

# Evaluación de la Calidad Ambiental en el Area Metropolitana de Monterrey, N.L., México

Pedro C. Cantú-Martínez\*, Mohamed. H. Badii\*\*, Adriana Flores Suárez\*\*, Luis G. Gómez-Guzmán\*

\*Coordinación General de Investigación, Facultad de Salud Pública y Nutrición (UANL)

\*\*Facultad de Ciencias Biológicas (UANL)

E-Mail: [pcantu@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:pcantu@ccr.dsi.uanl.mx)

## Introducción

La finalidad del desarrollo es permitir a las personas disfrutar una vida prolongada, saludable y satisfactoria, es decir, debe estar orientado hacia las personas y basado en la conservación del medio, pues de otro modo no logrará su propósito y las inversiones económicas cuantiosas serán en vano. (1, 2)

Conscientes de esta problemática, los gobiernos han emprendido una serie de programas tendientes a la solución; donde el evaluar y ponderar la *calidad ambiental* de las condiciones de vida de la población es determinante (3).



En un inicio, los indicadores de desarrollo considerados, fueron desde estadísticas explícitas, tales como las vinculadas con aspectos de la disponibilidad de servicios básicos, educativos y salud; pero en el curso de las últimas décadas, se han agregado a los anteriores indicadores, otros que repercuten y examinan rubros ambientales.

Es así, como la información integra un papel trascendental para alcanzar los objetivos de sostenibilidad de los sistemas, y que a su vez contribuya a dar bases firmes al proceso de tomas de decisiones y seguimiento a la evolución del desarrollo (4).

En el Capítulo 40 (Información para la Toma de Decisiones) de la Agenda 21 se hace un llamado para el impulso de indicadores ambientales o de sostenibilidad; y al mismo tiempo de la organización de la información, para un agrupamiento lógico para conjuntos de averiguaciones y datos relacionados, promoviendo así el análisis y la integración de componentes económico, social y ambiental.

Se han ideado, en el contexto mundial, diversos métodos taxonómicos para clasificar a las unidades político administrativas del mundo en grupos coherentes. El Banco Mundial, por ejemplo ha usado el criterio de los ingresos per cápita, en tanto que el Club de Roma ha dividido al mundo en regiones de acuerdo con la distribución de los recursos naturales. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) usa parámetros económicos para identificar subregiones en cada uno de los cinco continentes (5).

En el marco nacional el estudio de las condiciones de vida de la población, tiene antecedentes previstos en los trabajos que el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI) y el Consejo Nacional de Población (CONAPO) han realizado respectivamente en el marco de valorar el bienestar y marginación social de la misma (6, 7). Mientras el desarrollo de indicadores de desempeño ambiental tiene un inicio relativamente reciente en México, los cuales se dieron a partir de 1993 y que se refleja en la elaboración de estadísticas ambientales (8, 9)

La presente investigación, propone y conforma una evaluación de la calidad ambiental, mediante el soporte conceptual del uso de indicadores ambientales, mediante la aplicación de un proceso metodológico compuesto del método de valores residuales para la obtención de un índice, y la determinación de un coeficiente de especialización funcional; aunado a un análisis de agrupamiento jerárquico, que permitió acceder al estudio y estimación de la calidad o detrimento ambiental de la población del Area Metropolitana de Monterrey en el Estado de Nuevo León. Lo cual se logró al conceptualizar y reconocer, en esta investigación, la existencia de un sistema ambiental holístico que plantea, y contempla cuatro elementos a considerar: (1) bienestar social, (2) salud pública, (3) conservación de la naturaleza y (4) contaminación.

### **Metodología**

La investigación se llevó a cabo mediante la generación de un proceso axiológico (conjunto de valores para acceder al aprehensión de la realidad en tiempo y espacio) y el conocimiento de la relación existente entre indicadores sociodemográficos, de salud, impacto ambiental y apertura social; que determinan e integran la calidad ambiental en la cual esta inserta la población.

El trabajo se centro, principalmente, en el análisis de los resultados definitivos del XI Censo General de Población y Vivienda, 1990; en datos del Censo de Población y Vivienda, 1995 y en información estadística básica relevante de temática de salud y ambiental para Nuevo León (10,11,12,13,14).

