

Propuesta de un modelo para estimar los costos de la contaminación atmosférica en la Zona Industrial de Guadalajara (ZIG)

ROSA ELENA REYES NODHAL¹

Resumen

El presente modelo ha sido diseñado para evaluar los costos de la contaminación atmosférica en la Zona Industrial de Guadalajara (ZIG), es decir, para explicar el problema desde la teoría económica por medio de una estructura econométrica que permite observar la relación que existe entre las variables seleccionadas para evaluar los costos social y privado por las emisiones de partículas contaminantes a la atmósfera que afectan la salud de los habitantes en esta zona. Asimismo significa para las empresas costos mayores por concepto de la adquisición de aparatos para controlar las emisiones de partículas en la zona industrial de Guadalajara.

Introducción

La problemática ambiental puede analizarse mediante el uso de teorías, métodos y técnicas económicas aplicadas a una gama de información que va desde la escala local y nacional hasta la mundial. Este fenómeno se analiza desde la teoría económica a partir de que se manifiesta la ideología “verde” en planos diferentes, como la gestión económica y empresarial, la problemática de empleo y consumo, el bienestar y la salud de los habitantes, la acción política y la gestión educativa, e incluso los cambios estructurales en las economías de algunos países.

1. Profesora del Departamento de Economía, Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas, Universidad de Guadalajara. Correo electrónico: relena@cencar.udg.mx.

El presente modelo ha sido diseñado para observar la relación que existe entre las variables seleccionadas para explicar el problema de la contaminación atmosférica en la Zona Industrial de Guadalajara (ZIG).

Dicho modelo consta de dos ecuaciones de comportamiento. Con la primera se obtiene la dependencia que presentan las partículas contaminantes con el costo total destinado a la adquisición de aparatos para controlar las emisiones de gases y partículas en la atmósfera, detectadas por el monitor Miravalle ubicado en avenida Gobernador Curiel y avenida de la Pintura en la ZIG (véase mapa 1). Con la segunda ecuación se busca observar de qué manera influyen dichas partículas en la modificación de las consultas médicas otorgadas por enfermedades respiratorias y de la vista por la Unidad Médica Familiar número 34 del Instituto Mexicano del Seguro Social ubicada en la confluencia de las avenidas López de Legaspi y Colón.

Los datos de las empresas fueron recabados mediante información directa. Para tal efecto se elaboró una encuesta² que cubre el 38% del total de empresas registradas en la Zona Industrial; el registro se obtuvo de la Cámara Regional de la Industria de Transformación del estado de Jalisco (Careintra) y de la Asociación de Usuarios de la Zona Industrial de Guadalajara, A. C. (véase cuadro 3).

La razón del anterior porcentaje se debe a que se consideró a las empresas que llevasen a cabo mediante un proceso productivo la transformación de materia prima, y que consecuentemente generaran algún tipo de desecho. Por lo anterior fueron discriminados los establecimientos dedicados a la distribución y almacenamiento de mercancías, talleres de reparación y mantenimiento de equipos y ventas en general.

La información de las mediciones de las partículas por el monitor en el área de estudio fue proporcionada por la Comisión Estatal de Ecología (Coese) del estado de Jalisco. El número de casos atendidos por enfermedades respiratorias y de la vista es información obtenida del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) (véanse cuadros 1 y 2).

La descripción de las variables seleccionadas para el modelo econométrico es la siguiente: el costo total (C) se refiere a la suma de los costos que erogaron las empresas para la adquisición, instalación y mantenimiento de aparatos para controlar las emisiones de partículas a la atmósfera durante el periodo 1990-2000. La emisión de partículas contaminantes por mg/m^3 (E) cuantifica el número de partículas suspendidas en el aire. La variable Y se refiere a la cantidad de consultas médicas por concepto de enfermedades del aparato respiratorio y de la vista, otorgadas por la Unidad Médica Familiar arriba mencionada en el área de influencia de la Zona Industrial; y una variable dicotómica que representa al TLCAN (I) para observar en qué medida

2. Para la encuesta aplicada en la ZIG se tomó en cuenta el padrón de empresas registradas en la Cámara Regional de la Industria de Transformación del Estado de Jalisco (Careintra), así como el Padrón de Usuarios de la ZIG. Estos padrones en conjunto incluyen 257 empresas ubicadas en la ZIG, de las cuales 194 llevan a cabo procesos de transformación de materias primas. Sin embargo, 83 registros cambiaron de giro y ahora pertenecen a bodegas, almacenes y distribuidoras de productos. Por lo anterior, la encuesta se aplicó a 97 empresas, de las cuales 55 proporcionaron la información.

las disposiciones en la protección del ambiente se han reflejado en la disminución de emisiones a la atmósfera a partir de 1994.

Modelo econométrico

El modelo consta de dos relaciones funcionales; la primera es para observar la relación que existe entre el número de partículas (E), el costo total (C) y la variable dicotómica (L), más el término de perturbaciones aleatorias, esto es:

$$E_i = f(C_i, L_i) + u_i \quad (1)$$

donde:

La variable dependiente o endógena se identifica como E , las variables independientes o exógenas son C y L , lo que significa que los cambios en las variables C y L modifican el valor de la variable E en cuanto a la reducción de emisiones en la atmósfera al incrementar la inversión en mecanismos de control y al observar puntualmente las normas ambientales.

La segunda ecuación funcional utilizada es para conocer en qué medida las emisiones de partículas E y la variable dicotómica L se relacionan con Y , daños en la salud de los habitantes en la zona de estudio por enfermedades respiratorias:

$$Y_i = f(E_i, L_i) + u_i \quad (2)$$

donde:

La variable dependiente o endógena es Y , y las variables independientes o exógenas se identifican con E y L , y u es la variable aleatoria; los cambios en E y L modifican los valores de Y en el sentido del incremento de los casos por enfermedades respiratorias al elevarse las emisiones de partículas a la atmósfera y el no observar las normas ambientales.

Hipótesis de comportamiento

La hipótesis de comportamiento para la primera función se expresa de la manera siguiente: el cambio de E respecto de C tiene relación inversa.

$$dE/dC < 0$$

Las hipótesis de comportamiento para la segunda ecuación se identifica como la relación entre las variables Y y E , que debe ser positiva.

$$dY/dE > 0$$

Estimación de parámetros

Para probar las hipótesis se utilizó el método de regresión lineal múltiple para estimar los parámetros de la relación entre las variables dependientes e independientes de las ecuaciones de comportamiento (1) y (2) mencionadas anteriormente. Las ecuaciones de regresión son las siguientes, si se supone una relación lineal entre las variables consideradas:

$$(3) \quad Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 E_{1t} + \alpha_2 L_{2t} + u_t$$

$$(4) \quad E_t = \beta_0 + \beta_1 C_{1t} + \beta_2 L_{2t} + u_t$$

Supuestos del modelo

El modelo de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) se fundamenta en las propiedades estadísticas que a continuación se exponen:

1. El término de perturbación se distribuye normalmente con media cero y varianza constante σ^2 ;

$$u \sim N(\mu, \sigma^2)$$

2. La esperanza del término de perturbación es igual a cero.

$$E(u) = 0$$

3. Las perturbaciones u_i , u_j no están correlacionadas; a este supuesto se le da el nombre de no autocorrelación.

$$\text{Cov}(u_i, u_j) = 0 \text{ para } i \neq j$$

4. Existe homoscedasticidad, o igual dispersión; esto es, la varianza de u_i es un número constante igual a σ^2 .

$$E(u_i^2) = \sigma^2$$

5. Las perturbaciones de u y las variables explicativas no están correlacionadas.

$$\text{Cov}(u_i, X_i) = 0$$

Si el modelo de regresión lineal cumple con los supuestos antes mencionados, entonces los estimadores de los parámetros obtenidos a partir de este método son óptimos, es decir, son insesgados, consistentes y eficientes.

