

Valoración económica para un mejoramiento ambiental en León, Guanajuato

Alejandro Hernández Avila¹
Ramón Valdivia Alcalá^{1§}
José Luis Romo Lozano²
Juan Hernández Ortiz³
Cristóbal Martín Cuevas Alvarado⁴

¹División de Ciencias Económico Administrativas-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-
Texcoco km 38.5. Texcoco, Estado de México. CP. 56230. (haalex_86@hotmail.com.). ²División de
Ciencias Forestales (DICIFO)-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-
Texcoco km 38.5. Texcoco, Estado de México. CP 56230. ³Preparatoria Agrícola-Universidad Autónoma Chapingo.
Carretera México-
Texcoco km 38.5. Texcoco, Estado de México. CP 56230. ⁴Consultor independiente.
Calle Arboledas núm. 28, Montecillo Texcoco, Estado de México. CP. 56264.

§Autor para correspondencia: ramvaldi@gmail.com.

Resumen

El presente trabajo abordó el problema de la contaminación del medio ambiente que existe en municipio de León, Guanajuato. La zona metropolitana de León se ubica en el séptimo lugar de contaminación ambiental a nivel nacional. El municipio tiene una población de 1, 436, 733 habitantes y concentra 27.7% del total del parque vehicular del estado de Guanajuato y ahí se encuentra también establecida la industria del calzado más importante de México, lo que se ve reflejado en un deterioro ambiental. La contaminación ambiental en León, es considerable, ya que 57.2% de la población encuestada, manifiesta que la calidad del aire es mala. Esta situación se refleja en el deterioro ambiental y problemas de salud de los habitantes de la ciudad. El objetivo principal de la investigación ha sido estimar la disponibilidad a pagar por parte de la población del municipio de León, Guanajuato, para la creación de un fondo verde que ayude a mitigar la problemática ambiental del municipio. Para estimar la DAP, se empleó el método de valoración contingente para lo cual, se realizaron encuestas a los habitantes de la ciudad de León, de esta manera se recabó la información necesaria para poder obtener la DAP de los habitantes de la ciudad. La DAP promedio por habitante estimada fue de \$131.15 pesos pudiendo obtener ingresos anuales de alrededor de los \$60 408 083.45 pesos; es decir, \$4 174 712.06 de dólares en el año de 2014, tomando como referencia un parque vehicular de 460 603 unidades (UAIP, 2015) para ese mismo año.

Palabras clave: disponibilidad a pagar (DAP), medio ambiente, valoración contingente.

Recibido: enero de 2018

Aceptado: febrero de 2018

Introducción

En esta era de globalización, la preocupación por el cuidado, conservación del medio ambiente y de los recursos naturales, ha provocado que los ecologistas, así como los encargados de realizar las políticas de desarrollo económico - social, centren su atención en este tema de tal manera, que los niveles en la calidad de vida de las personas del presente y del futuro no se vean amenazadas por la escasez, la degradación y la contaminación de los recursos naturales.

La contaminación del aire es un problema significativo para las zonas urbanas con alto nivel de desarrollo industrial y con un gran parque vehicular, lo cual intensifica la concentración de los diversos agentes contaminantes exponiendo a la población a los peligros asociados con la salud. Esto implica que aumenten los esfuerzos para la disminución en los niveles de concentración de los agentes contaminantes que tiene un impacto negativo en la salud de la población y del ecosistema en general. Esta situación da lugar al incremento de los costos por el cuidado de la salud humana en que incurre el sector salud y que afecta de manera directa al ingreso de las personas que no cuentan con algún servicio médico gratuito.

