

# UN INDICE DE DETERIORO AMBIENTAL PARA LOS MUNICIPIOS DEL ESTADO DE TLAXCALA Y SU REGIONALIZACION

*Adelina Espejel Rodríguez<sub>1</sub>*  
*Isabel Castillo Ramos<sub>2</sub>*  
*Francisco Gómez Rabago<sub>3</sub>*

## Introducción

El estado de Tlaxcala es el más pequeño de la República Mexicana, sin embargo tiene un deterioro ambiental, que está preocupando a las instituciones gubernamentales y a la sociedad. Los municipios no tienen un panorama amplio relativo al cuidado de su ambiente y sobre los aspectos específicos de su problemática ambiental. Por tal motivo el presente trabajo tiene como objetivos: 1. Obtener un índice de deterioro ambiental para los municipios del estado de Tlaxcala, estableciendo un orden jerárquico y 2. Regionalizar al estado de acuerdo a la problemática ambiental y definir cada región.

Para la obtención del índice de deterioro ambiental, la técnica utilizada fue la de análisis factorial y componentes principales, que se llevó a cabo en cuatro etapas y en cada una de ellas se usaron diferentes instrumentos estadísticos, que ayudaron a interpretar el resultado final.

El índice de deterioro fue clave esencial para determinar las regiones con criterio ambiental y para caracterizar a cada una de ellas, se consideraron variables de aspecto ambiental, político y económico. Se divide al estado en cinco regiones: región con deterioro muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo.

El índice de deterioro y la regionalización abrirán el campo, para que los funcionarios municipales identifiquen el grado de deterioro que presentan sus municipios, así como sus principales problemas ambientales, lo que permitirá establecer la toma de decisiones para realizar acciones adecuadas y necesarias para lograr un desarrollo sustentable.

## Proceso para la determinación del índice de deterioro ambiental (IDA)

Para obtener el índice de deterioro ambiental se propone la técnica de análisis factorial y componentes principales<sup>1</sup>.

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 intercorrelacionadas. Esta técnica nos permite sintetizarlos en un número de posibles factores que tengan una interpretación clara y un sentido preciso (Vinacua 1998:220,221).

---

1,2,3. Profesores investigadores de la Universidad Autónoma de Tlaxcala (CIISDER-MAR) Boulevard Mariano Sánchez No. 5 Tlaxcala, Tlaxcala. adelinaer@hotmail.com

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:

a) 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:

El primer paso consiste en la elección de indicadores. Se consideró pertinente elegir todos los indicadores medioambientales<sup>ii</sup> del Programa de Ordenamiento Ecológico General del estado de Tlaxcala del año 2002<sup>iii</sup>, debido a que presenta información completa de 311 unidades pertenecientes a 47 municipios de dicho estado. Posteriormente se seleccionan y ordenan en una base de datos, dándole a cada indicador una clave correspondiente. Obteniendo así la matriz inicial, a partir de la cual se calcula 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 consideró que si las correlaciones entre los indicadores son pequeñas, resulta bastante improbable 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 reflexiono para determinar cuál sería el más conveniente eliminar.

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

Los ensayos factoriales son de utilidad por contribuir a depurar la matriz de información. Su importancia consiste en aportar los indicadores que conformen la matriz para la extracción de factores, así mismo 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 a 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<sup>iv</sup>, tomando como criterio eliminar aquellos que tenían un valor menor de 0.60. Así mismo para obtener y lograr un valor del Simple Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) mayor de 0.70. De acuerdo a esto solo quedaron un total de 19 indicadores medioambientales. Los ensayos factoriales que se utilizaron son los siguientes:

Se determina la matriz Anti-Imagen (Vinacua 1998:225), establece que en la medida en que los coeficientes de esta matriz son más pequeños es mejor. De acuerdo a esto, en la última corrida ya no se eliminó ninguna variable ya que no presentaron valores altos, sino pequeños, sin embargo se fueron eliminando las variables que presentaban valores menores de 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 supone que no existen correlaciones entre los indicadores considerados. Si el valor del Test de Esfericidad es grande y el nivel de significación pequeño, se podrá rechazar la hipótesis planteada. Resultó evidente que no se trata de una matriz de identidad (ver cuadro 1). Las magnitudes de los coeficientes de correlación parcial pueden compararse a través de la Medida de Adecuación Simple Kaiser-Meyer-Olkin (K.M.O.). Si al calcular este índice su valor se aproxima a la unidad, indica que la suma de los coeficientes de correlación parcial entre todos los pares de indicadores de la matriz es pequeña, lo cual constituye una señal de que la elección del análisis factorial como técnica para el estudio y la síntesis de los datos ha sido adecuada (Perón 2000:53).

**Cuadro 1. Ensayos de valoración del análisis factorial.**

Indicador de adecuación simple Kaiser Meyer Olkin = .752
Test de esfericidad de Bartlett = 2444.918
Nivel de significación = 0,00000

Fuente: Resultados de los ensayos factoriales

Esto indicó 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 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 cuántas alcanzan valores bajos (menores que 0.20). Los valores obtenidos para las comunalidades son altos (superiores en todos los casos a 0.50).

b) Extracción de los componentes ambientales principales.

