial como técnica para el estudio y la síntesis de los datos han sido adecuados (Perón 2000: 53).

ENSAYOS DE VALORACIÓN DEL ANÁLISIS FACTORIAL

Indicador de adecuación simple Kaiser Meyer

Olkin = .752

Test de esfericidad de Bartlett = 2,444.918

Nivel de significación = 0,00000

Fuente: resultados de los ensayos factoriales.

Lo anterior arrojó que la selección del método estadístico utilizado fue adecuada para sintetizar los indicadores considerados en pocas variables ambientales, perdiendo la cantidad mínima de información.

Por último, otro instrumento que contribuye a lo anterior es la determinación de la comunalidad para cada variable (Carsten y Kristensen 1996: 2221). Ésta indica hasta qué punto los factores que se determinan ayudan a explicar el indicador en cuestión. Aquellos que poseen baja comunalidad en el proceso primario de su selección se eliminan, pues serán poco explicados por los factores.

Para cada uno de los 19 indicadores ambientales que conforman la matriz de información se calcularon las comunalidades. La riqueza o pobreza del contenido del análisis factorial como técnica depende de cuántos indicadores de los considerados en la matriz de información inicial tienen una comunalidad alta (mayor que 0.50) y cuántos alcanzan valores bajos (menores que 0.20). Los valores obtenidos para las comunalidades son altos (superiores en todos los casos a 0.50).

EXTRACCIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES AMBIENTALES

El propósito de este punto es obtener los factores que van a hacer definitivos en el contenido de la información de los indicadores originales seleccionados a partir de los ensayos factoriales. Existen diferentes métodos de extracción de los factores, y uno de ellos es el de componentes principales.⁷

Ahora bien, el objetivo de síntesis no se conseguiría si se seleccionan todos los componentes principales. Lo que se persigue es reducir el número de indicadores con la menor pérdida de información, a través de sintetizarlos en los componentes principales o factores.

El criterio de valores Eigen o autovalor plantea que el número de factores lo decidirá la varianza acumulada por estos. Los porcentajes de la varianza total explicada por cada factor se suman, y cuando dicho porcentaje acumulado alcance el nivel mínimo que se considere idóneo, se dejan de seleccionar más factores (Perón 2000: 45) (ver cuadro 1).

CUADRO 1. NÚMERO DE FACTORES SELECCIONADOS

COMPONENTE	AUTOVALORES INICIALES			EXTRACCIÓN DE LA SUMA DE LOS CUADRADOS DE LAS DESVIACIONES ESTÁNDAR		
	TOTAL	% DE VARIANZA	% ACUMULADO	TOTAL	% OF VARIANZA	% ACUMULADO
1	4.85	25.54	25.54	4.85	25.54	25.54
2	2.59	13.63	39.17	2.59	13.63	39.17
3	2.11	11.12	50.29	2.11	11.12	50.29
4	1.46	7.72	58.02	1.46	7.72	58.02
5	1.15	6.06	64.08	1.15	6.06	64.08
6	1.08	5.71	69.79	1.08	5.71	69.79

Fuente: resultados de los ensayos factoriales.

Fernández (1988: 7) menciona que el criterio para un nivel idóneo de explicación de la varianza total por los factores puede oscilar entre un 60% y un 85%; si no explica el 50%, el análisis factorial resulta pobre y si lo hace en un 85% o más, será una señal para sospechar que hay indicadores redundantes, y por tanto, que está mal diseñado.

Con base en lo anterior, los 19 indicadores ambientales se sintetizaron en seis factores principales, que explicaron el 69.8% de la varianza total. Este umbral de varianza se consideró como idóneo, de acuerdo con el criterio mencionado.⁸

ROTACIÓN DE LOS FACTORES Y TRANSFORMACIÓN PARA HACERLOS MÁS INTERPRETABLES

Con la finalidad de lograr la definición más adecuada de los factores principales se procede a transformar la matriz de información inicial en una que sea más fácil de interpretar. Este procedimiento, propio del análisis factorial, se denomina rotación de los factores (Perón 2000: 57).