La contaminación del aire en la ciudad de León es ocasionada principalmente por la alta concentración de población, el parque vehicular y por la industria del cuero. Cabe mencionar, que León es el municipio más poblado del estado de Guanajuato. Según datos demográficos sólo en el municipio de León hay un total de 1 436 733 habitantes, además concentra 26.2% de los habitantes de todo el Estado y a nivel nacional es el 7^{mo.} municipio más poblado (INEGI, 2010). Entre los agentes contaminantes que más destacan en este municipio son el bióxido de azufre, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno y compuestos orgánicos totales (IEG, 2006).

Ante esta situación el gobierno del estado de Guanajuato, a través del Instituto de Ecología del estado, asume la responsabilidad de valorar y tomar medidas que permitan mejorar la calidad del medio ambiente en el estado, lo cual es uno de los retos ambientales más importantes que enfrenta este Instituto. Para poder lograr estos propósitos, se ha integrado una red de monitoreo automático de la calidad del aire, con la finalidad de contar con un diagnóstico real de la problemática de contaminación atmosférica en la zona del Corredor Industrial (León, Silao, Irapuato, Salamanca, Celaya), tipificada como crítica por la Norma Oficial Mexicana NOM-085-SEMARNAT-1994 (IEG, 2006).

El municipio de León cuenta con tres estaciones de monitoreo automáticas: la de la Cámara de la Industria del Calzado del estado de Guanajuato (CICEG), la IMSS-T21 y la de la Facultad de Medicina (FM). Las estaciones de monitoreo de León son administradas por el Instituto de Ecología de Guanajuato y su operación está bajo la responsabilidad de la Universidad Tecnológica de León.

El municipio de León ocupa el primer sitio en aporte de contaminantes totales a nivel estatal, esto claramente vinculado a que es el municipio del Estado con mayor cantidad de población y parque vehicular, el cual es el principal emisor de monóxido de carbono (CO). Por otro lado, es el segundo lugar en emitir compuestos orgánicos totales (COT), derivados de los procesos de curtido y utilización de solventes, recubrimientos y pegamentos que emplea la industria de la curtiduría y del calzado (Figura 1).

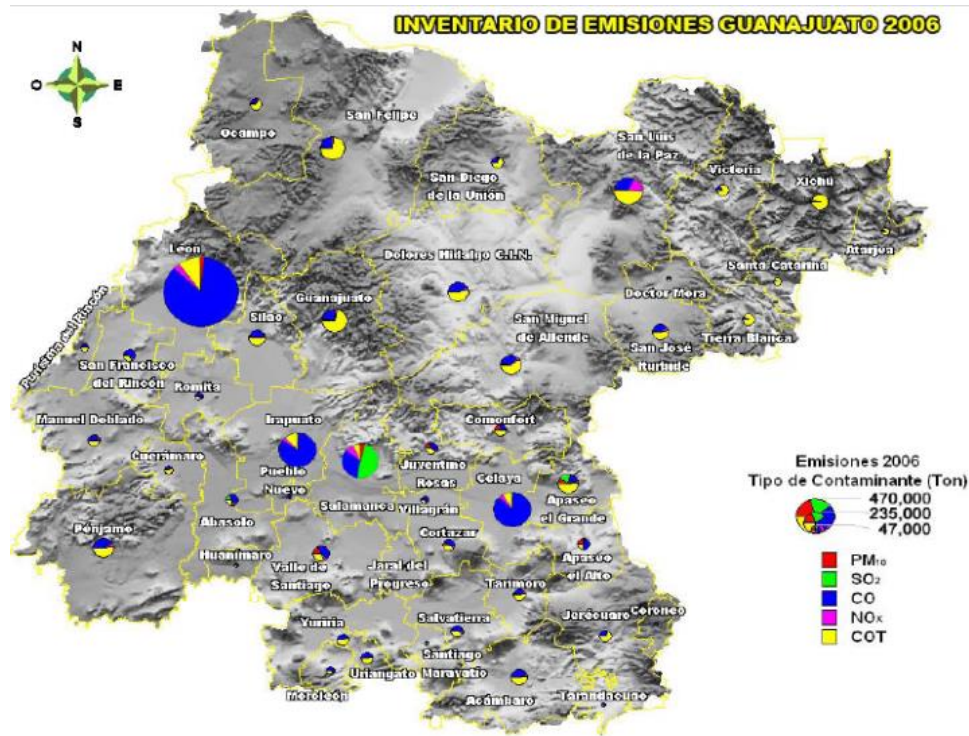


Figura 1. Inventario de emisiones para el estado de Guanajuato. Fuente: tomado del inventario de emisiones Guanajuato (2006).