Derivación de los estimadores mínimos cuadráticos

Dada la función de regresión de tres variables

$$1. \quad Y = f(E, L) \text{ y}$$

La ecuación de comportamiento:

$$2. \quad \hat{Y}_j = \alpha_0 + \alpha_1 E_{1j} - \alpha_2 L_{2j} + u_j \quad \text{donde:}$$

$$3. \quad Y_j = \hat{Y}_j + u_j \quad \text{despejando } u_j \text{ de (3)}$$

$$4. \quad u_j = Y_j - \hat{Y}_j \quad \text{sustituyendo } \hat{Y}_j \text{ en (4)}$$

$$5. \quad u_j = Y_j - \alpha_0 - \alpha_1 E_{1j} - \alpha_2 L_{2j} \quad u_j = \text{residuos}$$

Los residuos son la diferencia entre los valores observados y los valores estimados de Y . Para minimizar la diferencia entre los residuos se eleva al cuadrado la sumatoria de los residuos, quedando la expresión como sigue:

$$6. \quad \sum u_j^2 = \sum (Y_j - \hat{Y}_j)^2 = \sum (Y_j - \hat{\alpha}_0 - \hat{\alpha}_1 E_{1j} - \hat{\alpha}_2 L_{2j})^2$$

Esta ecuación significa que la suma de los residuos al cuadrado es una función de $\hat{\alpha}_0, \hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2$.

Los parámetros se obtienen derivando $\sum u^2$ con respecto de $\hat{\alpha}_0, \hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2$, e igualando a cero.

Entonces, derivando parcialmente (6) para $\hat{\alpha}_0$ se tiene:

$$7. \quad \delta(\sum u^2) / \delta \hat{\alpha}_0 = -2 \sum (Y_j - \hat{\alpha}_0 - \hat{\alpha}_1 E_{1j} - \hat{\alpha}_2 L_{2j}) = 0$$

$$8. \quad \delta(\sum u^2) / \delta \hat{\alpha}_1 = -2 \sum (Y_j - \hat{\alpha}_0 - \hat{\alpha}_1 E_{1j} - \hat{\alpha}_2 L_{2j}) E_{1j} = 0$$

$$9. \quad \delta(\sum u^2) / \delta \hat{\alpha}_2 = -2 \sum (Y_j - \hat{\alpha}_0 - \hat{\alpha}_1 E_{1j} - \hat{\alpha}_2 L_{2j}) L_{2j} = 0$$

Las ecuaciones anteriores dan origen a un sistema de ecuaciones simultáneas llamadas ecuaciones normales

$$10. \quad \sum Y_j = n\hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 \sum E_{1j} + \hat{\alpha}_2 \sum L_{2j}$$

$$11. \quad \sum E_{1j} Y_j = \hat{\alpha}_0 \sum E_{1j} + \hat{\alpha}_1 \sum E_{1j}^2 + \hat{\alpha}_2 \sum E_{1j} L_{2j}$$

$$12. \quad \sum L_{2j} Y_j = \hat{\alpha}_0 \sum L_{2j} + \hat{\alpha}_1 \sum E_{1j} L_{2j} + \hat{\alpha}_2 \sum L_{2j}^2$$

Resolviendo el sistema se obtienen los valores para $\hat{\alpha}_0, \hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2$, en forma de desviaciones se tiene:

$$13. \quad \hat{\alpha}_1 = \frac{(\sum E_1 Y)(\sum L_2) - (\sum L_2 Y)(\sum E_1 L_2)}{(\sum E_1^2)(\sum L_2^2) - (\sum E_1 L_2)^2}$$

$$14. \quad \hat{\alpha}_2 = \frac{(\sum L_2 Y)(\sum E_1^2) - (\sum E_1 Y)(\sum E_1 L_2)}{(\sum E_1^2)(\sum L_2^2) - (\sum E_1 L_2)^2}$$

$$15. \quad \hat{\alpha}_0 = \bar{Y} - \hat{\alpha}_1 \bar{E}_1 - \hat{\alpha}_2 \bar{L}_2$$

Estos estimadores se caracterizan por ser expresados en términos de cantidades observables. Además, de acuerdo con la muestra cada estimador proporciona un solo valor del parámetro poblacional.

Método de MCO en forma matricial para estimar los parámetros

El procedimiento matricial para obtener los parámetros se basa en el modelo descrito anteriormente. Entonces, sea la ecuación muestral igual a:

$$1. \quad \hat{Y}_j = \alpha_0 + \alpha_1 E_{1j} - \alpha_2 L_{2j} + u_j$$

Donde:

$$\begin{aligned} E &= X_1 \\ L &= X_2 \end{aligned}$$

El modelo matricial en forma condensada queda como sigue:

$$2. \quad Y = \hat{\alpha}X + u$$

Las matrices se estructuran de la siguiente manera:

$$3. \quad Y = X \hat{\alpha} + u$$

$$\begin{matrix} \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_N \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} 1X_{11}X_{21} \cdots X_{k1} \\ 1X_{12}X_{22} \cdots X_{k2} \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ 1X_{1N}X_{2N} \cdots X_{kN} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_k \end{bmatrix} & + & \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_N \end{bmatrix} \\ (N \times 1) & & (N \times k) & (k \times 1) & & (N \times 1) \end{matrix}$$

En este sistema de matrices, Y es el vector columna de los valores observados de la variable dependiente, X es la matriz de valores de las variables independientes, $\hat{\alpha}$ es un vector columna de k elementos que representan a los estimadores de los parámetros de la ecuación de regresión y los residuos forman otro vector de N filas y una columna.