El objetivo de este punto es obtener los factores que van 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, entre ellos se encuentra el de componentes principales<sup>v</sup>.

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 Eigenvalue o autovalor plantea que el número de factores lo decidirá la varianza acumulada por éstos. 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 2).

Cuadro 2. Número de factores seleccionados.

Componente	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Square Loadings		
	Total	% of variance	Cumulative %	Total	% of variance	Cumulative %
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: Cálculos realizados**

Fernández Santana (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 llega a explicar el 50%, el análisis factorial empieza a ser pobre y si explica del 85% para arriba, será una señal para sospechar que hay indicadores redundantes y que por tanto está mal diseñado. De acuerdo a 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 al criterio mencionado<sup>vi</sup>.

c) Rotación de los factores y transformación para hacerlos más interpretables.

Con la finalidad de lograr la definición más válida 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 rotación Equamax<sup>vii</sup>, por medio de esta 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.

d) Determinación de los valores correspondientes a los factores o componentes principales para cada caso o unidad de análisis.

La finalidad última 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

e) determinación del índice de deterioro

Para determinar el índice de deterioro se parte de las puntuaciones factoriales dadas a cada unidad y componentes principales, a partir de esto se siguen tres pasos para obtener el índice de deterioro

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 o componentes ambientales se procede a la construcción de un índice representativo de la situación medioambiental 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<sub>j</sub>= índice para cada unidad territorial

F<sub>ij</sub>= variable de deterioro ambiental

i= componente, factor principal o variable ambiental

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

P<sub>i</sub>= factor de ponderación que corresponde a la variable de deterioro ambiental (raíz cuadrada del eigen value)

Hasta este punto deja de utilizarse el método de análisis factorial. Se pasa toda la información de puntuaciones factoriales a Excel, y a partir de este se calcula el índice de deterioro para cada unidad. Los valores obtenidos del índice se les aplican la suma de la constante 10 para eliminar las magnitudes negativas. Posteriormente se saca 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.

3.- El Cluster de K medias para agrupar los municipios del estado de Tlaxcala, teniendo en cuenta 5 clasificaciones de deterioro: muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto (ver cuadro 3)

**Cuadro 3. Valores asignados para determinar el Índice de deterioro ambiental**

<b>Grado de deterioro ambiental</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>Valor mínimo</b>
Muy alto	15.1	13.1
Alto	12.8	11.02
Medio	10.92	9.65
Bajo	9.29	7.86
Muy baja	7.22	5.51

Fuente: Tabla elaborada de acuerdo a los cluster.

## Resultados del índice de deterioro

De acuerdo al índice de deterioro ambiental los municipios se clasificaron de acuerdo a su índice de deterioro<sup>1</sup>: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo. En correspondencia con estas categorías se encuentra que un alto porcentaje de ellos se localizan en el rango de muy alto y alto, ya que 23% presentan un deterioro muy alto y 25% alto. Mientras que el 22% medio, el 15% bajo y 15% muy bajo. Esto indica que, el deterioro ambiental en el Estado es grave, por consiguiente, los ayuntamientos necesitan atención urgente para su conservación y preservación, ya que los problemas ambientales tienden a aumentar básicamente en aquellos que muestran un índice bajo y muy bajo. Esto indica la necesidad de atender a todos en un corto y mediano plazo de forma inmediata a los poseedores de un alto y alto deterioro, utilizando esta estructura como criterio preliminar para asignación del presupuesto por parte del estado.

Los municipios señalados con un deterioro ambiental muy alto y alto se ubican primordialmente en la parte centro-sur del Estado, de acuerdo a datos aportados por el Ordenamiento Ecológico del estado de Tlaxcala (2002) se caracteriza a esta zona con: a) alta densidad poblacional, b) sobreexplotación de acuíferos, c) alta concentración industrial, d) zona con problemas de calidad de agua, e) zona donde se extrae diariamente el mayor volumen de metros cúbicos de agua potable disponible, f) zona con el mayor número de fuentes móviles emisoras de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y de partículas emitidas al ambiente, j) región donde se localizan los municipios de mayor desarrollo e importancia para el Estado.

Los detectados con un índice de deterioro muy bajo (no exhiben problemas ambientales graves) se sitúan en la parte norte-oriental. Los municipios agrupados en el índice de deterioro bajo y medio se encuentran dispersos en el estado de Tlaxcala. Los clasificados en el rango medio son de gran preocupación, debido a deterioro representativo, a corto plazo pueden igualar a los que presentan deterioro ambiental muy alto.

Los componentes ambientales se ordenaron de acuerdo a los valores de su índice de deterioro, de mayor a menor, es decir, son los de mayor incidencia en la problemática ambiental.

La forma de ordenar los componentes ambientales (de mayor a menor), permite conocer los problemas ambientales en cada uno de los municipios, así mismo detectar las variables que incurren con mayor frecuencia en el deterioro ambiental municipal, por lo tanto, en base a ello, se establecen acciones de mitigación (ver cuadro 3)<sup>2</sup> que para implementarse necesitan asignación financiera. Por ejemplo, el municipio de Tlaxcala, capital del estado

---

<sup>1</sup> Para esta clasificación se utilizó la escala de tipo ordinal.