La técnica que se utilizó fue la de rotación Equamax,⁹ mediante la cual se conformaron los factores principales de una forma más clara, observándose para los indicadores cargas más altas, lo cual indica que están más explicadas en estos componentes.

DETERMINACIÓN DE LOS VALORES CORRESPONDIENTES A LOS FACTORES O COMPONENTES PRINCIPALES PARA CADA CASO O UNIDAD DE ANÁLISIS

La finalidad del análisis factorial es reducir un gran número de indicadores a un pequeño número de factores, por lo que una vez que se tienen bien conformados los factores principales que se obtuvieron de la rotación Equamax, se salva la matriz de componentes score coeficiente, y automáticamente se crean los valores que toma cada uno de los factores principales determinados para cada uno de los casos considerados.



DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE DETERIORO

Para determinar el índice de deterioro¹⁰ se parte de las puntuaciones factoriales dadas a cada unidad y componente principales y a partir de esto se siguen tres pasos para obtener dicho índice:

1. Se analiza el comportamiento de cada factor principal, que a la vez constituye un índice parcial, estableciendo un criterio de clasificación para los territorios según los valores de las puntuaciones factoriales para cada factor.
2. A partir de los seis factores se procede a la construcción de un índice representativo de la situación medio ambiental general, que se ha llamado índice de deterioro ambiental.

El índice de deterioro se construye a partir de la siguiente expresión:

$$IDA_j = \sum (P_i \times F_{ij})$$

IDA_j = índice para cada unidad territorial

F_{ij} = variable de deterioro ambiental

i = componente, factor principal o variable ambiental

j: unidades de análisis *j*:1,...,360 *i*: 1,2,3,...,6

P_i = factor de ponderación que corresponde a la variable de deterioro ambiental (raíz cuadrada del valor Eigen).

Hasta este momento deja de utilizarse el método de análisis factorial. Se pasa toda la información de puntuaciones factoriales a Excel, y se calcula el índice de deterioro para cada unidad. A los valores obtenidos del índice se les aplica la suma de la constante 10 para eliminar las magnitudes negativas. Posteriormente, se calcula el promedio de las unidades correspondiente a cada uno de los municipios, obteniendo así el índice de deterioro para cada municipio y para cada factor, aplicando también la suma de la constante 10.

El cluster de K medias para agrupar los municipios del estado de Tlaxcala, teniendo en cuenta cinco clasificaciones de deterioro: muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto (ver cuadro 2).

RESULTADOS DEL ÍNDICE DE DETERIORO

Para el presente trabajo de investigación se obtuvo el índice de deterioro ambiental¹⁰ de cada uno de los municipios del estado de Tlaxcala; esto es, los problemas ambientales que inciden con mayor frecuencia, y que se deben atender de forma prioritaria, de acuerdo con el orden de los componentes ambientales y de su conformación de variables. Esta información nos sirve para tener un conocimiento claro de la situación ambiental municipal, el cual facilitará la tarea para dar propuestas de conservación y preservación y lograr un desarrollo sustentable en el estado, considerando que los índices ambientales son importantes herramientas para transformar la información en acción (Winograd 2000: 1).

A los componentes ambientales obtenidos por el método de análisis factorial y componentes principales se les asignó un nombre de acuerdo con las variables que los conformaron. Se observa que los componentes ambientales seleccionados por el programa están agrupados por variables que presentan relaciones entre sí. Además, se visualiza que inciden en el deterioro ambiental, indicadores de aspecto socioeconómico, político, ambiental y físico-natural (ver cuadro 3 en la página 26).

CUADRO 2. VALORES ASIGNADOS PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE DETERIORO AMBIENTAL

GRADO DE DETERIORO AMBIENTAL	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO
Muy alto	15.1	13.1
Alto	12.8	11.02
Medio	10.92	9.65
Bajo	9.29	7.86
Muy bajo	7.22	5.51

Fuente: cuadro elaborada de acuerdo con los *clusters*.