Despejando (u) de (3) se tiene que:

$$4. \quad \hat{u} = y - \hat{\alpha}X$$

Los estimadores MCO se obtienen al minimizar los residuos del modelo, es decir, al elevar el término de error al cuadrado y se representan como la sumatoria de los residuos al cuadrado de la siguiente manera:

$$5. \quad \sum \hat{u}_i^2 = \sum (Y_i - \alpha_0 - \alpha_1 X_{1i} - \alpha_2 X_{2i} - \dots - \alpha_k X_{ki})^2$$

En álgebra matricial la expresión anterior significa multiplicar la transpuesta de (u') por (u), esto es:

$$6. \quad \hat{u}'\hat{u} = (\hat{u}_1, \hat{u}_2 \cdots \hat{u}_n) \begin{pmatrix} \hat{u}_1 \\ \hat{u}_2 \\ \vdots \\ \hat{u}_n \end{pmatrix} = (\hat{u}_1^2 + \hat{u}_2^2 + \dots + \hat{u}_n^2)$$

Desarrollando la expresión anterior en forma matricial se obtiene:

$$7. \quad \hat{u}'\hat{u} = (y - \hat{\alpha}X)'(y - \hat{\alpha}X) = y'y - 2\hat{\alpha}'X'y + \hat{\alpha}'X'X\hat{\alpha}$$

Simplificando la ecuación por medio de las propiedades del álgebra matricial:

$$8. \quad (X'X)\hat{\alpha} = X'y$$

Despejando ($\hat{\alpha}$) de la ecuación anterior:

$$9. \quad \hat{\alpha} = (X'X)^{-1} X'y \quad \text{donde:}$$

$\hat{\alpha}$ = vector de parámetro

$(X'X)^{-1}$ = matriz inversa de X

$(X'y)$ = es el producto cruzado de (X) por (y)

En forma condensada

$$10. \quad \hat{\alpha} = (X'X)^{-1} X'y \quad \text{Matrices de orden}$$

(k x 1) (k x k) (k x n) (n x 1)

En el presente modelo el sistema de matrices es el siguiente:

$$\hat{\alpha} = \begin{bmatrix} \hat{\alpha}_0 \\ \hat{\alpha}_1 \\ \hat{\alpha}_2 \end{bmatrix} \quad (X'X)^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & \dots & 1 & \dots & 1 \\ X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{kn} \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1X_{11}X_{21} \\ 1X_{12}X_{22} \\ \dots \\ 1X_{1k}X_{2k} \end{bmatrix} \quad (X'y) = \begin{bmatrix} 1 & \dots & 1 & \dots & 1 \\ X_{11} & X_{12} & \dots & X_{12} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{kn} \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

Variables exógenas cualitativas³

Las variables ficticias en los modelos de regresión son una herramienta útil para evaluar la influencia que ejercen las variables que por su característica *cualitativa* no pueden medirse numéricamente, pero que por su importancia dentro del fenómeno analizado es de gran interés observar su influencia en el comportamiento de una variable endógena.

Estas variables reflejan atributos o decisiones individuales, se representan por dos valores (0 ó 1), de ahí que también se pueden nombrar como variables artificiales, binarias o *dummy*; se emplean para representar información de carácter cualitativo, como puede ser:

- ser hombre o mujer;
- periodo de guerra o época de paz;
- estar o no estar casado;
- comunidad urbana o rural;

3. Fuente electrónica: <http://www.eco.vc3m.es/vEcoI/Notas/Tema.%20.%20Variables%20Ficticias.pdf>.

- que una empresa pertenezca al sector manufacturero o al sector servicios;
- que una empresa tenga un determinado tamaño, etcétera.

En cualquiera de estos casos se podrían implementar regresiones separadas para cada categoría y ver si los coeficientes son distintos.

Alternativamente, se puede realizar una sola estimación con todas las observaciones y medir el efecto del factor cualitativo, que se recoge a través de las variables ficticias.

El uso de dichas variables tiene la ventaja, frente a la estimación por submuestras, de que permite contrastar fácilmente si el efecto del factor cualitativo es relevante.

Las variables ficticias se emplean en los modelos de regresión cuando se necesita evaluar el efecto de alguna(s) de las variables independientes (Xs) sobre la variable dependiente (Y), y si esta última varía de acuerdo con alguna característica de la población, como puede ser la religión, tamaño de la localidad, identificación por raza o sexo, entre otras.

Las variables ficticias toman valor 1 en una categoría y valor 0 en el resto

Por ejemplo:

$$\begin{aligned} \text{Guerra} &= \begin{cases} 1 & \text{si es periodo de guerra} \\ 0 & \text{si es periodo de paz} \end{cases} \\ \text{Paz} &= \begin{cases} 1 & \text{si es periodo de paz} \\ 0 & \text{si es periodo de guerra} \end{cases} \end{aligned}$$

La teoría señala dos efectos que pueden observarse con la ayuda de las variables artificiales:

- Efecto aditivo (diferencias en el término constante).
- Efecto interacción (diferencias en las pendientes).

Efecto aditivo

En el efecto aditivo se utilizan las variables ficticias para modelizar cambios en el término constante del modelo.

donde
$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 E_{1t} + \alpha_2 L_{2t} + u_t$$

Y_t = Número consultas por enfermedades respiratorias,

E_{1t} = Emisiones

$$L_{2t} = \text{TLCAN} = \begin{cases} 1 & \text{con el TLCAN} \\ 0 & \text{sin el TLCAN} \end{cases}$$

entonces:

$$E(Y_t / E_{1T}, L_{2T}) = \alpha_0 + \alpha_1 E_{1t} + \alpha_2 L_{2t}$$

Por lo tanto:

$$E(Y_t / E_{1T}, \text{TLCAN}) = E(Y_t / E_{1T}, L_{2T} = 1) = (\alpha_0 + \alpha_2) + \alpha_1 E_{1t}$$

$$E(Y_t / E_{1T}, \text{sin TLCAN}) = E(Y_t / E_{1T}, L_{2T} = 0) = (\alpha_0 + \alpha_1 E_{1t})$$

Así es que: $\alpha_2 = E(Y_t / E_{1T}, \text{TLCAN}) - E(Y_t / E_{1T}, \text{sin TLCAN})$

α_2 es la diferencia, en promedio, entre las emisiones con TLCAN y las emisiones sin TLCAN en el periodo de estudio.

Verificación estadística

Una vez obtenidos los parámetros minimocuadráticos se procede a medir su confiabilidad o precisión. Estadísticamente hablando, dicha precisión se observa mediante el error estándar, que es igual a la varianza de la distribución muestral entre el tamaño de la muestra. Entonces, para probar la significancia de los estimadores se obtienen sus varianzas.

$$1. \quad S^2 = \hat{\sigma}_u^2 = \sum u_i^2 / n - k$$

En forma matricial

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum u^2}{n - k} = \frac{\hat{u}'\hat{u}}{n - k}$$

donde: k es el número de parámetro estimados.