<sup>2</sup> Este cuadro se convierte en la primera salida del procedimiento a considerar para el trazado de las acciones internas en los municipios del Estado.

**Cuadro 3. Componentes ambientales**

	Componente	Nombre del componente	Variables
<b>69.8% de la variación</b>	<b>PRIMER COMPONENTE AMBIENTAL (25.5%)</b>	<b>Actividad económica</b>	sector económico presión habitantes por ha tipo de población
	<b>SEGUNDO COMPONENTE AMBIENTAL (13.6%)</b>	<b>Características del suelo y su degradación</b>	fisiografía erosión deforestación suelos contaminados
	<b>TERCER COMPONENTE AMBIENTAL (11.1%)</b>	<b>Contaminación de aire y agua</b>	granizadas contaminación de aire contaminación de agua
	<b>CUARTO COMPONENTE AMBIENTAL (7.7%)</b>	<b>Políticas de conservación</b>	clima políticas de conservación
	<b>QUINTO COMPONENTE AMBIENTAL (6.1%)</b>	<b>Efecto y causas de políticas ambientales</b>	fragilidad vulnerabilidad nivel de conservación
	<b>SEXTO COMPONENTE AMBIENTAL (5.7%)</b>	<b>Condiciones climatológicas</b>	precipitación heladas Altitud

Fuente: Elaboración de la autora

tiene como problema fundamental la contaminación del aire y agua (Componente 3), y le sigue en orden de importancia la componente 1: actividad económica, por dicho orden deben destinarse los recursos recibidos del estado, para los problemas ambientales (ver cuadro 4). El Cuadro 4, indica la necesidad de prestar atención prioritaria a los primeros, estableciendo acciones de conservación y preservación. No obstante, esto no significa que se obvien totalmente los que no aparecen en los primeros lugares, se les debe dar la importancia que merecen.

Además, se puede obtener una caracterización general del Estado, ya que los componentes ambientales con mayor frecuencia en los municipios del estado son: características del suelo y su degradación, contaminación del aire y agua y las condiciones climáticas (ver gráfica 1).

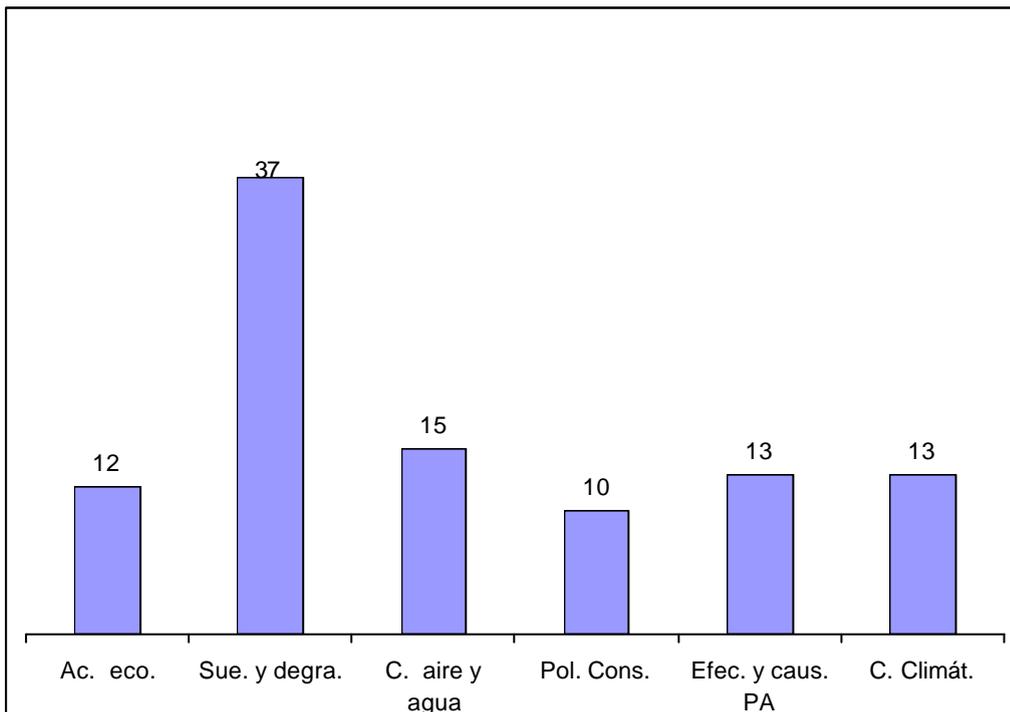
Cuadro No. 4 El Índice de Deterioro y sus Componentes Ambientales