Dada la situación de una elevada concentración de monóxido de carbono (CO) y una crecida emisión de compuestos orgánicos totales (COT), ya preocupa a las autoridades por los posibles daños que ocasionan a la salud de las personas y del medio ambiente en general, por lo que el objetivo principal de esta investigación fue estimar el valor económico por una mejora en la calidad del aire en León Guanajuato, mediante el empleo del método de valoración contingente (MVC).

En la actualidad el método de valoración contingente es el más empleado para hacer valoraciones de bienes y servicios sin mercado. Este método se consolidó por medio de un informe favorable de la comisión de expertos de la Nacional Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), presidida por Arrow y Solow (Arrow *et al.*, 1993). En 1993 el panel de expertos se mostró a favor del método como herramienta razonable para calcular el valor de no uso o uso pasivo en la pérdida de bienestar por desastres medioambientales (Riera, 1994).

Los estudios para estimar el comportamiento y las preferencias reveladas de los consumidores ante una mejora en bienes como en la calidad del agua, que usan el método de valoración contingente han encontrado que los ingresos, el nivel educativo, la percepción en la calidad del agua y las condiciones de vida del hogar, son estadísticamente significativas en los resultados del modelo (Azdulbaki *et al.*, 2008). Este método también se ha usado para conocer la disponibilidad a pagar de los usuarios de actividades recreativas en los flujos de agua del río Colorado, donde aplicaron cien encuestas a los visitantes, principalmente de San Luis Río Colorado, realizaron un análisis econométrico de un solo límite a la pregunta referéndum de disponibilidad a pagar (Sanjurjo *et al.*, 2007).

Por lo que se refiere a investigaciones encaminadas a analizar aspectos relativos a la calidad del aire se tiene que Osnaya (2002) hizo un análisis del programa PROAIRE de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), donde se establecen las medidas de control para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y de los contaminantes locales del aire. Se estimó que para el periodo de 2003-2010, es posible salvar casi 700 casos de bronquitis crónica y de otras enfermedades derivadas de la contaminación del aire, lo que se ve reflejado con un beneficio monetario en salud pública del orden de US\$200 millones por año. Karimzadegan *et al.* (2008) hicieron un estudio en el que concluyeron que la contaminación atmosférica afecta la salud humana en la ciudad de Tehran, Irán, usando el método de valoración contingente, estimaron los costos en daños a la salud por el incremento por unidad de los siguientes agentes contaminantes: US\$16 224 por cada aumento de unidad de PM10, US\$28 816 por cada aumento de unidad de CO₂, US\$1 927 por cada aumento de unidad de NO₂ y US\$7 739 por cada aumento de unidad de SO₂.

Burtraw *et al.* (2001) en un estudio para disminuir la acumulación de gases de efecto invernadero, por medio de la disminución del uso de combustibles fósiles en los Estados Unidos de América, señalan que entre los principales contaminantes que perjudican a la salud humana están los óxidos de nitrógeno (NO_x) y el bióxido de carbono (CO₂). Establecen que con un impuesto de 25 dólares por tonelada métrica en la emisión de carbón reduciría los gastos por enfermedades aproximadamente en 8.00 dólares por persona al año. El incremento de la urbanización va junto con el aumento en el deterioro de la calidad del aire (Wang y Zhang, 2008) como en el caso de la ciudad de Jinan en China, donde por la baja calidad del aire y usando el método de valoración contingente, los residentes muestran que 59.7% de los encuestados fueron capaces de expresar una positiva disposición a pagar, y que la DAP promedio fue de 100 Yuan chino, por persona, por año.