La matriz de varianza-covarianza de $(\hat{\alpha})$ se obtiene a partir de:

$$2. \text{ var-cov}(\hat{\alpha}) = \sigma^2 (X'X)^{-1}$$

Las varianzas para $(\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2)$ con datos originales son calculadas con las ecuaciones siguientes:

$$1. \text{ Var } \hat{\alpha}_1 = \sigma_u^2 \left(\frac{\sum L_2^2}{\sum E_1^2 \sum L_2^2} - \left(\frac{\sum E_1 L_2}{\sum E_1^2 \sum L_2^2} \right)^2 \right) \quad \text{varianza } \hat{\alpha}_1$$

$$2. \text{ Var } \hat{\alpha}_2 = \sigma_u^2 \left(\frac{\sum E_1^2}{\sum E_1^2 \sum L_2^2} - \left(\frac{\sum E_1 L_2}{\sum E_1^2 \sum L_2^2} \right)^2 \right) \quad \text{varianza } \hat{\alpha}_2$$

Los estimadores insesgados de las varianzas muestrales para $\hat{\alpha}_1$ y $\hat{\alpha}_2$ son las siguientes:

$$3. S^2 \hat{\alpha}_1 = \sum u_i^2 / n - k \left(\frac{\sum E_1^2}{\sum E_1^2 \sum L_2^2} - \left(\frac{\sum E_1 L_2}{\sum E_1^2 \sum L_2^2} \right)^2 \right)$$

$$4. S^2 \hat{\alpha}_2 = \sum u_i^2 / n - k \left(\frac{\sum E_1^2}{\sum E_1^2 \sum L_2^2} - \left(\frac{\sum E_1 L_2}{\sum E_1^2 \sum L_2^2} \right)^2 \right)$$

Coefficiente de determinación múltiple

Para constatar la bondad de ajuste de la línea de regresión ajustada al conjunto de datos, se procede a calcular el coeficiente de determinación (R^2); su valor mide la proporción de la variación total en Y explicada por la línea de regresión; este valor debe ser no negativo con límites entre $(0, 1)$ es decir, $0 \leq R^2 \leq 1$. Cuando el coeficiente de determinación es igual a uno existe ajuste perfecto, es decir, la recta de regresión explica el 100% de las variaciones en Y ; en caso contrario, cuando es menor a uno y cercano a cero ($0 < R^2 < 1$) la interacción de las variables Xs con la variable dependiente Y disminuye; o bien, cuando es cero se considera que no existe ajuste perfecto de la recta de regresión muestral a los datos.

Cálculo del coeficiente de determinación

$$\text{“Error total”} = \text{“Error explicado”} = \text{“Error residual”}$$

$$1. \sum (Y_j - \bar{Y})^2 = \sum (\hat{Y}_j - \bar{Y})^2 = \sum (Y_j - \hat{Y}_j)^2$$

Entonces:

$$2. R^2 = \frac{\sum \hat{y}_j^2}{\sum y_j^2} = 1 - \frac{\sum u_i^2}{\sum y_j^2} = \hat{\alpha}_j \sum y E_1 + \hat{\alpha}_2 \sum y l_j / \sum y l_2$$

Debido a que el número de variables independientes se incrementen en el modelo, se calcula el \bar{R}^2 ajustado, esto es:

$$3. \quad R^2 = 1 - \frac{\sum u^2}{\sum y_1}$$

O bien

$$4. \quad \bar{R}^2 = 1 - \left(1 - R^2\right) \frac{(n-1)}{(n-k)} \quad \text{con } (n-1) \text{ y } (n-K) \text{ grados de libertad.}$$

En forma matricial R^2 puede obtenerse a partir de la siguiente ecuación:

$$5. \quad R^2 = \frac{\hat{\alpha}' X' y - n\bar{y}^2}{y' y - n\bar{y}^2}$$

Prueba de significación global

La relación entre la varianza explicada y la no explicada proporciona la prueba F que mide el grado de significación global de la regresión, con $(k-1)$ y $(n-k)$ grados de libertad, es decir:

$$1. \quad F = \sum \hat{y}_i^2 / (k-1) / \sum \hat{e}_i^2 / (n-k)$$

2. En forma matricial:

$$F = \frac{\frac{(\hat{\alpha}' X' y - n\bar{y}^2)}{(k-1)}}{\frac{(y' y - \hat{\alpha}' X' y)}{(n-k)}} \quad \text{con } (k-1) \text{ y } (n-K) \text{ grados de libertad}$$

Coefficientes de correlación parcial

Para observar el grado de asociación o el grado de influencia entre la variable dependiente y las variables independientes se calcula el coeficiente de correlación. El coeficiente toma valores entre (-1) y (1) es decir $(-1 < r < 1)$ y conserva el signo del parámetro estimado.

$$1. \quad r = \sum xy / \sqrt{\sum x^2} \sqrt{\sum y^2}$$

Entonces los coeficientes para el modelo se definen de la siguiente manera:

$$2. \quad r_{y,E} = (r_{y,E} - r_{y,L} \cdot r_{E,L}) / \sqrt{1 - r^2_{E,L}} \sqrt{1 - r^2_{Y,L}}$$

$$3. \quad r_{y,L} = (r_{y,L} - r_{y,E} \cdot r_{E,L}) / \sqrt{1 - r^2_{E,L}} \sqrt{1 - r^2_{Y,L}}$$

Prueba de hipótesis

Cabe hacer notar que los estadísticos anteriores se refieren a la estimación puntual de los parámetros; en este apartado se hace referencia a la estimación intervalo.

Para observar qué tan confiables son los estimadores, es decir $E(\hat{\alpha}_1) = \alpha_1$, se utiliza la distribución *t* de Student con un nivel de significación $(1-\lambda)$, esto:

$$1. \quad t_{\alpha_1} = (\hat{\alpha}_1 - \alpha_1) / \sigma_{\alpha_1} \quad \text{para } \alpha_1$$

$$2. \quad t_{\alpha_2} = (\hat{\alpha}_2 - \alpha_2) / \sigma_{\alpha_2} \quad \text{para } \alpha_2$$

Análisis de autocorrelación

Una de las pruebas más utilizadas para detectar la autocorrelación en los modelos econométricos es el estadístico Durbin Watson (Dw), con límites $(4 \geq dw \geq 0)$. Cualquier valor estimado de Dw debe caer dentro de esos límites. Trata de probar que el término de perturbación correspondiente a una observación muestral no está relacionado con los residuos de otro valor observado de la misma muestra.

El estadístico permite probar la hipótesis de no autocorrelación positiva o negativa de primer orden. La prueba se realiza de la siguiente manera:

$$H_0 : \rho = 0 \quad \text{No autocorrelación serial}$$

$$H_1 : \rho \neq 0 \quad \text{Autocorrelación}$$

El valor del estadístico se obtiene con la siguiente expresión matemática:

$$1. \quad Dw = \frac{\sum_{t=2}^n (u_t - u_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n u_t^2}$$

El rango de valores para la prueba de autocorrelación son los siguientes:

$$2. \quad Dw = 4 \quad \text{Autocorrelación negativa}$$

$$3. \quad Dw = 2 \quad \text{No autocorrelación}$$

$$4. \quad Dw = 0 \quad \text{Autocorrelación positiva}$$

Rechazar Ho Autocorrelación positiva	Zona de indecisión	No rechazar la Ho nula	Zona de indecisión	Rechazar Ho Autocorrelación negativa		
0	DW_i	DW_s	2	$4 - DW_i$	$4 - DW_s$	4

De lo anterior se observa que el rango de valores que puede tomar el estadístico Dw está entre (0-4), se puede considerar entonces que los valores extremos cero o cuatro indican autocorrelación positiva o negativa y que el valor de $Dw = 2$ indica ausencia de autocorrelación. Entonces, se acepta la hipótesis nula ($H_0: \rho = 0$) no autocorrelación, que significa que el modelo de regresión no presenta el problema de la autocorrelación.