MUY ALTO			ALTO		
Clasificación de deterioro/municipio	Componente Ambiental	IDA	Clasificación de deterioro /municipio	Componente Ambiental	IDA
Juan Cuamatzi	2 3 1 6 4 5	26.7	Panotla	2 1 4 5 3 6	12.8
San Jerónimo Zacualpan	2 3 1 4 6 5	15.9	Nanacamilpa	6 5 1 2 4 3	12.7
Mazatecochco	2 4 1 6 5 3	15.7	San Pablo del Monte	2 4 5 3 1 6	12.4
Santa Isabel Xiloxoztla.	6 2 1 3 4 5	15.7	Antonio Carvajal	5 2 3 1 4 6	12.2
Teolocholco	4 2 6 1 3 5	15.1	Xaloztoc	3 5 2 6 4 1	12.1
Sta. Cruz Tlaxcala	1 3 4 2 5 6	14.3	Chiautempan	5 3 4 1 2 6	12.1
San José Teacalco	5 4 6 3 1 2	13.9	Yauhquemecan	3 2 1 5 6 4	12.1
San Fco. Tetlanohcán	4 1 2 5 3 6	13.6	Tenancingo	2 4 6 5 3 1	12.0
Nativitas	6 4 2 1 3 5	13.6	Xaltocan	2 3 5 1 4 6	12.0
Huamantla	6 3 1 5 2 4	13.6	Totolac	5 3 2 6 4 1	11.8
Tepetitla de Lardizábal	6 1 2 4 3 5	13.5	Ixtacuixtla	2 4 3 1 5 6	11.7
Tetlatlahuca	3 1 2 5 6 4	13.2	Santa Cruz Quileta	1 6 4 5 2 3	11.6
Zacatelco	2 3 1 6 5 4	13.1	Tocatlán	1 6 5 4 3 2	11.4
Tlaxcala	3 1 2 6 4 5	13.1	Amaxac de Guerrero	6 3 5 1 4 2	11.1
			Apizaco	3 2 5 1 6 4	11.0
MEDIO			BAJO		
Clasificación de deterioro/municipio	Componente Ambiental	IDA	Clasificación de deterioro/municipio	Componente Ambiental	IDA
Tzompantepec	2 1 5 3 6 4	10.9	San Lucas Tecopilco	6 1 4 2 5 3	9.3
Santa Apolonia	1 2 6 4 3 5	10.7	Muñoz de Domingo A.	2 6 5 1 3 4	9.3
Tetla	3 2 6 5 4 1	10.7	Tepeyanco	2 4 1 3 5 6	9.1
Zitlaltepec	2 4 5 1 6 3	10.7	San Damián Texoloc	2 1 3 6 4 5	8.8
Calpulalpan	4 6 3 5 5 2	10.4	Cuapixtla	2 5 6 1 4 3	8.8
Santa Catarina Ayometla	3 2 1 5 6 4	10.3	Sanctórum	1 4 2 3 5 6	8.7
Papalotla	4 2 3 1 5 6	10.3	Coaxomulco	2 6 1 5 4 3	8.5
Hueyotlipan	2 6 4 3 3 5	10.1	Acuamanala	2 3 4 1 5 6	8.4
Benito Juárez	2 6 1 5 4 6	10.1	Españita	5 1 4 2 6 3	7.9
Lázaro Cárdenas	5 2 6 3 1 4	10.1			
San Juan Huactzingo	2 5 4 3 6 1	9.8			
Carmen Tequexquitta	4 3 6 2 1 5	9.7			
Ixtenco	2 5 4 1 6 3	9.7			
MUY BAJO			<b>1. Actividad económica</b>		
Clasificación de deterioro/municipio	Componente Ambiental	IDA	-Sector económico		
Terrenate	3 5 6 4 1 2	7.2	-Tipo de población		
Atlangatepec	6 2 3 5 1 4	7.1	-Habitante por hectárea		
Xicohtzingo	4 2 5 6 3 1	6.7	-Presión		
San Lorenzo Axocamanitla	1 5 4 2 3 6	6.7	<b>2. Características del suelo y degradación</b>		
Tlaxco	5 1 6 4 3 2	6.6	-Erosión		
Altzayanca	3 6 4 1 2 5	6.5	-Deforestación		
Emiliano Zapata	1 4 3 6 2 5	5.5	-Fisiografía		
Santa Ana Nopalucan	2 3 1 5 6 4	5.4	-Suelos contaminados		
Magdalena Tlatelulco	5 3 6 4 1 2	1.7	<b>3. Contaminación del aire y agua</b>		
			-Contaminación del agua		
			-Granizadas		
			-Contaminación del aire		
			<b>4. Políticas de conservación</b>		
			-Clima		
			-Políticas de conservación		
			<b>5. Efectos y causas de Políticas Ambientales</b>		
			-Fragilidad		
			-Vulnerabilidad		
			-Nivel de conservación		
			<b>6. Condiciones climáticas</b>		
			-Precipitación		
			-Heladas		
			-Altitud		

Fuente: Cálculos realizados con el IDA

De acuerdo al orden de los componentes, predomina el denominado características del suelo y su degradación, éste indica el 37% de mayor atención en los problemas de erosión, deforestación y suelos contaminados, el 15% necesitan atención urgente en la problemática del agua y aire, 13% de los municipios su deterioro se debe a las condiciones climáticas, el 13% por su fragilidad, vulnerabilidad y por su nivel de conservación y sólo el 12% por la actividad económica y 10% por las políticas de conservación.