Materiales y métodos

La metodología que se empleó para llevar a cabo esta investigación consistió en el uso del método de valoración contingente para estimar el valor económico del recurso aire con el propósito de proponer la creación de un fondo verde que ayude a mejorar la calidad del aire en León, Guanajuato. Para poder llevar a cabo la recolección de la información se procedió a realizar un muestreo aleatorio simple (MAS) a través del cual, se estimó el tamaño de muestra, posteriormente se elaboró un cuestionario y se aplicó a la población objetivo de manera personal.

Para la estimación de los parámetros del modelo de regresión logística se utilizó la regresión logística con la finalidad de estimar la DAP por parte de la población de León, Guanajuato.

El método de valoración contingente (MVC), se ubica dentro de los métodos directos - hipotéticos que trata de conocer la valoración que hacen las personas de los cambios en el nivel de bienestar, producidos por un cambio cualitativo o cuantitativo en la oferta de un bien ambiental lo que se logra a través de la aplicación de cuestionarios, en donde, se realizan preguntas directas bajo el supuesto de la existencia de un mercado propio para estos tipos de bienes. Se considera que el manejo de estos mercados es completamente comparable con las respuestas individuales que se hacen en los mercados reales (Mitchell y Carson, 1993).

En sus orígenes, los teóricos de la economía ambiental y de los recursos naturales, tales como Mitchell y Carson (1989) desarrollaron el método de valoración contingente MVC para medir la demanda por un bien ambiental. En la economía convencional, la demanda describe una relación entre el precio del bien y la cantidad comprada.

$$G = f(P, S)$$

Donde: G= cantidad del bien comprado; P= precio del bien y S= vector de variables económicas que podrían afectar la demanda.

En el método de valoración contingente el investigador aplica encuestas para crear un mercado hipotético para el bien ambiental motivo de estudio. Para ello, se describe el bien que será valorado, para posteriormente preguntar a los entrevistados cuánto estaría dispuesto a pagar y a la vez se hacen preguntas para obtener información sobre sus características socioeconómicas. Recabada la información obtenida de las encuestas, se hace el análisis econométrico para posteriormente construir la función de demanda del bien ambiental a partir de una regresión que describe el precio que el individuo está dispuesto a pagar (DAP) por el consumo del bien y las características socioeconómicas del individuo entrevistado.

El área bajo la curva de demanda es determinada usando el modelo descrito por Hanemann (1984). El modelo propuesto por dicho autor estima la maximización de la utilidad en el punto en el cual el consumidor está dispuesto a aceptar una reducción en su ingreso (I) por la cantidad del precio que pagaría por el consumo del bien ambiental a cambio de que la utilidad que el recibe compense su pérdida de ingreso. Este concepto se muestra en la siguiente ecuación:

$$U(y_0, I; A) \leq U(y_1, I - P; A)$$

Donde: U= función de utilidad del consumidor, la cual es función de; y_0 = las condiciones ambientales prevalecientes; y_1 = condiciones ambientales mejoradas a partir de una política o proyecto; I= ingreso del consumidor; P= el precio de “oferta” que pagaría el consumidor por la mejora del bien ambiental; A= un vector de atributos socioeconómicos que afectan la DAP.

No obstante, no es posible observar todos los componentes que influyen la utilidad del consumidor individual. Por lo tanto, se asume que la utilidad es una variable aleatoria con una media observable y una distribución paramétrica. Dado este supuesto, la variable de utilidad (V) aleatoria es descrita como:

$$U = v(i, I; A) + \varepsilon$$

Donde: $v(\%)$ = el valor de la media para $U(\bullet)$; ε = un componente no observable de la utilidad del consumidor individual, el cual se distribuye independiente e idénticamente con media cero.