Los indicadores que conforman el aspecto socioeconómico son: a) sector económico (que comprende las actividades primarias, secundarias y terciarias); b) tipo de población (urbana, rural o semirural); c) densidad poblacional (número de habitantes por km²) y d) presión (la intensidad de las actividades antropogénicas sobre los recursos naturales considerando la densidad de la población, la especialización productiva y el cambio en la cobertura vegetal).

El aspecto ambiental en donde ha influido la actividad humana de forma directa se representa en los componentes denominados: 1) características del suelo y su degradación y 2) contaminación del aire y agua (aglutinándose las variables en: a) erosión, b) deforestación, c) suelos contaminados, d) contaminación del agua y e) contaminación del aire), variables que caracterizan en mayor magnitud la problemática ambiental del estado de Tlaxcala. Situándose también en los componentes mencionados otras variables de aspecto natural: f) granizadas y g) fisiografía que participan de forma indirecta en el deterioro ambiental.

El aspecto político se observa en el componente designado: políticas de conservación definido principalmente por la variable a) que se refiere a las estrategias de manejo de un área determinada, de acuerdo con el diagnóstico de la misma, orientado a hacer un uso óptimo y sustentable de los recursos. Puede ser política de aprovechamiento, restauración, protección y conservación. El clima es variable que queda en este grupo.

El aspecto físico-natural, que influye de forma indirecta en el deterioro ambiental se representa en el componente condiciones climáticas, en el cual quedaron agrupadas las variables: a) precipitación, b) heladas y c) altitud.

El componente efecto y causas de políticas ambientales se relaciona con el aspecto político-ambiental, encontrándose agrupadas las variables en: a) fragilidad (la calidad de los recursos naturales considerando la geomorfología, la litología, el tipo de suelo,

el régimen hídrico y la cobertura vegetal) b) vulnerabilidad (disponibilidad de los recursos naturales en función de la fragilidad del medio ambiente y la presión antrópica) y c) nivel de conservación (representa el equilibrio ecológico y la preservación de los recursos naturales).

Estos seis componentes integran variables que se encuentran relacionadas entre sí y que son representativas para explicar el índice de deterioro ambiental (IDA) del estado de Tlaxcala, el cual definimos en este trabajo como un indicador del grado de alteración del medio ambiente en su aspecto cuantitativo y cualitativo, que refleja tanto las condiciones naturales intrínsecas como la acción humana.

Los municipios se clasificaron de acuerdo con su índice de deterioro en: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo. En correspondencia con estas categorías encontramos que un alto porcentaje se localiza en el rango de medio a alto: 19% presenta un deterioro muy alto, 28% alto, 25% medio, 17% bajo y sólo 11% muy bajo (ver cuadro 4, páginas 28-29), lo que indica que el deterioro ambiental en la entidad es grave, y por consiguiente, los municipios necesitan atención urgente para su conservación y preservación. Los problemas ambientales aumentan básicamente en aquellos que muestran un índice medio, aunque esto no significa que no se atienda a los que exhiben índices muy alto y alto; por el contrario, son los prioritarios.

Los municipios que presentan deterioro ambiental muy alto y alto se ubican primordialmente en la parte centro-sur del estado. Cabe mencionar que de acuerdo con los datos que aporta el Ordenamiento Ecológico del estado de Tlaxcala (2002) esta zona muestra: a) alta densidad poblacional, b) sobreexplotación de acuíferos, c) alta concentración industrial, d) problemas de calidad de agua, e) sobre explotación de acuíferos f) el mayor número de fuentes móviles que contribuye con el mayor porcentaje de emisiones de monóxido de carbono y óxido de nitrógeno y partículas emitidas al ambiente y g) es una