Gráfica 1. Componentes ambientales que mayor atención deben tener (%)



Fuente: Elaboración de la autora de acuerdo al cuadro No. 6

Cuando se compara esta estructura de los componentes ambientales con la asignación del presupuesto por partida en el estado, se detecta que en el año 2005 la partida presupuestaria de mayor peso relativo fue el Programa de Saneamiento Ambiental con un 41.87% del presupuesto. Esta partida se integra por solución de problemas de aguas residuales y desechos sólidos, que no se corresponde con los problemas de mayor peso dentro del estado. El Programa de Recursos Faunísticos ocupa el segundo lugar con un 20.78% del presupuesto y la partida de mayor peso relativo se refiere al zoológico del estado y, en tercer lugar se encuentra el Programa de Recursos Naturales con el 20.12% del presupuesto que es que se ocupa de los problemas del suelo y su degradación (erosión, deforestación y suelos contaminados como problemas incluidos).

Por otra parte, cuando se considera la variación de las partidas presupuestarias entre los años 2004 y 2005, llama la atención que el mayor crecimiento se produce en el Programa de Apoyo Administrativo, con un 94.3%, en tanto que el Programa de Recursos Naturales, solamente lo hace al 0.3%.

De esta manera se evidencia la necesidad práctica de tener instrumentos que contribuyan a la toma de decisiones, para que los resultados de éstas propicien la mitigación de los agudos problemas ambientales existentes en el estado; ya que la problemática ambiental en la entidad tlaxcalteca se debe a: la erosión, deforestación, suelos contaminados, contaminación del agua y aire; indicativos que sirven para establecer las medidas en cada uno de los problemas ambientales municipales.

Se destacan como los más preocupantes la erosión y la contaminación del agua.

Considérese la situación de la región con deterioro muy alto, Tlaxcala (capital del estado) y Tetlatlahuca tienen como uno de sus problemas priorizados el componente tres: contaminación de aire y agua; (Ver Cuadro 4) la colindancia de estos municipios permite coordinar sus acciones en la atenuación al impacto de las granizadas y la contaminación del agua y aire, fundamentalmente el río Zahuapan. Pero también desde el punto de vista interno en cada uno de ellos este problema es el que deben abordar de manera priorizada, por lo que la gestión y asignación presupuestaria debe ir dirigida a ellos.

De igual manera se puede aplicar con otros municipios, no sólo al interior de las regiones, sino de manera intermunicipal, para conformar políticas más coherentes y dirigir los recursos desde el Estado hacia grupos de municipios que tienen similares características en la problemática.

Si se creara una comisión *ad hoc* integrada por los municipios con deterioro muy alto, entonces, ésta puede ser la instancia administrativa que coordine las acciones, aunque también esta función puede recaer sobre la Coordinación General de Ecología del Estado (CGE).

Esta información así agregada se convierte en un instrumento para la CGE, relativa a los problemas más prioritarios en los sesenta municipios que integran al Estado.

Es importante mencionar que el índice calculado puede variar en el tiempo, debido a un mayor deterioro o por políticas aplicadas adversas a una mejora ambiental. Tal situación plantea una exigencia: la actualización periódica de la base de datos primaria y el posterior recálculo del índice. El segundo aspecto se resuelve fácilmente con el uso de la computación pero el primero requiere inversión de recursos para el trabajo de campo. No obstante, debe analizarse la posibilidad de actualizarla al menos cada seis años.

## La regionalización ambiental

El índice de deterioro ambiental es una herramienta para llevar a cabo la regionalización con criterio ambiental. Su variable conforma conglomerados o tipologías de municipios con características homogéneas, dando lugar a una región. Para ello, fue necesario aplicar el análisis de cluster y el método de cluster de  $k$  medias que permitió clasificar los casos de análisis (municipios) en grupos con semejanza en una homogeneidad interna y una heterogeneidad entre ellos (ver cuadro 5).

Se argumenta que no existe una metodología básica para hacer una regionalización, sino ésta depende de las necesidades, objetivos y habilidades del investigador.

De acuerdo a lo anterior, se realiza una regionalización ambiental para representar el grado de deterioro ambiental, en los municipios del estado de Tlaxcala, de acuerdo a los siguientes criterios: se utiliza el criterio por agrupamiento de municipios considerando su problemática ambiental y aspectos económicos sociales y naturales; tiene una característica temporal, por tomar los datos del ordenamiento ecológico del estado de Tlaxcala que comprende el periodo 2001-2002; tiene un espacio definido geográficamente, por tomar los municipios del estado de Tlaxcala que se encuentran totalmente delimitados; se consideraron los valores del índice de deterioro ambiental<sup>3</sup> para el estado de Tlaxcala, obtenidos de la técnica estadística del análisis factorial y componentes principales (Espejel, González, Perón, 2004:4); la clasificación de los municipios<sup>4</sup> fue por el grado de deterioro que presentado: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo y para caracterizar cada región se consideran las variables utilizadas para obtener el índice de deterioro, teniendo en cuenta que en la información inicial se incluyen variables ambientales, climatológicas, fisiográficas, sociales y económicas, ya que el deterioro no sólo ha sido causado por el hombre y las actividades económicas, sino también por fenómenos naturales.