Resultados del modelo econométrico

El costo social

Cuadro 1

ZIG: variables que intervienen en el modelo econométrico para estimar el costo social

$$Y = f(E, L)$$

<i>Años</i>	<i>Consultas médicas</i> (Y)	<i>Emisiones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i> (E)	<i>TLC</i> (L)
1993	56,813	102	0
1994	51,675	86	1
1995	57,885	71	1
1996	64,097	86	1
1997	70,400	79	1
1998	63,524	89	1
1999	67,682	83	1
2000	69,857	86	1

Fuente: Departamento de Economía (CISE), UdeG, 2002.

Ecuación (1)

$$Y_j = \alpha_0 + \alpha^1 E^{1j} - \alpha^2 L_{2j} + u_j$$

$$Y = 22908.7 + 326.8E + 15751.5L$$

(1.01) (2.91)
 (324.47) (5416.57)

Prueba de significación para la ecuación y los parámetros estimados

Regresores	Coefficientes	Estadístico t	Desviación típica	η	r	R^2	\bar{R}^2	DW	F
$\alpha_{0=}$	22908.7	0.79	28940.83	0.44	0.82	0.67	0.52	2.62	4.22
$\alpha_{1=}$ Emisiones	326.8	1.01	324.47						
$\alpha_{2=}$ L	15751.5	2.91	5416.57						

$R^2 = 0.679$

$t_{\alpha_1} = 1.01$ para α_1

$\sigma_{\alpha_1} = 324.47$

$F = 4.22$

$R^2 = 0.52$

$t_{\alpha_2} = 2.91$ para α_2

$\sigma_{\alpha_2} = 5416.57$

$Dw = 2.62$

El costo privado

Cuadro 2
ZIG: variables que intervienen en el modelo econométrico para estimar el costo privado

$E = f(C., L)$

Años	Emisiones (mg/m ³)	Costos (miles \$)	TLC
1993	102	126.281	0
1994	86	216.750	1
1995	71	289.250	1
1996	86	344.800	1
1997	79	548.500	1
1998	89	272.450	1
1999	83	361.255	1
2000	86	331.730	1

Fuente: Departamento de Economía (CISE), UdeG, 2002.

Ecuación (2)

$E_i = \beta_0 - \beta_1 C_{1i} - \beta_2 L_{2i} + u_i$

$E = 101.3 - 0.000019C - 1.8L$
 (-0.74) (-1.34)
 (0.000025) (8.84)

Prueba de significación para la ecuación y los parámetros estimados

	<i>Coefficientes</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Desviación típica</i>	η	r	R^2	\bar{R}^2	DW	F
β_0	101.3	13.8	7.30	0.014	0.728	0.531	0.47	2.40	2.83
$\beta_1 = \text{Costos}$	-0.000019	-0.74	0.000025						
$\beta_2 = \text{TLC}$	-11.8	-1.34	8.84						

$$R^2 = 0.531$$

$$t_{\beta_1} = -0.74 \text{ para } \beta_1$$

$$\sigma_{\beta_1} = 8.84$$

$$F = 2.83$$

$$R^2 = 0.47$$

$$t_{\beta_2} = -1.34 \text{ para } \beta_2$$

$$\sigma_{\beta_2} = 0.00025$$

$$Dw = 2.40$$

Interpretación de resultados del modelo econométrico

Conforme a los resultados del estudio econométrico efectuado para analizar la magnitud de los costos sociales (*daños a la salud*) y los costos privados (*inversiones en mecanismos para controlar la emisión de partículas*), y de acuerdo con los estadísticos obtenidos para comprobar la validez de los parámetros del modelo, como son los coeficientes de correlación (r) y determinación (R^2), así como el estadístico Durbin Watson (Dw), es posible hacer algunas interpretaciones en relación con los valores de los coeficientes de regresión.

Función de costo social

En páginas anteriores se mencionó que los costos sociales se refieren a las pérdidas —ya sean directas o indirectas— que la comunidad recibe como resultado de la deficiente regulación de la actividad industrial —hablando en términos ambientales— y a la concentración de actividades económicas en algunas zonas de la ciudad. En efecto, estos costos son el resultado negativo y daños que originan las emisiones industriales, de los cuales los empresarios no se consideran responsables, puesto que su objetivo primordial es minimizar sus costos privados persiguiendo el mayor margen de beneficios posible. Puede mencionarse, en este caso, que una de las formas hasta cierto punto cómodas para no elevar sus costos de producción es no adquirir la tecnología adecuada y necesaria para controlar y, en algunos casos, abatir los desechos a la atmósfera, contribuyendo con esta decisión al deterioro del medio ambiente y por ende a las pérdidas sociales.

Bajo esta perspectiva los efectos de la contaminación en el área de influencia de la ZIG se manifiestan graves como resultado de los altos niveles de concentración de partículas contaminantes en el aire ahí registradas (véase mapa 2).

A este respecto, la ecuación de regresión para evaluar la relación entre la variable dependiente y las variables independientes que son, respectivamente, el número de

casos atendidos por el Seguro Social por afecciones respiratorias y las emisiones de partículas contaminantes, y el TLCAN, arrojó el siguiente resultado:

$$\widehat{Y}_j = 22908.7 + 326.8E_j + 15751.5L_j .$$

(1.01) (2.91)

El coeficiente de las emisiones observa una relación directa con el número de consultas. Esta situación concuerda con la hipótesis teórica establecida para el caso presente. Así, se infiere que a medida que la concentración de partículas en la ZIG sea más alta, los casos por enfermedades respiratorias se modificarán de manera positiva. Concretamente, si las emisiones aumentan su concentración en un mg/m^3 , el número de personas afectadas se elevará en 326.8 en el área de influencia. Lo indicativo del resultado obtenido es por demás alarmante, puesto que si se supone una contaminación en el rango de $100\text{mg}/\text{m}^3$, el número de enfermos se incrementará en 32,680 casos.

Asimismo, la variable dicotómica TLCAN (L) representa en promedio, de acuerdo con el coeficiente obtenido, 15,751.5 casos adicionales de enfermedades respiratorias, teóricamente el efecto aditivo en el término constante ($\alpha_0 + \alpha_2$), el cual representa la diferencia en promedio del número de casos por enfermedades respiratorias, en cuya situación estos casos se elevan a 38,660.2 casos después del Tratado de Libre Comercio, lo que significa que las normas ambientales internacionales en aspectos industriales y comerciales no se han cumplido o se cumplen a medias.

Por otro lado es necesario mencionar que, si bien la emisión de partículas y el TLCAN no son las únicas variables que pueden influir en la generación de costos sociales, son de las más importantes, afirmación que se apoya en el resultado del coeficiente de correlación —importancia relativa— mayor a 80%. Asimismo, el coeficiente de determinación 0.678 de la bondad de ajuste demuestra que los resultados son estadísticamente confiables.

En resumen, se puede decir que efectivamente las emisiones de partículas contaminantes, ya sean como resultado de la actividad industrial o por las fuentes móviles y los cambios atmosféricos, afectan y causan daño a la comunidad, y que los individuos, aunque conscientes de sus pérdidas, no pueden efectuar acciones en contra de los agentes responsables de sus daños sin la intervención decidida de las autoridades competentes. Lo más importante es que los costos sociales, definidos por enfermedades del aparato respiratorio y de la vista, pueden minimizarse si los empresarios acatan cabalmente las normas ambientales y el gobierno del estado las hace cumplir para controlar la contaminación del ambiente.