La primera fase comprendió el acopio y la captura informática de la información que permitió cuantificar las variables indicadoras que se utilizaron para la valoración de la de Calidad Ambiental (Ver Tabla 1)

### **TABLA 1**

#### **Indicadores de Tendencia Positiva**

- a. Componente de Salud/Conservación del Ambiente (Población Sanitariamente Protegida, Esfuerzo de Reforestación, Reciclaje)
- b. Condiciones de Vivienda (Disponibilidad de Drenaje, Agua Entubada y Electricidad)
- c. Condiciones Económicas (Ingreso Superior a 5 Salarios Mínimos, Población Económicamente Activa, Inversión Municipal en Obra Pública y Fomento)
- d. Nivel de Educación (Alfabetismo, Postprimaria, Atención Educativa)
- e. Apertura Social (Participación Económica Neta de la Mujer, Población No Católica, Participación Ciudadana)

#### **Indicadores de Tendencia Negativa**

- a. Salud y Deterioro Ambiental (Mortalidad Infantil, Generación Per Capita de Basura, Contaminación del Aire, referido al promedio de horas al mes por arriba de 100 IMECAS)
- b. Condiciones de Vivienda (Sin Disponibilidad de Drenaje, Agua Entubada, Electricidad)
- c. Condiciones Económicas (Ingreso Menor o Igual al Salario Mínimo, Dependencia Económica, Ocupados en el Sector Primario)
- d. Nivel de Educación (Analfabetismo, Primaria Incompleta, Sin Instrucción)

Durante la segunda fase se aplicó la metodología analítica, que constituye una de las principales innovaciones introducidas en este trabajo, y que se refiere a la utilización del método de valores residuales (15, 16, 17) para generar un Índice de Calidad y Detrimento Ambiental y la aplicación de un Coeficiente de Especialización (18,19) para determinar lo significativo de este. Y más adelante aplicar el tratamiento estadístico de agrupamiento jerárquico, mediante el paquete NCSS 97.

Inicialmente los datos se agruparon en una matriz  $X$ , de  $N$  renglones y  $K$  columnas, donde  $N$  es el número de unidades de que consta la población, en este caso los municipios; y  $K$  el número de variables que intervienen en la estratificación. Por lo tanto, el elemento  $X_{ij}$  de la matriz  $X$  a  $i$ -ésima observación de la  $j$ -ésima variable.

En forma inmediata se actuó a estratificar las variables en forma individual mediante el método de valores residuales, para obtener un Índice de Calidad Ambiental, y otro de Detrimento Ambiental; para ordenar de mayor a menor las municipalidades que integran el Área Metropolitana de Monterrey

Donde:  $D_{Vij}$  es el valor de la observación ajustada,  $X_{ij}$  es la observación;  $X_M$  es el valor máximo esclarecido; y  $X_m$  es el valor mínimo observable.

Posteriormente se derivó un índice por cada componente producto de la conjunción de los valores indicadores de cada variable.

Donde:  $V_{ij}$  es la observación ajustada;  $N_v$  es el número de variables contempladas; y  $C_{ij}$  es el valor obtenido para cada componente contemplado.

Y así obtener el Índice de Calidad Ambiental, o bien el de Detrimento; resultante de la suma de los índices de cada componente considerado y dividido entre el número contemplado.

Donde:  $ICA_{ij}$  y  $IDA_{ij}$  es el índice de calidad o detrimento ambiental para cada observación;  $C_{ij}$  es el valor obtenido para cada componente contemplado;  $N_C$  es el número de componentes considerados.

El ejercicio taxonómico que aquí se realiza se lleva a cabo mediante la vía cuantitativa y la definición estadística de Nelson, que originalmente se utiliza para clasificar funcionalmente las ciudades según su base económica, y aquí es innovada su interpretación para agenciar lo significativo del índice de calidad ambiental o detrimento ambiental obtenido para cada municipalidad del Área Metropolitana de Monterrey.

Tal clasificación se basa en incluir a las municipalidades con un índice de calidad ambiental *significativo*, en las cuales este índice sea igual o superior a la media aritmética; mientras un índice de calidad ambiental *altamente significativo* es aquel en que el índice sea igual o superior a la media aritmética más una desviación estándar; y *extremadamente significativo* cuando el índice de calidad ambiental sea igual o superior a la media aritmética más dos desviaciones estándar.