La problemática ambiental, por su parte, no se reduce a frases o términos de moda; merece un esfuerzo por entender su importancia y carácter prioritarios (Lezama, 2001:10), por lo que en el presente trabajo se conformaron 5 regiones, donde cada región tiene sus propias características que las hacen ser diferentes, pero que permite elaborar desde el Estado acciones más coherentes, a partir de dar un orden de prioridad a las regiones según la complejidad de la problemática que presenten y distribuir de manera coherente los recursos.

---

<sup>3</sup>El índice de deterioro ambiental se define como un indicador del grado de alteración del medio ambiente en su aspecto cuantitativo y cualitativo, refleja tanto las condiciones naturales intrínsecas, como la acción del hombre. A mayor valor del IDA, es mayor el deterioro ambiental.

<sup>4</sup> Utilizando la técnica de Cluster de  $K$  medias se agrupan los municipios del estado de Tlaxcala, teniendo en cuenta 5 clasificaciones de deterioro: muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto.

**Cuadro 5. Valores asignados para determinar las categorías de regiones partiendo del IDA**

<b>Grado de deterioro ambiental</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>Valor mínimo</b>
Muy alto	26.7	13.1
Alto	12.8	11.0
Medio	10.9	9.7
Bajo	9.3	7.9
Muy baja	7.2	1.7

Fuente: Tabla elaborada de acuerdo a los cluster.

Con el análisis cluster de *K* medias se agruparon los municipios del estado de Tlaxcala, teniendo en cuenta 5 clasificaciones de deterioro: muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto (ver cuadro 7) partiendo de los resultados del IDA (ver cuadro 5). A continuación se mencionan cada unas de las regiones que se conformaron en el presente trabajo:

#### Región con deterioro muy alto

Esta región está conformada por 14 municipios<sup>5</sup> (representan el 23% del total de los ayuntamientos del estado de Tlaxcala); Se caracterizan por tener un índice de deterioro de 13.1 a 26.7, la mayor parte se localizan en el centro-sur del Estado, su altura máxima es de 2 500 msnm y la mínima a 2 200 msnm. Su fisiografía<sup>6</sup> es gran llano de lomerío, gran sierra volcánica completa, lomerío de colinas redondeadas y meseta escalonada con lomeríos. Tiene diferentes climas, predominan los templados con lluvia en verano, otros climas presentados en menor proporción son el frío y el semifrío con verano fresco. La precipitación prevaleciente es de 600 a 1 000 mm y se presentan de 40 a 100 heladas por año.

La mayor parte poblacional es de tipo urbano, y en promedio se sitúan 600 habitantes por kilómetro cuadrado, encontrándose desde 183 a 1 395 hab/km<sup>2</sup>, prevalece una marginación media. La población se encuentra ubicada económicamente en los tres sectores: terciario, secundario y primario.

Presentan serios problemas ambientales que se describen a continuación, de mayor a menor. El 100% de las unidades ambientales de los municipios mencionados, presentan problemas de erosión y contaminación de agua, el 96% tienen suelos contaminados, 88.5% contaminación del aire, 61.5% tiene contaminación por agroquímicos y 53.8% deforestación.

<sup>5</sup> Santa Isabel Xiloxotla, Juan Cuamatzi, San Jerónimo Zacualpan, Mazatecochco, Teolocholco, Santacruz Tlaxcala, San José Teacalco, San Francisco Tetlanohcan, Nativitas, Huamantla, Tepetitla de Lardizabal, Tetlatlahuca, Zacatelco y Tlaxcala.

<sup>6</sup> Se describe la fisiografía de mayor a menor importancia en todos casos.

Presentan una presión de alta a media, una fragilidad de media a alta y una vulnerabilidad de media a poco vulnerable.

#### Región con deterioro alto

Se localizan 15 municipios (representan el 25% del total de los ayuntamientos del Estado).<sup>7</sup> Tienen un índice de deterioro de 11.0 a 12.8, la mayor parte de los municipios se localizan en el centro-sur, su altura máxima es de 2 720 y la mínima de 2 220 msnm. Su fisiografía es gran meseta con cañadas, lomerío de colinas redondeadas con cañón, llanura de piso rocoso con lomeríos. Posee diferentes climas, predominando templado con lluvia en verano y presentándose en menor proporción semifrío con verano fresco. La precipitación que prevalece es de 600 -1 000 mm. Presentan en promedio de 40 a 80 heladas por año.

El tipo de población es urbano, semirural y rural, con un promedio de 640 habitantes por kilómetro cuadrado, encontrándose desde 92 a 1 487 hab/km<sup>2</sup>. Prevalece una marginación de media a baja. La población se encuentra ubicada económicamente en los tres sectores: terciario, secundario y primario.

Muestran problemas ambientales graves, pero no con la misma intensidad que la región con deterioro muy alto. Los problemas predominantes son: en primer lugar la contaminación del agua (100%), le siguen la erosión (98.1%), contaminación de suelos (98.1%), deforestación (75.9%), contaminación por agroquímicos (61.1%) y contaminación del aire (35.2%).