Función de costo privado

Se entiende por costos privados todos los gastos que realizan las empresas para llevar a cabo su actividad productiva. Sin embargo, en este trabajo el análisis hace referencia a uno de esos gastos, que es el costo directo para el control de la contaminación.

De esta manera se tomó en cuenta, para llevar a cabo los objetivos de esta investigación, el gasto relacionado con la adquisición, la instalación y el mantenimiento de los mecanismos de control efectuado por las empresas productoras ubicadas en la ZIG. Además se incluye, como en el caso del costo social, la variable ficticia $TLCAN$ (L).

La utilización de esta variable es para observar el efecto que han tenido las normas ambientales pactadas en los acuerdos internacionales como el $TLCAN$ en el control de la contaminación ambiental en la zona de estudio. Por ello, se espera que el cumplimiento satisfactorio de las normas ambientales sea un factor relevante en el control de las emisiones.

El resultado del modelo econométrico confirma la hipótesis arriba mencionada, esto es:

$$\hat{E}_i = 101.3 - 0.000019C_i - 11.8L_i .$$

(-0.74) (-1.34)

El signo del primer coeficiente de la variable explicativa muestra el comportamiento negativo que tiene la contaminación ante cambios en el costo privado.

Concretamente, si los empresarios deciden invertir 10,000 pesos adicionales en mecanismos para controlar la contaminación, las emisiones se reducirán en 0.19 mg/m^3 (5.263 partes de una micra) como respuesta al incremento en la inversión. Entonces, se puede decir al respecto que el costo por cada mg/m^3 reducido será de 52,632 pesos de inversión adicional. En términos agregados el costo privado de estas empresas debería aumentar en 2'631,578.90 pesos para que la contaminación se vea disminuida en 50 mg/m^3 , lo que significaría lograr emisiones promedio de 36 mg/m^3 , es decir, un nivel bueno de acuerdo con Imexca, en lugar del promedio observado en el último año de estudio de 86 mg/m^3 . Cabe mencionar que en los meses de diciembre a febrero las emisiones rebasan las 100 mg/m^3 .

En cuanto al efecto diferenciado sobre el término independiente de la ecuación del costo social $(\beta_0 + \beta_2) = (101.3 - 11.8) = 89.5$, significa que en promedio dicho tratado ha influido para que las emisiones disminuyan en 11.8 mg/m^3 , pero sin embargo siguen manteniendo promedios elevados de 89.5 mg/m^3 .

Por otra parte, la ecuación de regresión refleja una situación muy importante para la presente investigación, en el sentido de que si los empresarios deciden no invertir para disminuir las emisiones de partículas, éstas tendrán un valor de 101.3 mg/m^3 , cantidad que transforma el ambiente en no satisfactorio según el índice mexicano de la calidad del aire.

De acuerdo con los resultados anteriores, para el análisis es importante manifestar que, aunque son teóricamente consistentes, parecen no reflejar lo que se observa en la realidad, porque nada más alejado de la verdad si creemos que con 2'631,578.90 pesos adicionales de inversión vamos a obtener un medio ambiente sano, esto al reducir la contaminación en 50 mg/m^3 , y menos aún por la falta de energía y decisión de las autoridades para hacer cumplir la normatividad ambiental. Además, los valores obtenidos en el modelo se acercan muy poco a la realidad del problema, debido a la escasa

información proporcionada por los empresarios para evaluar los costos privados, ya que sólo 16.36% de las empresas que contestaron el cuestionario declararon tener mecanismos para controlar la contaminación, y de éstas 33.33% están en operación. Nótese que en la ZIG existen aproximadamente 194 empresas productoras registradas (véanse cuadros 4 y 5). En este sentido, si las nueve empresas que manifestaron costos por este concepto invirtieron 331,730 pesos en el año 2000, a razón de 36,859 pesos en promedio, *grosso modo* podría decirse que el conjunto de empresas ubicadas en la ZIG aproximadamente debieron gastar 7'150,646 pesos, de acuerdo con la información de la encuesta.

Por otra parte, el gasto adicional en promedio de las nueve empresas al dividir 52,632 pesos, arroja un costo promedio apenas de 5,848 pesos por cada mg/m^3 . Entonces, las 194 empresas deberían gastar 1'134,512 pesos adicionales para mejorar el medio ambiente en una mg/m^3 en la zona de estudio, ya que las empresas que manifestaron emitir desechos tendrían que gastar, como se mencionó arriba, 52,632 pesos para mejorar el ambiente en una micra. Este razonamiento supone condiciones constantes al año 2000. Además, las pruebas de significación para constatar la validez de los parámetros demuestran la existencia de la relación entre las emisiones y el costo privado, sin que esta última sea la única variable explicativa del problema.

De cualquier forma, el resultado obtenido permite hacer algunas comparaciones. La inversión estimada para controlar la contaminación en la ZIG y reducirla en 50 mg/m^3 representa el monto invertido por instituciones privadas para rehabilitar el pórtico de ingreso a la estación Mezquitán del tren eléctrico en Guadalajara \$2'625,397.11 pesos) para el año 2001.⁴ O bien, la inversión que representó para algunos particulares la rehabilitación y construcción de jardineras ubicadas en el ingreso de la estación Washington (2'626,022.02 pesos) del tren ligero urbano de Guadalajara, en el mismo año (véase cuadro 6). Cabe mencionar que los particulares están dispuestos a gastar 2'626 022.02 pesos para embellecer las jardineras del pórtico de la estación Washington del tren ligero ubicado a cierta proximidad física de la ZIG, y los empresarios ubicados en esta misma zona no están dispuestos a invertir una cantidad similar anual para limpiar el medio ambiente.

Estas comparaciones se hacen con el objeto de manifestar lo que le costaría al gobierno del estado implementar alguna medida para contribuir al saneamiento del ambiente en el área de estudio, no obstante que las empresas privadas ubicadas en la ZIG son las responsables de los daños. Por ello, es necesaria una participación más enérgica del gobierno estatal antes que la inversión del sector público, para frenar la contaminación del ambiente, sea más onerosa.

Los resultados anteriores son de gran interés, ya que vienen a corroborar la insuficiente inversión para controlar la contaminación atmosférica y, por ende, abatir los costos sociales; además, dejan al descubierto el poco interés de gran parte de los empresarios por evitar la generación de residuos nocivos para el medio ambiente y la

4. Secretaría General de Gobierno de Jalisco (2001) *Sexto Informe de Gobierno*.

población, al no invertir en mecanismos de control o utilizar métodos de producción con tecnologías modernas para el tratamiento de materias primas, ello con el propósito de combatir la contaminación del ambiente por causa de los desechos industriales.