Donde:  $CEFs$ ,  $CEFas$  y  $CEFes$ , son el coeficiente de especialización funcional significativo, altamente significativo y extremadamente significativo respectivamente;  $ICA_{ij}$  y  $IDA_{ij}$  es el índice de calidad o detrimento ambiental para cada observación;  $s$  es la desviación estándar de la suma de los índices de calidad o detrimento ambiental;  $N_{ica}$  o  $N_{ida}$  es el número de índices de calidad o detrimento contemplados.

Posteriormente, la característica de variación del conjunto de municipalidades consideradas en la valoración del índice de calidad ambiental se puede apreciar mediante el valor del coeficiente de variación.

Donde  $CV_{cef}$ , es el coeficiente de variación;  $s_{CEF}$  es la desviación estándar de la suma de coeficientes de especialización funcional;  $CEFs$  el coeficiente de especialización significativo que se genera a partir de los índices de calidad o detrimento contemplados.

## Resultados

La dinámica diferencial de los siete municipios del Area Metropolitana de Monterrey (INEGI, 1991a), se refleja en el análisis de las jerarquías presentes en ellos mediante el Índice de Calidad Ambiental (ICA) e Índice de Detrimento Ambiental (IDA), obtenido a partir de las condiciones particulares de interdependencia entre los elementos ambientales considerados. Por lo cual su análisis se hará a partir de estos índices antes citados.

### 1. Índice de Calidad Ambiental (ICA)

El Area Metropolitana de Monterrey, constituida como unidad político administrativa de estudio, registra tres municipios con índices de calidad ambiental sobresalientes y que representan el 43%; la municipalidad que obtuvo un índice altamente significativo correspondió a San Pedro Garza García (ICA=0.7433), y dos significativos atribuibles a los municipios de Monterrey (ICA=0.5916) y San Nicolás de Los Garza (ICA=0.5710) (Ver Tabla 2 y 4).

Mientras que corresponden a cuatro municipios (57%) índices por debajo del ICA significativo cuyo valor estimado fue de 0.4719 (Ver Tabla 2 y 4)

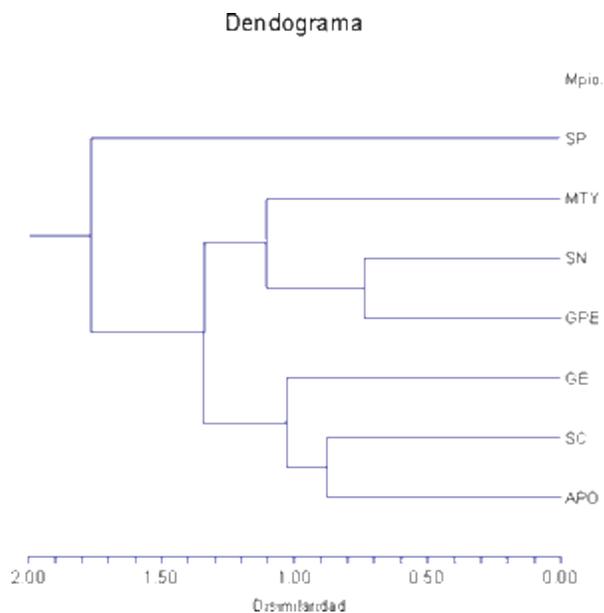
Las municipalidades con esta condición atañen a Guadalupe (ICA=0.4391), Santa Catarina (ICA=0.3623), General Escobedo (ICA=0.3043) y Apodaca (ICA=0.2915) (Ver Tabla 2 y 4).

**TABLA 2**

**Índice de Calidad Ambiental por valores residuales (ICA), Coeficiente de Variación (CV%), Coeficiente de Especialización (CE) por Municipio para el Area Metropolitana de Monterrey, Nuevo León**

Municipio	ICA	CE	CV	X
Apodaca	0.2915		33.17	0.4719
General Escobedo	0.3043			<b>DS</b>
Guadalupe	0.4391			0.1565
Monterrey	0.5916	S		<b>X + DS</b>
San Nicolás de los Garza	0.5710	S		0.6284
San Pedro Garza García	0.7433	AS		<b>X +2DS</b>
Santa Catarina	0.3623			0.7850

S= significativo; AS= altamente significativo; ES= extremadamente significativo; X = media; DS = desviación estándar.