La presión es de alta a media, su fragilidad de media a alta, su vulnerabilidad entre media y poco vulnerable.

#### Región con deterioro medio

Se encuentra conformada por 13 municipios (significa el 22% del total del Estado).<sup>8</sup> Su localización es dispersa en todo el Estado con un índice de deterioro de 9.7 a 10.9, su altura máxima es de 2 580 y la mínima de 2 200 msnm. Su fisiografía está conformada por lomeríos de colinas redondeadas con cañón, lomeríos de colinas redondeadas, llanuras de piso rocoso con lomeríos, gran sierra volcánica completa, gran llano con lomeríos y gran meseta con cañadas. Tiene diferentes climas, predominando los templados con lluvia en verano y en menor proporción el semifrío con verano fresco y el templado semiseco. La precipitación que prevalece es de 600-800 mm y se presentan en promedio de 60 a 100 heladas por año.

La población es rural-urbano, en promedio hay 314 habitantes por kilómetro cuadrado, encontrándose desde 72 a 1 187 hab/km<sup>2</sup>. La marginación es media. Los sectores económicos que prevalecen son: el sector primario y secundario.

---

<sup>7</sup> Antonio Carvajal, Chiautempan, Ixtacuixtla, Nanacamilpa, Panotla, San Pablo del Monte, Tocatlán, Totolac, Xaloztoc, Xaltocan, Amaxac de Guerrero, Apizaco, Yauhquemecan, Tenancingo, Santa Cruz Quilella.

<sup>8</sup> Tzompantepec, Santa Apolonia, Tetla, Zitlaltepec, Calpulalpan, Santa Catarina Ayometla, Papalotla, Hueyotlipan, Benito Juárez, Lázaro Cárdenas, San Juan Huactzingo, El Carmen Tequexquiltla, Ixtenco.

Presentan problemas ambientales en diferente orden de importancia, siendo estos: Contaminación del agua (100%), erosión (77.5%), deforestación (76.4%), contaminación de suelos (66.3%), contaminación por agroquímicos (42.7%) y contaminación del aire (33.7%). En relación a la presión se presenta de media a baja, una fragilidad media y una vulnerabilidad entre media a poco vulnerable.

#### Región con deterioro bajo

Se localizan en esta región 9 municipios (15% del total del estado)<sup>9</sup>. En esta región se establecen los que tienen un índice de deterioro de 7.9 a 9.3; los ayuntamientos se sitúan en forma dispersa en el estado de Tlaxcala, su altura máxima es de 2 740 y la mínima de 2 260 msnm. La fisiografía está constituida principalmente por gran llano con lomeríos y con gran meseta con cañadas y en menor proporción por llanuras de piso rocoso con lomeríos. Tienen clima templado con lluvia en verano con menor y mayor precipitación, ésta es de 600-1 000 mm y presentan en promedio de 40 a 80 heladas por año.

La población que predomina es la semirural a rural, con un promedio de 174 habitantes por kilómetro cuadrado, localizándose desde 51 a 556 hab/km<sup>2</sup>. La marginación que impera es la media. Los sectores económicos predominantes son el sector primario y el secundario.

Muestran problemas ambientales con menor intensidad que la región con deterioro medio. Sigue predominando la contaminación del agua (100%), y la erosión (96.8%), le sigue la deforestación (76.1%), contaminación por agroquímicos (61.3%), suelos contaminados (25.8%) y la contaminación del aire (9.7%).

La presión que indica va de media a alta, su fragilidad es media y su vulnerabilidad está entre media y poco vulnerable.

#### Región con deterioro muy bajo

Se encuentran en esta región 9 municipios (15% del total de los municipios del Estado)<sup>10</sup>. Tienen un índice de deterioro de 1.7 a 7.2, se sitúan de norte a oriente del estado de Tlaxcala, su altura mínima es de 2 500 msnm y la máxima es de 2 900. La fisiografía está constituida principalmente por sierra de laderas abruptas, lomeríos de colinas redondeadas, mesetas escalonadas con lomeríos y lomeríos de colinas redondeadas. Los climas que abundan son: el templado con lluvia en verano con menor y mayor precipitación y le sigue el semifrío con verano fresco. La precipitación que prevalece es de 600-800 y se presentan en promedio de 60 a 100 heladas por año.

La población es rural-semirural, con una población promedio de 65 habitantes por kilómetro cuadrado, encontrándose de 53 a 78 hab/km<sup>2</sup>. Son los únicos que presentan una marginación de alta a media. La población se encuentra ubicada económicamente en el sector primario y secundario.

<sup>9</sup> San Lucas Tecopilco, Muñoz de Domingo Arenas, Tepeyanco, San Damián Texoloc, Cuapiaxtla, Sanctorum, Cuaxomulco, Acuamanala y España.