El consumidor entrevistado responderá positivamente a la cuestión sobre su DAP cuando se cumpla la siguiente condición:

$$v_0(y_0, I; A) + \varepsilon \leq v_1(y_1, I - P; A) + \varepsilon_1$$

El cuestionario empleado para recabar la información necesaria para tratar de estimar la DAP en el municipio de León, Guanajuato, contiene variables socioeconómicas como: edad del encuestado, sexo, escolaridad, estado civil, ocupación, el ingreso, los dependientes económicos. También se incluye la percepción del medio ambiente describiendo el escenario ambiental de la ciudad de León, considerando la contaminación del agua, del aire, la erosión del suelo, pérdida de biodiversidad, y la deforestación. Se pide al encuestado que ordene del 1 al 3, donde 1 es “urgente” y 3 “menos urgente”, los aspectos ambientales que requieren mayor atención en el municipio en el aspecto de la contaminación y erosión del suelo, la contaminación y escasez del agua y la contaminación del aire.

Se pregunta al encuestado acerca de que si conoce algún programa público o privado encaminado a mejorar la situación ambiental de su región. Se consulta si él o alguien de su familia se ha enfermado por cuestiones atribuibles a la contaminación, así como la frecuencia. En la última sección del cuestionario se les pregunta sobre la disposición a pagar (DAP), que es la pregunta elemental de la valoración contingente.

Según Haab y McConnel (2002) existen varias formas de obtener la disponibilidad a pagar. Estos autores proponen cuatro maneras de obtener la información y estimar las preferencias. De las recomendadas por estos autores, se combinan las tarjetas de pago y la dicotómica o de elección discreta.

Para determinar las unidades de muestreo a las que se les aplicaron los cuestionarios, para la realización de la encuesta se usó el muestreo simple aleatorio, garantizando con ello que todos los elementos de la población tengan la misma probabilidad de ser elegidos (Cochran, 2000).

El nivel de confianza elegido fue de 95%, por lo que el valor de Z es de 1.96; s^2 es la varianza estimada de la muestra piloto con un valor de 68.12 y d^2 que es el límite del error de muestreo o error estándar, toma el valor de 12. El tamaño de muestra calculada para el municipio de León fue de 125 observaciones, que es el número de cuestionarios aplicados.

Modelo econométrico

La base estadística del modelo econométrico que fue empleado para esta investigación parte de la distribución logística, dado que la variable dependiente es una variable cualitativa el valor se estima a partir de un modelo logit. El modelo de regresión logística parte de la hipótesis de que los datos siguen el siguiente modelo:

Modelo de regresión logística

$$\ln \left[\frac{p}{1-p} \right] = \beta_0 + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \dots + \beta_k * x_k + u = x * b + u$$

Con el fin de simplificar la expresión, se define como z :

$$z = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_k * X_k$$

Por lo tanto, el modelo se puede representar de la siguiente manera:

$$\ln \left[\frac{p}{1-p} \right] = Z + U$$

Despejando el cociente:

$$\frac{p}{1-p} = e^z$$

Donde: p = probabilidad de que ocurra al suceso de estudio. Operando algebraicamente sobre la ecuación se llega a:

$$p = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

Como la función de distribución logística es:

$$F(x) = \frac{e^x}{1 + e^x}$$

Por lo tanto, se puede reescribir el modelo de forma mucho más compacta de la siguiente forma:

$$p = \frac{e^z}{1 + e^z} = F(z) = F(x * b)$$

Donde se deduce que el modelo de regresión logística es un modelo de regresión no lineal, pero es lineal en escala logarítmica correspondiendo a la definición original:

$$\ln \left[\frac{p}{1-p} \right] = Z$$

$$\ln(p) - \ln(1-p) = z$$

$$\ln(p) - \ln(1-p) = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_k * X_k$$

Es decir, la diferencia de la probabilidad de que ocurra un suceso respecto de que no ocurra es lineal, pero a escala logarítmica. Por tanto, el significado de los coeficientes, aunque guardando una cierta relación con el modelo de regresión lineal, será algo más complejo de interpretar (Rojo, 2007).