**Figura 1. Dendograma del Análisis de Agrupamiento Jerárquico de los Indicadores Ambientales Positivos.**

El reporte del análisis de agrupamiento jerárquico despliega el dendograma (Ver Figura 1); el cual nos indica que las municipalidades del Area Metropolitana de Monterrey se conglomeran en tres agrupamientos de manera conspicua. Dos articulaciones aglutinan tres municipalidades cada uno, que incluyen a Guadalupe (GPE) San Nicolás de Los Garza (SN) y Monterrey (MTY) en primera instancia; y Apodaca (APO), Santa Catarina (SC) y General Escobedo (GE), en segundo término. Destacando el municipio de San Pedro Garza García (SP), que integra el último agrupamiento, y que predomina como aquel que es más disímil, con referencia a los indicadores positivos, con respecto a las otras unidades político administrativas que conforman el Area Metropolitana de Monterrey.

Además, con este análisis se establece la prueba estadística de Correlación Cofenética, (que es una correlación de Pearson) entre la distancia actual y la predicha sobre la configuración jerárquica, y que arroja una asociación de 0.7699.

## 2. Índice de Detrimento Ambiental (IDA)

La variante del procedimiento incluyo calcular la calidad ambiental del Area Metropolitana de Monterrey, mediante indicadores de tendencia negativa; lo cual arrojó tres municipios con índices de detrimento ambiental notables y que constituyen el 43% de aquellos sujetos a evaluación; los municipios que adquirieron índices altamente significativos incumben a General Escobedo (IDA=0.7599) y Apodaca (IDA=0.7403), y uno significativos correspondiente a la municipalidad de Santa Catarina (IDA=0.6653) (Ver Tabla 3 y4).

**TABLA 3**

**Índice de Detrimento Ambiental por valores residuales (IDA), Coeficiente de Variación (CV%), Coeficiente de Especialización (CE) por Municipio para el Area Metropolitana de Monterrey, Nuevo León**

<b>Municipio</b>	<b>IDA</b>	<b>CE</b>	<b>CV</b>	<b>X</b>
Apodaca	0.7403	AS	51.20	0.4637
General Escobedo	0.7599	AS		<b>DS</b>
Guadalupe	0.3687			0.2374
Monterrey	0.3634			<b>X + DS</b>
San Nicolás de los Garza	0.1372			0.7011
San Pedro Garza García	0.2107			<b>X + 2DS</b>
Santa Catarina	0.6653	S		0.9385

S=significativo; AS= altamente significativo; ES= extremadamente

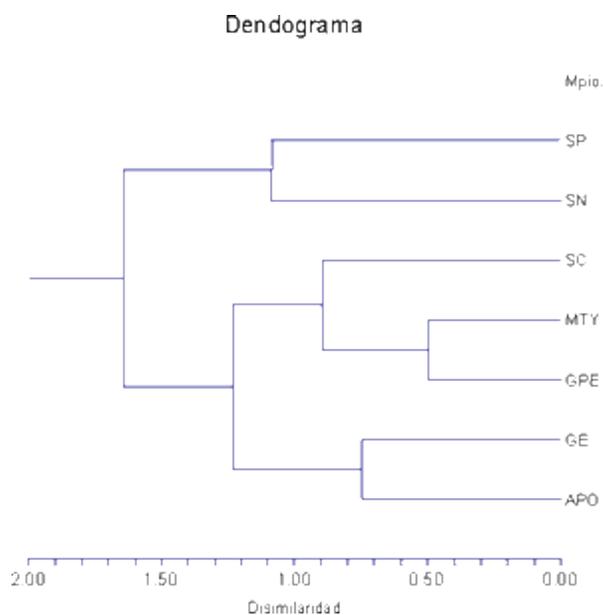
significativo; X = media; DS = desviación estándar.

Por otra parte, refiere a cuatro municipalidades (57%) índices inferiores al IDA significativo cuyo valor tasado es de 0.4637 (Ver Tabla 3 y 4)

Los municipios que se encuentran en esta situación son Guadalupe (IDA=0.3687), Monterrey (IDA=0.3634), San Pedro Garza García (IDA=0.2107) y San Nicolás de Los Garza (IDA=0.1372) (Ver Tabla 3 y 4).