Por otra parte, los gobiernos, en cualquier ámbito, deben atender decididamente en la formación de políticas que incluyan los puntos importantes para la observancia del control de emisiones contaminantes, políticas encaminadas a la conservación y reproducción de los recursos naturales y a la preservación del medio ambiente; deben procurar que se asignen los espacios adecuados para delimitar los usos del suelo y, sobre todo, impartir una eficiente educación ambiental. Y por supuesto, los actores directos de la organización y producción de bienes, y por tanto de los desechos, deben observar y acatar las leyes y normas dictadas por los gobiernos y sus organismos de apoyo para la preservación y conservación de los recursos naturales, así como la salud de los habitantes.

Bibliografía

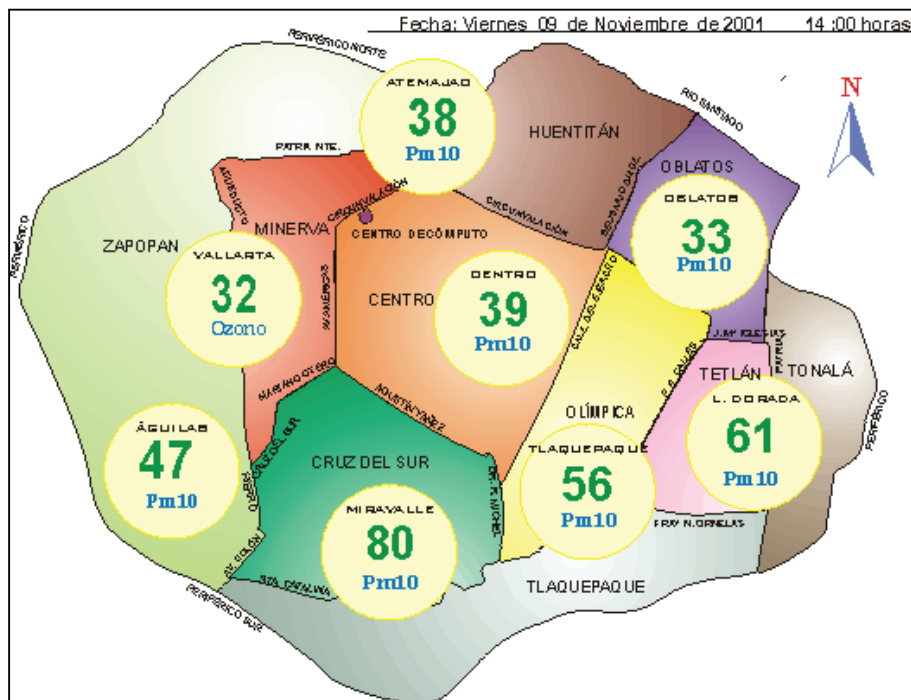
- Abad, A., y L. A. Servín (1990) *Introducción al muestreo*. México: Limusa.
- Allen V., Knesse, y Charles L. Schuitze (1976) *Costos de la contaminación*. Buenos Aires: Marymax.
- Anglada, Ludevid (1998) *El cambio global en el medio ambiente*. México: Alfaomega.
- Arrow, Kenneth J., y Tibor Scitovsky (1974) *La economía del bienestar*. México: FCE.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (1990) *Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y El Caribe*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Carrascal Ursicino, Yolanda González, y Beatriz Rodríguez (2000) *Análisis Económico con EViews*. Madrid: RA-MA.
- Carson, Richard T., y Norman F. Meade (1996) *Contingent Valuation: Controversies and evidence*. San Diego: University of California.
- CEPAL y PNUMA (1990) *El reto ambiental del desarrollo en América Latina*. Chile: CEPAL.
- Field, Barry C. (1990) *Economía ambiental*. México: McGraw-Hill.
- (1995) *Economía ambiental: una introducción*. Colombia: McGraw-Hill.
- Freeman, Myrick (1995) *Control de la contaminación del agua y del aire*. México: Limusa.
- García, Alfonso, y Óscar Fernández (1998) “La contaminación y la pequeña industria en México”, *Comercio Exterior*, vol. 48, México.
- Hernández López, Olegario (1976) *Muestreo de partículas en suspensión en el aire*, tesis inédita para obtener el grado de licenciatura, Jalisco.
- Johnston, J. (1984) *Métodos de econometría*. Barcelona: Vives-Vives.
- Kapp, K. William (1976) *Los costos sociales de la empresa privada*. Barcelona: Oikos Tau.
- Kish, Leslie (1995) *Diseño estadístico para la investigación*, Col. Monografías, núm. 146. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS).

- Kneese, V., Allan Charles, y L. Schuitze (1976) *Costos de la contaminación*. Buenos Aires: Marymax.
- Kristom, Bengt, y Pere Riera (1997) *El método de la valoración contingente: aplicaciones al medio rural español*, documento de trabajo, Barcelona.
- Michel, Jean Elizabeth (1979) *La contaminación atmosférica y la salud*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara-IGE.
- Penin, Roberto (1997) *El valor del ruido en Barcelona*, 2nd Seminar on Environmental and Resource Economics, Barcelona.
- Peuportier, B., y A. Rabi (1994) *Impact Pathway Analysis: A Tool for Improving Environmental Decision Processes*. París: Université de Bordeaux.
- (1997) *Impact Pathway Analysis: A Tool for Improving Environmental and Resource Economic*, Madrid.
- Pindyck, Robert S., y Daniel L. Rubinfeld (2000) *Econometría, modelos y pronósticos*. México: McGraw-Hill.
- Rabi, A., y J. V. Spardo (1997) *Health Risks of Air Pollution from Incinerators: A Perspective*. Francia: Centre d' Energetique, Ecole des Mines.
- Ramsay, William, y Claude Anderson (1974) *Tecnología del ambiente y su economía*. México: Pax.
- Reyes Nodhal, Rosa Elena, y Teresita de Jesús Alvarado Castellanos (1986) *Costos de la contaminación atmosférica*, Col. Cuadernos de Difusión Científica. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Rhys, Jenkins (1998) "Globalización y contaminación industrial en México y Malasia", *Comercio Exterior*, vol. 48, México.
- Robbins (2000) *Manual de patología estructural y funcional*. España: McGraw-Hill Interamericana.
- Rodríguez Osuna, J. (1991) "Métodos de muestreo", Cuadernos Metodológicos, núm.1. Madrid: CIS.
- Scheaffer, R. (1987) *Elementos de muestreo*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Secretaría de Salubridad y Asistencia (1977) *Legislación ambiental de México*. México: Secretaría de Salubridad y Asistencia-Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente.
- Secretaría General de Gobierno de Jalisco (2001) *Sexto informe de gobierno*. Guadalajara: Secretaría General de Gobierno de Jalisco.
- Seinfeld, John H. (1978) *Contaminación atmosférica*. Madrid: IEADL.
- Strauss, W., y S. J. Mainwaring (1995) *Contaminación del aire*. México: Trillas.
- Tuhs, Amos (1984) *Ecología y contaminación del medio ambiente*. México: Editorial Interamericana.
- Vizcaíno Murray, F. (1975) *La contaminación en México*. México: FCE.
- Wallis, Kenneth J. (1976) *Introducción a la econometría*. Madrid: Alianza Editorial.
- Wynn, K., y R. F. Holden (1978) *Introducción al análisis econométrico aplicado*. Barcelona: Ariel.