CUADRO 3. COMPONENTES AMBIENTALES

COMPONENTE	NOMBRE DEL COMPONENTE	VARIABLES
Primer componente ambiental	Actividad económica	. Sector económico . Tipo de población . Habitantes por ha . Presión
Segundo componente ambiental	Características del suelo y su degradación	. Erosión . Deforestación . Fisiografía . Suelos contaminados
Tercer componente ambiental	Contaminación del aire y el agua	. Contaminación de agua . Granizadas . Contaminación de aire
Cuarto componente ambiental	Políticas de conservación	. Clima . Políticas de conservación
Quinto componente ambiental	Efecto y causas de políticas ambientales	. Fragilidad . Vulnerabilidad . Nivel de conservación
Sexto componente ambiental	Condiciones climatológicas	. Precipitación . Heladas . Altitud

región donde se localizan los municipios de mayor desarrollo e importancia para la entidad.

Los municipios que tienen un índice de deterioro muy bajo se sitúan en la parte norte-oriente, y no exhiben problemas ambientales graves. El 100% no presenta problemas de contaminación del aire y de suelos, el 90.5% no muestra deforestación, 60.5% presenta contaminación baja del agua y 51.2% tienen suelos sin erosión. Los municipios que están agrupa-

dos con el índice de deterioro bajo y medio se encuentran dispersos en el territorio estatal. Cabe mencionar que los que se encuentran clasificados en el rango medio son de gran preocupación ya que su deterioro es representativo y a corto plazo pueden igualar a los que presentan deterioro ambiental muy alto.

El municipio que manifiesta mayor índice de deterioro (15.1) es Teolocholco, que se localiza en la parte sur de la entidad, y presenta graves problemas ambien-

tales como: erosión, contaminación del agua, del aire, y del suelo y deforestación. Sus políticas de conservación están orientadas a la protección, conservación y restauración de ecosistemas. Es un municipio urbano con una marginación media, y una densidad de 218 habitantes por km².

Por su parte Tlaxco, al norte del estado, posee un índice de deterioro muy bajo (6.58) (ver cuadro 4), no muestra problemas ambientales graves, ya que la mayor parte de su jurisdicción no presenta contaminación de suelos, deforestación, erosión, y la contaminación del aire y del agua es baja. La mayor parte de la población es semirural, con marginación media y con una densidad poblacional de 58 habitantes por km². Sus políticas de conservación están dirigidas hacia el aprovechamiento y la conservación.

Los componentes ambientales se ordenaron de acuerdo con los valores de su índice de deterioro, de mayor a menor, de manera que son los componentes que más inciden en la problemática ambiental. Esto indica que a los primeros se le debe dar atención prioritaria, estableciendo estrategias de conservación y preservación, siempre y cuando no sea provocado por condiciones naturales.¹¹

Por ejemplo, en el municipio de Teolocholco el primer componente que incide es el de políticas de conservación. El segundo componente es el de características del suelo y su degradación, que incluye las variables de deforestación, erosión, suelos contaminados y fisiografía. Esto nos indica que en el municipio se le debe poner mayor atención a estos problemas, que inciden de manera central en su deterioro ambiental. El tercer componente son las condiciones climáticas, sobre el cual no se puede incidir.

El siguiente componente que participa en el deterioro es la actividad económica, integrado por el sector económico, tipo de población, habitantes por km² y presión. Incide en el deterioro de la calidad del aire, del agua e influye sobre las políticas ambientales. Sin embargo, es necesario considerar a to-

dos los factores para conocer la problemática ambiental de cada municipio y así establecer acciones o estrategias para su conservación de manera integral.

En el caso de Zacatelco, Apizaco, Xaltocán, Tetla y Acuamanala inciden en su deterioro dos componentes importantes: características del suelo y su degradación y contaminación del aire y agua, lo que debe hacer reflexionar y establecer las medidas necesarias para combatir los problemas de erosión, deforestación, suelos contaminados, contaminación del agua y del aire.