El resultado del análisis de agrupamiento jerárquico conlleva al dendograma (Ver Figura 2); el cual nos muestra que los municipios en del Area Metropolitana de Monterrey se aglomeran en tres ensambles de carácter notable los cuales adhieren dos, tres y dos municipalidades cada uno, que incluyen a Apodaca (APO) y General Escobedo (GE); Guadalupe (GPE), Monterrey (MTY) y Santa Catarina (SC); y San Nicolás de Los Garza (SN) y San Pedro Garza García (SP), respectivamente. Descollando la asociación de los municipios de San Pedro Garza García (SP) y San Nicolás de Los Garza (SN), que se yerguen como los municipios más discrepantes, del resto de las municipalidades del Area Metropolitana de Monterrey.

Por otra parte, el examen determinó mediante la prueba estadística de Correlación Cofenética, (que es una correlación de Pearson) entre la distancia actual y la pronosticada sobre la configuración jerárquica, y que emite una asociación de 0.7160.



**Figura 2. Dendograma del Análisis de Agrupamiento Jerárquico de los Indicadores Ambientales Negativos.**

### **Discusión**

A partir de estos índices es notable apreciar mediante el coeficiente de variación (CV), las diferencias que en su conjunto ofrecen las municipalidades en cada índice estimado. El coeficiente de variación ilustra que existe una variación del 33.17% y 51.20%, dentro de la valoración de la calidad y detrimento ambiental respectivamente. Lo que atañe una distancia menor entre las municipalidades con respecto a los indicadores ambientales positivos; mientras que respecto a los indicadores ambientales negativos concierne una diferencia bastante substancial entre los municipios contemplados en el estudio (Ver Tabla 2 y 3).

Además en este análisis se logró establecer la amplitud y la tendencia de asociación y significancia entre los Índices de Detrimento Ambiental e Índice de Calidad Ambiental obtenidos a partir de procesos axiológicos disímiles; presentándose una conmutación de correspondencia con propensión negativa con una fuerza de asociación de  $-0.8571$  y significativo; con una atribución del 73% (Ver Tabla 5)

**TABLA 4**

**Equiparación entre los Índices resultantes de Calidad y Detrimento Ambiental (Valores Residuales)**

<b>Municipio</b>	<b>ICA</b>	<b>Posición</b>	<b>IDA</b>	<b>Posición</b>
Apodaca	0.2915	7	0.7403	2
General Escobedo	0.3043	6	0.7599	1
Guadalupe	0.4391	4	0.3687	4
Monterrey	0.5916	2	0.3634	5

San Nicolás de los Garza	0.5710	3	0.1372	7
San Pedro Garza García	0.7433	1	0.2107	6
Santa Catarina	0.3623	5	0.6653	3

ICA= Índice de Calidad Ambiental;

IDA= Índice de Detrimento Ambiental

Por otra parte, la concomitancia entre las pruebas realizadas para la obtención del Índice de Calidad Ambiental y de Detrimento Ambiental contrastadas con el análisis agrupamiento jerárquico, nos permitió convalidar la ordenación establecida por los índices tabulados.

**Tabla 5**

**Matriz de Correlación\* entre el Índice de Calidad Ambiental (ICA) e Índice de Detrimento Ambiental (IDA)**

	ICA
IDA	-0.857143
	0.0136970
	7.000000

\*Coeficiente de Correlación de Sperman;

Valor de r = significativo menor 0.05; Items = 7

**Conclusiones**

Es evidente, que a pesar de los riesgos que implica bosquejar la valoración de la calidad ambiental, el valor que tienen estudios como el presente, donde el método analítico que se empleo tiende a jerarquizar las comunidades sujetas a estudio con base a datos cuyo origen y dimensiones provienen del conocimiento de las particularidades de las distintas circunscripciones del Area Metropolitana de Monterrey, nos permite generar información ambiental básica que se resume de manera explícita a través de un índice, y que ofrece la disyuntiva de evaluar con el paso del tiempo de manera retrospectiva y prospectiva, y prescribir las condiciones en que subsiste la población.

Hay que hacer hincapié, que los indicadores ambientales contemplados en los procesos axiológicos, solo dan cuenta de la situación promedio prevaleciente en las unidades político administrativas consideradas, y no se refieren por lo tanto a situaciones individuales o de grupo.