El modelo logístico para este caso es el siguiente:

$$P(SI) = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \beta_3 * X_3 + \beta_4 * X_4 + \beta_5 * X_5 + \beta_6 * X_6 + \beta_7 * X_7 + \beta_8 * X_8 + \beta_9 * X_9 + \beta_{10} * X_{10} + \beta_{11} * X_{11} + \epsilon$$

El significado y descripción de las variables se proporciona en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Especificación de las variables incluidas en el modelo.

| Variable | Denominación | Descripción | Explicación | Escala |
|----------|-----------------|---|--|--|
| Prob(Si) | P(Si) | Probabilidad de decir SI | Probabilidad de responder SI a la pregunta de disponibilidad a pagar | Dicotómica 1= si 0= no |
| Prepr | X ₁ | Precio predeterminado | Precio hipotético a pagar asignado aleatoriamente | Precio asignado según el diseño de la tarjeta de pagos |
| Edad | X ₂ | Edad de los entrevistados | Años cumplidos | Continua |
| Sexo | X ₃ | Sexo | ----- | Dicotómica 1= masculino 0= femenino |
| Esc | X ₄ | Escolaridad | Grado de escolaridad | Ordinal De 1 a 6 según grado de escolaridad |
| Eciv | X ₅ | Estado civil | ----- | Dicotómica 1= Casado 0= Soltero |
| Ing | X ₆ | Ingreso mensual | Ingreso mensual percibido por la familia | Ordinal Más de \$12 001= 5 \$9 001-\$12 000= 4 \$6 001-9 000= 3 \$3 001-6 000= 2 0-\$3 000=1 |
| Tafa | X ₇ | Tamaño de la familia | Personas que integran la familia | Continua |
| Prioamb | X ₈ | Prioridad ambiental | De los tres recursos naturales (agua, suelo y aire) cual el más urgente en atender | Ordinal 1= si las personas consideran el aire es más urgente, 0= si las personas no consideran al aire como urgente sino a otro recurso |
| Caliair | X ₉ | Percepción de la calidad del aire | Si los niveles de contaminación son muy perceptibles para la población | Dicotómico 1= si se consideran la buena la calidad del aire 0= no se considera buena la calidad del aire |
| Cspro | X ₁₀ | Conocimiento sobre algún programa de mitigación al problema de la contaminación ambiental | Si la población conoce algún programa público o privado a la mejora de la calidad del aire | Dicotómica 1= si conocen algún programa, 0= no conocen algún programa |
| Enfe | X ₁₁ | Enfermedades | Si algún integrante de la familia se ha enfermado a causas de la contaminación del aire | 1= si se ha enfermado 0= no se ha enfermado |

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos a de la encuesta con relación a las variables socioeconómicas son los siguientes: el 61% de los encuestados pertenecen al sexo masculino, mientras que el restante 39% son del femenino. Con respecto a la edad de los entrevistados de 28% se ubica entre los 18 y 25 años, mientras que 14% tienen entre 36y 45 años. Con respecto a la escolaridad se tiene 34% refiere estudios de preparatoria. El estado civil predominante en la población encuestada es casado con un 64.8%. Respecto a la variable ingreso 55.2% de la población manifiesta obtener ingresos entre los \$3 001- \$6 000 pesos. Un 56.8% de los entrevistados considera que es más importante tratar el problema de la contaminación del agua que la del aire (34.4%) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valor en porcentaje de las variables socioeconómicas incluidas en el modelo.