Anexos

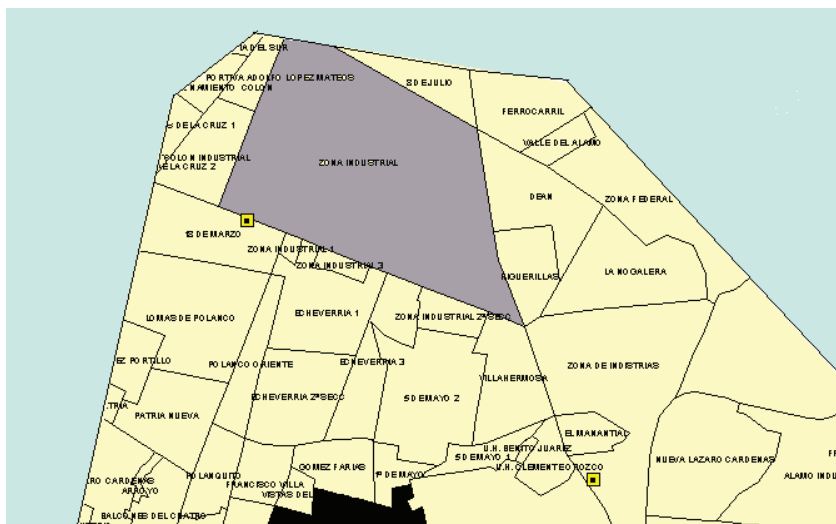
Mapas

Mapa 1
Red de monitoreo en la ZMG



Fuente: Comisión Estatal de Ecología, Gobierno del Estado de Jalisco, 2001.

Mapa 2
 ZIG: colonias en el área de influencia de la Red de Monitoreo Miravalle



Fuente: Centro de Información Geográfica, División de Economía y Sociedad, cucea, UdeG, 2000.

Cuadros estadísticos

Cuadro 1
 Consultas médicas atendidas por enfermedades respiratorias en el IMSS 1990-2000

<i>Año</i>	<i>Número de consultas atendidas UMF núm. 34</i>
1990	49,175
1991	67,736
1992	70,718
1993	56,813
1994	51,675
1995	57,885
1996	64,097
1997	70,400
1998	63,524
1999	67,682
2000	69,857
$\Delta\%$	42.06

* $\Delta\% 1990-2000 = (Pf - Pi)/Pi$

Fuente: IMSS, Jefatura de Servicios de Medicina Preventiva, 2000.

Cuadro 2
ZIG: promedio de emisiones de partículas registradas por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1993-2000)

<i>Años</i>	<i>Emisiones (mg/m³)</i>
1993	102
1994	86
1995	71
1996	86
1997	79
1998	89
1999	83
2000	86

Fuente: Comisión Estatal de Ecología, Gobierno del Estado de Jalisco, 2000.

Cuadro 3
ZIG: costos de adquisición e instalación y costo total del equipo 1990-2000
(Miles de pesos de 1995)

<i>Año</i>	<i>Costo fijo total</i>	<i>Costo variable</i>	<i>Costo total</i>	
	<i>Costo de adquisición</i>	<i>Costo de instalación</i>	<i>Costo promedio de mantenimiento</i>	<i>(1)+(2)+(3)</i>
1990	4.919	1.197	600	6.716
1991	12.103	3.182	3.018	18.303
1992	29.773	8.469	11.066	49.308
1993	73.243	40.540	12.498	126.281
1994	180.750	60.000	21.000	216.750
1995	150.000	43.000	96.250	289.250
1996	228.500	70.000	46.300	344.800
1997	350.000	49.500	149.000	548.500
1998	155.750	40.150	76.550	272.450
1999	205.000	60.755	95.500	361.255
2000	175.630	77.800	78.300	331.730

Fuente: investigación directa; UdeG, Centro de Investigaciones Sociales y Económicas, Departamento de Economía, 2000.

Cuadro 4
 ZIG: operatividad de los equipos y disposición para actualizarlo (2000)

<i>Respuesta</i>	<i>Número de empresas que generan algún tipo de desecho</i>	<i>Empresas con equipo de control de desecho</i>	<i>Equipo en operación</i>		<i>Disposición para actualizar el equipo de control</i>	
			<i>abs.</i>	<i>%</i>	<i>abs.</i>	<i>%</i>
Sí			6	67.00	5	56.00
No			3	33.00	4	44.00
Total	30	9	9	100.00	9	100.00

Fuente: investigación directa; UdeG, CISE, CUCEA, Departamento de Economía, 2000.

Cuadro 5
 ZIG: conocimiento de las disposiciones oficiales para preservar el medio ambiente y número de empresas sancionadas por no cumplir con las leyes ambientales (2000)

<i>Respuesta</i>	<i>Número de empresas que generan algún tipo de desecho</i>	<i>Empresas sin control de desecho</i>	<i>Conocimiento de las disposiciones oficiales para el control de desechos</i>		<i>Empresas sancionadas por no cumplir las normas ambientales</i>		<i>Decisión para adquirir un aparato de control</i>	
			<i>abs.</i>	<i>%</i>	<i>abs.</i>	<i>%</i>	<i>abs.</i>	<i>%</i>
Sí			17	80.90	2	9.50	7	33.00
No			4	19.10	19	90.50	14	67.00
Total	30	21	21	100.00	21	100.00	21	100.00

Fuente: investigación directa; UdeG, CISE, CUCEA, Departamento de Economía, 2000.

Cuadro 6
Inversión en rehabilitación y construcción de jardineras de las estaciones
del tren eléctrico en el año 2000 (Pesos corrientes)

<i>Obra</i>	<i>Federal</i>	<i>Estatad</i>	<i>Municipal</i>	<i>Otros</i>	<i>Total</i>
Washington-Mexicaltzingo-Juárez-Ávila Camacho	0	588,634.41	0	0	588,634.41
Mezquitán-Refugio-División del Norte	0	538,060.42	0	0	538,060.42
Pórtico de ingreso de la Estación Refugio	0	0	0	2'913,620.34	2'913,620.34
Pórtico de ingreso de la Estación Mexicaltzingo	0	0	0	2'650,499.25	2'650,499.25
Pórtico de ingreso de la Estación Mezquitán	0	0	0	2'625,397.11	2'625,397.11
Pórtico de ingreso de la Estación Juárez	0	0	0	471,990.61	471,990.61
Pórtico de ingreso de la Estación Ávila Camacho	0	0	0	3'081,360.60	3'081,360.60
Pórtico de ingreso de la Estación División del Norte	0	148,523.93	0	4'372,422.45	4'520,946.93
Pórtico de ingreso de la Estación Washington	0	0	0	2'626,022.02	2'626,022.02
Instalación de placas Línea I	0	1'677,854.44	0	272,229.24	1'950,083.44
Total	0	1'677,854.44	0	19'013,541.62	20'691,396.06
Porcentaje	0	8.11	0	91.89	100.00

Fuente: Secretaría General de Gobierno de Jalisco (2001) *Sexto Informe de Gobierno*.