Mediante la forma en que se han ordenado los componentes ambientales de mayor a menor, se pueden conocer los problemas ambientales de cada uno de los municipios del estado de Tlaxcala. También es probable detectar las variables que aparecen con mayor frecuencia en el deterioro ambiental municipal y, por tanto, establecer estrategias para un desarrollo sustentable (ver cuadro 4).

Los componentes ambientales que inciden con mayor frecuencia en los municipios del estado son: las características del suelo y su degradación, la contaminación del agua y suelo y las condiciones climáticas (ver gráfica 1).

De acuerdo con el orden de los componentes encontramos el predominio del número dos, características del suelo y su degradación, nos indica que el 33% de los municipios necesitan prestar mayor atención a los problemas de erosión, deforestación y suelos contaminados. Por su parte, el 16% necesitan atender de forma urgente la problemática del agua y aire, 16% cuenta con un deterioro debido a las condiciones climáticas, el 13% como resultado de su fragilidad, vulnerabilidad y por su nivel de conservación el 11% por la actividad económica y 11% por las políticas de conservación.

CONSIDERACIONES FINALES

La metodología aplicada nos permitió obtener un índice que sintetiza la situación ambiental de los mu-

CUADRO 4. COMPONENTES AMBIENTALES E IDA

Muy alto

Alto

CLASIFICACIÓN DE DETERIORO/ MUNICIPIO	COMPONENTE AMBIENTAL	IDA	CLASIFICACIÓN DE DETERIORO/ MUNICIPIO	COMPONENTE AMBIENTAL	IDA
Teolocholco	4 2 6 1 3 5	15.1	Panotla	2 1 4 5 3 6	12.8
Sta. Cruz Tlaxcala	1 3 4 2 5 6	14.34	Nanacamilpa	6 5 1 2 4 3	12.71
San Francisco Tetlanohcán	4 1 2 5 3 6	13.63	San Pablo del Monte	2 4 5 3 1 6	12.39
Natívitás	6 4 2 1 3 5	13.61	Yauhquemecan	3 2 1 5 6 4	12.06
Huamantla	6 3 1 5 2 4	13.58	Antonio Carvajal	5 2 3 1 4 6	12.22
Tepetitla de Lardizábal	6 1 2 4 3 5	13.53	Xaloztoc	3 5 2 6 4 1	12.09
Tetlatlahuca	3 1 2 5 6 4	13.18	Chiautempan	5 3 4 1 2 6	12.07
Zacatelco	2 3 1 6 5 4	13.1	Xaltocan	2 3 5 1 4 6	11.97
Tlaxcala	3 1 2 6	---	Totolac	5 3 2 6 4 1	11.77
			Ixtacuixtla	2 4 3 1 5 6	11.71
			Tocatlán	1 6 5 4 3 2	11.44
			Amaxac de Guerrero	6 3 5 1 4 2	11.07
			Apizaco	3 2 5 1 6 4	11.02

Medio

Bajo

CLASIFICACIÓN DE DETERIORO/ MUNICIPIO	COMPONENTE AMBIENTAL	IDA	CLASIFICACIÓN DE DETERIORO/ MUNICIPIO	COMPONENTE AMBIENTAL	IDA
Tzompantepec	2 1 5 3 6 4	10.92	San Lucas Tecopilco	6 1 4 2 5 3	9.29
Santa Apolonia	1 2 6 4 3 5	10.69	Muñoz de Domingo	2 6 5 1 3 4	9.27
Tetla	3 2 6 5 4 1	10.68	Arenas		
Zitlaltepec	2 4 5 1 6 3	10.65	Tepeyanco	2 4 1 3 5 6	9.1
Calpulalpan	4 6 3 5 5 2	10.4	Cuapiaxtla	2 5 6 1 4 3	8.79
Santa Catarina Ayometla	3 2 1 5 6 4	10.26	Sanctórum	1 4 2 3 5 6	8.7
Papalotla	4 2 3 1 5 6	10.25	Coaxomulco	2 6 1 5 4 3	8.52
Hueyotlipan	2 6 4 3 3 5	10.12	Acuamanala	2 3 4 1 5 6	8.41
Benito Juárez	2 6 1 5 4 6	10.1	Españita	5 1 4 2 6 3	7.86
Lázaro Cárdenas	5 2 6 3 1 4	10.08			
Carmen Tequexquitla	4 3 6 2 1 5	9.68			
Ixtenco	2 5 4 1 6 3	9.65			