| Variable | Criterio | (%) |
|---------------------|--------------------------|------|
| Sexo | Masculino | 61 |
| | Femenino | 39 |
| Edad | Más de 56 | 8 |
| | Entre 46 y 55 | 12.8 |
| | Entre 36 y 45 | 14.4 |
| | Entre 26 y 35 | 36 |
| | Entre 18 y 25 | 28.8 |
| Escolaridad | No estudió | 8 |
| | Primaria | 12.8 |
| | Secundaria | 32 |
| | Preparatoria | 34.4 |
| | Universidad | 12.8 |
| Estado civil | Casado | 64.8 |
| | Soltero | 35.2 |
| Ingreso | Menos de \$ 3 000 | 17.6 |
| | Entre \$3 001 y \$6 000 | 55.2 |
| | Entre \$6 001 y \$9 000 | 15.2 |
| | Entre \$9 001 y \$12 000 | 6.4 |
| | Más de \$12 001 | 5.6 |
| Prioridad ambiental | Suelo | 8.8 |
| | Agua | 56.8 |
| | Aire | 34.4 |

Fuente: elaboración con resultados de las encuestas.

De las respuestas negativas a la DAP, 8 se relacionan principalmente a cuestiones económicas (47.06%) y 6 que representan 35.29% de las respuestas negativas la población considera que el gobierno debe encargarse de la solución al problema ambiental Cuadro 3.

Cuadro 3. Motivo por el cual no está dispuesto a pagar.

| Motivo | Resultados | (%) |
|---|------------|-------|
| Por razones económicas | 8 | 47.06 |
| No confía en el uso adecuado de los fondos | 3 | 17.65 |
| El gobierno debería atender ese tipo de problemas | 6 | 35.29 |
| No tiene interés en el tema | 0 | 0 |
| Total | 17 | 100 |

Fuente: elaboración con resultados de las encuestas.

Resultados econométricos

Para realizar este procedimiento se utilizó el paquete computacional de Statical Analysis Sistem 9.0 (SAS), aplicando los procedimientos PROC LOGISTIC. Los resultados se interpretaron siguiendo a Allison (1999) y a Greene (2003). El mensaje de estatus de convergencia del modelo indica que la solución numérica convergió. Los resultados econométricos se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Resultados de la regresión logística. Análisis de las estimaciones de máxima verosimilitud.

| Parámetro | DF | Estimador | Error estándar | Chi-cuadrado | Pr>Chi cuadrado |
|-----------|----|-----------|----------------|--------------|-----------------|
| Intercept | 1 | 5.9403 | 2.806 | 4.4817 | 0.0343 |
| Prepr | 1 | -0.0177 | 0.0727 | 0.0594 | 0.8075 |
| Edad | 1 | 0.00058 | 0.0244 | 0.0006 | 0.981 |
| Sexo | 1 | -0.7059 | 0.6965 | 1.0272 | 0.3108 |
| Esc | 1 | 0.3995 | 0.3127 | 1.632 | 0.2014 |
| Eciv | 1 | -0.9226 | 0.7774 | 1.4086 | 0.2353 |
| Ing | 1 | -0.8169 | 0.2777 | 8.6556 | 0.0033 |
| Tafa | 1 | 0.00577 | 0.2481 | 0.0005 | 0.9815 |
| Prioamb | 1 | 0.5808 | 0.6541 | 0.7885 | 0.3745 |
| Caliar | 1 | -1.7988 | 1.2535 | 2.0592 | 0.1513 |
| Cspro | 1 | -2.0634 | 0.9964 | 4.2885 | 0.0384 |
| Enfe | 1 | -0.1094 | 0.7665 | 0.0204 | 0.8865 |

Fuente: elaboración con salida de SAS.

A nivel individual se observa que ninguna de las variables es significativa a los niveles usuales de significancia estadística de 90%, 95% ó 99%. No obstante, se conservan al nivel de confianza respectivo por la importancia que revisten desde el punto de vista económico.