<sup>10</sup> Terrenate, Atlangatepec, Xicohtzingo, San Lorenzo Axocamanitla, Tlaxco, Altzayanca, Emiliano Zapata, Santa Ana Nopalucan, Magdalena Tlaltelulco

No presentan contaminación del aire y suelos contaminados. La deforestación es muy baja (9.5%) y la erosión sólo la presentan el 48.8% de las unidades ambientales. Sin embargo, existe contaminación del agua (100%). Su presión es de media a baja, la fragilidad media y su vulnerabilidad entre media a poco vulnerable.

De esta manera la regionalización, partiendo del IDA ha logrado determinar los problemas mayores en dicho ámbito. Adquiere gran importancia, ya que representa un instrumento para la toma de decisiones a nivel gubernamental, municipal e intermunicipal, es decir, al identificar el grado de deterioro, sus principales problemas ambientales, características socioeconómicas y fisiográficas a nivel regional, el gobierno puede establecer líneas de acciones y propuestas para mitigar el deterioro ambiental y lograr de forma conjunta la conservación de su medio ambiente.

### Consideraciones finales

La metodología aplicada nos permitió obtener un índice que sintetiza la situación ambiental de los municipios y los elementos para proponer acciones concretas para cada municipio y así puedan resolver paulatinamente sus problemas ambientales.

- Los resultados del índice de deterioro ambiental nos permiten identificar los municipios que se les debe dar prioridad para la conservación y preservación de su ambiente, principalmente aquellos que se encuentra dentro de la categoría de alto y muy alto.
- Si ubicamos los municipios en un mapa del estado el mayor deterioro se encuentra en la región centro sur, que posee mayores concentraciones urbanas y predominio de actividades industriales.
- En la actualidad considerar el criterio de deterioro ambiental para la regionalización, es de gran importancia ya que nos da un panorama general y global de la problemática ambiental y del grado de deterioro que se encuentran los municipios del estado.
- La regionalización realizada abrirá el campo para que los funcionarios municipales identifiquen el grado de deterioro que presentan sus municipios, así como sus principales problemas ambientales, lo que permitirá establecer las acciones adecuadas y necesarias para lograr un desarrollo sustentable.

## Bibliografía

Carsten, Enevoldsen; Jens, Hindhede and Troels, Kristensen (1996) "Dairy Herd Management Types Assessed from Indicators of Health, Reproduction Replacement, and Milk Production", *Journal of Dairy Science*, Vol. 79, No.7, 1221-1236.

Espejel Rodríguez, Adelina. Carrasco Rivas, Guillermo. (1999). "El deterioro ambiental en Tlaxcala y las políticas de desarrollo estatal 1988-1999". En *Gaceta ecológica*, México, D.F. INE-SEMARNAT, No. 52. Pág. 421-52

Fernández, J. O. "Comprensión y Manejo del Análisis Factorial", (1988). *Revista Internacional de Sociología*, No. 12, 7-35.

Joseph Hair Jr., Ronald L. Tatham y Willian C. black. (1999). *Análisis multivariante*. Madrid. Prentice Hall.

Gobierno del estado de Tlaxcala. (2002). *Programa de ordenamiento ecológico general del estado de Tlaxcala*. Gobierno del estado de Tlaxcala, SEMARNAT, INE.

Lisa Segnestam. (2000). *Desarrollo de indicadores, lecciones aprendidas de América Latina*. El Banco Mundial, PNUMA, CIAT. 50 p.

Martínez Guzmán, Anabel. (2002). "Indicadores de sustentabilidad ambiental de la economía mexicana." En: *Comercio exterior*. México D.F. Marzo, No. 3, Vol. pp. 246-253

Pérón Delgado, Eva. (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. Pág. 53

Vinacua, Visauta. (1998). *Análisis estadístico con SPSS para Windows*. Volumen II, MC GRAW H. ILL. Madrid,. Pág. 358

Blandon de Grajeda, Flora. *Bases para una propuesta de regionalización para el desarrollo económico social de El Salvador*. Friedrich Ebert Stiftung. El Salvador. 60 pp.

Capraro Tuset, Héctor (comp.) 1987. *La cuestión regional y los recursos naturales*. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, . México. 177 pp.

Delgadillo Macías Javier. 1990. " El concepto de región y planeación en México". En *Revista de Geografía*. Vol. III, No. 4, México.

<sup>i</sup> El programa estadístico que se utilizó fue el SPSS para Windows

<sup>ii</sup> Referidas a las características naturales, económicas, demográficas, sociales y de deterioro ambiental.

<sup>iii</sup> *Programa de ordenamiento ecológico general del estado de Tlaxcala*. Gobierno del estado de Tlaxcala, SEMARNAT, INE. 2002. Las variables medioambientales elegidas para conformar la matriz de información inicial, alcanzaron la cifra de 87, las cuales consideramos las más pertinentes para caracterizar la problemática ambiental del estado.

<sup>iv</sup> Esta es la magnitud mínima que se plantea en el método para considerarlo válido.

<sup>v</sup> 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 y que a su vez esté incorrelacionado con el primero y así sucesivamente se puede obtener componentes como variables.

<sup>vi</sup> 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 torna en 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 deja 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.

<sup>vii</sup> Técnica que simplifica factores y variables.