(Continúa)

CUADRO 4. COMPONENTES AMBIENTALES E IDA

Muy bajo		
CLASIFICACIÓN DE DETERIORO/ MUNICIPIO	COMPONENTE AMBIENTAL	IDA
Terrenate	3 5 6 4 1 2	7.22
Atlangatepec	6 2 3 5 1 4	7.14
Tlaxco	5 1 6 4 3 2	6.58
Altzayanca	3 6 4 1 2 5	6.53
Emiliano Zapata	1 4 3 6 2	5.51

SIMBOLOGÍA

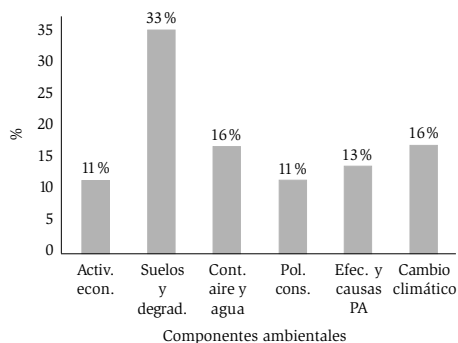
1. *Actividad económica*
Sector económico Tipo de población Habitante por hectárea Presión
2. *Características del suelo y degradación*
Erosión Deforestación Fisiografía Suelos contaminados
3. *Contaminación del aire*
Contaminación del agua Granizadas Contaminación del aire
4. *Políticas de conservación*
Clima Políticas de conservación
5. *Efectos y causas de las políticas ambientales*
Fragilidad Vulnerabilidad Nivel de conservación
6. *Condiciones climáticas*
Precipitación Heladas Altitud

municipios y los elementos para proponer acciones concretas para cada unidad territorial y así poder resolver paulatinamente sus problemas ambientales.

Los resultados del índice de deterioro ambiental nos permiten identificar los municipios que deben recibir atención prioritaria en materia de conservación, principalmente aquellos que se encuentra dentro de la categoría altos y muy altos.

La información obtenida para esta investigación corresponde a las valoraciones realizadas por otras instituciones relacionadas con el medio ambiente del estado.

GRÁFICA 1. COMPONENTES AMBIENTALES QUE MAYOR ATENCIÓN DEBEN TENER (PRIMERA OPCIÓN)



En términos especiales los municipios con un mayor deterioro se encuentra en la región centro sur, que posee mayores concentraciones urbanas y predominio de actividades industriales.

La actividad antropogénica, por su carácter desordenado, ha contribuido notablemente al deterioro de la situación ambiental del estado.

NOTAS

Este artículo fue elaborado con información del proyecto apoyado por CONACYT-SEMARNAT de Fondos Sectoriales, convocatoria 2002, No. de registro 0113.

1 Información proporcionada por el ex secretario de la SEMARNAT, Victor Lichtinger, en una visita que realizó al estado de Tlaxcala.

2 <http://usuarios.lycos.es/juanP/impac.htm>

3 Referidas a las características naturales, económicas, demográficas, sociales y de deterioro ambiental.

4 Herramienta para simplificar y analizar la información ambiental, la cual debe ser comunicada por diferentes medios.

5 No hay que olvidar que son los problemas más representativos en el estado.

6 Ésta es la magnitud mínima que se plantea en el método para considerarlo válido.

7 Cada componente principal representa una combinación lineal de todas las variables que sintetiza. De modo que el primer componente principal sea una combinación que explique la mayor proporción de varianza de la muestra, el segundo la segunda mayor proporción y, que a su vez, esté incorrelacionado con el primero y así sucesivamente.