**Resumen**

La calidad y detrimento ambiental de los habitantes del Area Metropolitana de Monterrey (incluye siete municipios) fue valorada. Esta estimación fue basada en la generación de un proceso axiológico y conocimiento de la relación entre indicadores ambientales (sociodemográficos, salud,

impacto ambiental, apertura social) y el proceso metodológico comprendido el método de valores residuales y un coeficiente de especialización funcional. Nuestros resultados indican que únicamente el municipio de San Pedro Garza García tiene un índice de calidad ambiental altamente significativo (0.7433). Mientras las municipalidades de General Escobedo (0.7599) y Apodaca (0.7403), fueron las únicas dos áreas con índices de detrimento ambiental altamente significativos.

Palabras clave: calidad ambiental; indicadores ambientales; métodos, Monterrey; México.

### **Abstract**

The quality and deterioration of the environment of inhabitants of the Urban Area of Monterrey (include seven municipalities) was assessed. This estimation was based on the generation of an axiological process and knowledge of the relationship between environmental indicators (sociodemographic, health, environmental impact and social features) and the methodological process comprising residual values and the coefficients of specialization. Our results indicated that only the municipality of San Pedro Garza García had high significant index of environmental quality (0.7433), while the municipalities of General Escobedo (0.7599) and Apodaca (0.7403) were the only two areas with high significant deterioration indices.

Key words: environment quality, environment indicators, methods, Monterrey, México.

*Proyecto apoyado por CONACYT*

### **Referencias**

1. UICN-PNUMA-WWF. 1991. Cuidar la Tierra, Estrategia para el futuro de la vida. Gland, Suiza. 258 pp
2. Bliss, C. 1996. El Estilo de Vida y el Estándar de Vida En La Calidad de Vida (M.C. Nussbaum y A. Sen), Fondo de Cultura Económica pp 534 - 553.
3. Alcalá, L. y J.D. López 1994. Análisis de los Procesos de Inversión en Ambiente y Salud. PIAS/OPS/OMS 100 pp
4. CIAT-UNEP. 1996. Marco Conceptual para el Desarrollo y Uso de Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad para Toma de Decisiones en Latinoamérica y el Caribe.36 pp
5. Verhasselt, Y. y B. Mansourian, 1991. Método para la Clasificación de los Países de acuerdo con sus Indicadores de Salud. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana Vol. 110 No.4: 319-323.
6. INEGI 1993. Niveles de Bienestar en México. INEGI 100pp
7. González González, F. 1995. Marginación en Nuevo León. Población y Calidad de Vida pp 16-25
8. INEGI-SEMARNAP 1998. Estadísticas del Medio Ambiente, México 1997. INEGI 461pp
9. SEMARNAP 1998. Avances en el desarrollo de indicadores para la evaluación del desempeño ambiental en México, 1997. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP 99pp
10. INEGI 1991. Indicadores Sociodemográficos. Nuevo León, IX Censo General de Población y Vivienda, 1990.

11. INEGI 1991. Resultados Definitivos. Nuevo León, IX Censo General de Población y Vivienda, 1990. Tomo I y II
12. INEGI 1992. Perfil Sociodemográfico. Nuevo León, IX Censo General de Población y Vivienda, 1990. 115 pp
13. INEGI 1995. Anuario Estadístico del Estado de Nuevo León, 1995. 320 pp
14. INEGI 1995. XIV Censo Industrial, XI Censo Comercial y XI Censo de Servicios de Nuevo León (1994).269 pp
15. Gómez Guzmán, L.G. 1994. Inequality in The Mexican Health System: The Health Resources Distribution. School of Public Health and Tropical Medicine. Tulane Univeristy (Capstone Thesis) 49 pp
16. Cantú-Martínez, P.C. 1997. Determinación del Nivel de Vida por Municipio en el Estado de Nuevo León. Subdirección de Posgrado, Facultad de Salud Pública y Nutrición, Universidad Autónoma de Nuevo León. Tesis de Postgrado
17. Cantú Martínez, P.C. y L.G. Gómez Guzman 200. Determinación del Nivel de Vida por Municipio en el Estado de Nuevo León. Revista Salud Pública y Nutrición Vol. 1 No. 1 ([www.uanl.mx/publicaciones/respyn](http://www.uanl.mx/publicaciones/respyn))
18. Cantú-Martínez, P.C. 1999. Generación de un Modelo para la Evaluación de la Calidad Ambiental del Area Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. Subdirección de Postgrado, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Tesis Doctoral. 115 pp.
19. Guillermo Aguilar, A., B. Graizbord y A. Sánchez Crispín 1996. Las Ciudades Intermedias y el Desarrollo Regional en México. Colegio de México 403 pp