8 Otro método que se utilizó para seleccionar los factores, es el Gráfico de Sedimentación (*Scree Plot*), que se basa en un examen visual de las gráficas de los valores propios. La representación en un sistema de ejes cartesianos describirá una línea descendente, que se vuelve una recta de pendiente casi horizontal. En el punto de la curva donde se transforma en una línea asintótica al eje de las X, se dejan de elegir factores. Por último, se obtiene una matriz componente, donde se corrobora nuevamente que el número de factores extraídos también son seis y que coincide con el resultado de los dos criterios mencionados.

9 Técnica que simplifica factores y variables.

10 Herramienta para simplificar y analizar la información ambiental, la cual debe ser comunicada por diferentes medios.

11 No hay que olvidar que son los problemas más representativos en el estado.

BIBLIOGRAFÍA

Carsten, E. J. y T. Kristensen 1996. Dairy Herd Management Types Assessed from Indicators of Health, Reproduction Replacement, and Milk Production. *Journal of Dairy Science* 79(7): 1221-1236.

Espejel R., A. y G. Carrasco R. 1999. El deterioro ambiental en Tlaxcala y las políticas de desarrollo estatal 1988-1999. *Gaceta ecológica* 52: 21-52. INE-SEMARNAT, México.

Fernández, J. O. 1988 Comprensión y manejo del análisis factorial. *Revista Internacional de Sociología* 12: 7-35.

Hair Jr., J., R.L. Tatham y C.W. Black 1999 *Análisis multivariante*. Prentice Hall, Madrid.

Gobierno del estado de Tlaxcala 2002. *Programa de ordenamiento ecológico general del estado de Tlaxcala*.

Gobierno del estado de Tlaxcala, SEMARNAT, INE.

Hernández S., R., C. Fernández C. y P. Baptista L. 1998. *Metodología de la investigación*. Segunda edición. McGrawHill, México.

Martínez G., A. 2002. Indicadores de sustentabilidad ambiental de la economía mexicana. *Revista de Comercio Exterior* 3: 246-253.

Pérón, E. 2000. Un esquema analítico para la fundamentación de la estrategia de desarrollo social a escala territorial. Tesis doctoral para obtener el grado en Ciencias Económicas. Facultad de Economía, Universidad de Camagüey, Cuba.

Saldaña, M. y J. Conde 2003. Ocupa Tlaxcala el primer lugar nacional en deterioro ambiental. *El Sol de Tlaxcala*. Tlaxcala, 3 de abril: 1.

Salazar G., J. P. 1998. Índices e indicadores para evaluación y seguimiento ambiental. Universidad de Caldas. <http://usuarios.lycos.es/juanP/impac.htm>.

Segnestam, L. 2000. *Desarrollo de indicadores, Lecciones aprendidas de América Latina*. Banco Mundial, PNUMA, CIAT.

SEMARNAT 2002. Avances y perspectivas de las estadísticas e indicadores ambientales, visión de la SEMARNAT. México.

Vinacua, V. 1998. *Análisis estadístico con SPSS para Windows*. Volumen II, McGraw Hill, Madrid.

Winograd, M. 2001. Indicadores ambientales y sustentabilidad. Proyecto uso de la tierra. CIAT, Banco Mundial, PNUMA, <http://www.ciat.cgiar.org/indicadores/lacproj.htm>.

Adelina Espejel Rodríguez. Investigadora del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias sobre el Desarrollo Regional (CIISDER-MAR) de la Universidad Autónoma de Tlaxcala. Correo-e adelinaer@hotmail.com.

Iris M. González Torres y Eva Perón Delgado. Profesoras-investigadoras del Centro de Estudios de Dirección Empresarial y Territorial de la Universidad de Camagüey, Cuba.

Ilustraciones: Monte Laa PORR Towers, Monte Laa Development, Viena, Austria (página 19). Highcliff and The Summit, Hong Kong, China (página 23).