En el caso de los modelos de elección binaria discreta, es común utilizar el concepto análogo al coeficiente de determinación R^2 que explique el ajuste global del modelo, para ello se emplea el estadístico llamado pseudo R^2 de McFaden. De acuerdo con Greene (2003) este estadístico se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$R^2 = 1 - \frac{\text{LnL}}{\text{LnL}_0}$$

Donde: LnL= es la función de verosimilitud con la restricción de que todos los parámetros son iguales a cero y LnL₀= la misma función para un modelo sin restringir, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$\text{LnL} = n(P \ln P + (1 - P) \ln(1 - P))$$

Donde: P= es la proporción de respuestas afirmativas a la DAP ($p= 0.864$) y n= es el tamaño de la muestra (n=125), sustituyendo valores se tiene:

$$\text{LnL} = 125(0.864 \ln(0.864) + (1 - (0.864)) \ln(1 - (0.864)))$$

$$\text{LnL} = -49.7044$$

El valor de LnL se obtiene de la salida de SAS de $-2\text{LnL} = 82.509$. Al despejar LnL, se tiene un valor de LnL= -41.2545. Sustituyendo los valores de LnL₀ y LnL en la fórmula del pseudo-R² de McFaden se obtiene el siguiente valor:

$$R^2 = 1 - \frac{\text{LnL}}{\text{LnL}_0}$$

$$R^2 = 1 - \frac{-41.2545}{-49.7044} = 0.17$$

El valor de R² es bajo (0.17), lo que significa que 17% de la DAP es explicada por las variables incluidas en el modelo, pero este nivel de ajuste es común en trabajos de valoración, por ejemplo, Tyrväinen y Väänänen (1998) obtuvieron un valor de R²= 0.15.

Para estimar la DAP_{media}, se empleó la siguiente expresión:

$$\text{DAP}_{\text{media}} = -\frac{\alpha}{\beta} = -\frac{2.32128792}{-0.0177} = 131.15$$

Donde α es la suma de los coeficientes de las variables multiplicadas por su media incluyendo el término independiente y β es el valor del coeficiente PREPR con signo negativo. Por lo que se estima una DAP media de \$131.15 pesos, con un nivel de probabilidad 91.06% de una respuesta positiva de la DAP. La probabilidad se obtuvo sustituyendo los valores de coeficientes y los valores medios de las variables en la siguiente expresión:

$$p = \frac{e^z}{1 + e^z} = \frac{e^{2.32128792}}{1 + e^{2.32128792}} = 0.9106$$

Donde: $z = \beta$

Conclusiones

La población de León Guanajuato valora positivamente el mejoramiento de la calidad ambiental. En el estudio se ha estimado una DAP promedio de \$131.15 pesos por habitante por la reducción de la contaminación en el municipio de León Guanajuato, por un solo pago anual. Esto permite obtener ingresos anuales de \$60 408 083.45 pesos; es decir, \$4 174 712.06 de dólares en el año de 2014, para la formación del fondo verde para mitigar la contaminación tomando como referencia un parque vehicular de 460 603 unidades para ese mismo año. La población de León, Guanajuato, considera que es más importante atender el problema de la contaminación del agua que la contaminación de aire, por lo que el organismo público encargado de la cuestión ambiental debería revisar las condiciones en la calidad del agua del municipio.

Literatura citada

- Allison, D. P. 1999. Logistic regression using the SAS system: theory and applications. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Arrow, K.; Solow, R.; Portney, P. R.; Leamer, E. E.; Radner, R. and Schuman, H. 1993. Report of the NOAA panel on contingent valuation. January 11.
- Azdulbaki, B.; Gunes, E. and Florkowski, W. J. 2008. Willingness to pay for potable water in the Southeastern Turkey: an application of both state and revealed preferences valuation method. Ag economics search research in agricultural and applied meeting. February 2-6, Dallas, Texas, USA.
- Burtraw, D.; Krupnick, A.; Palmer, K.; Paul, A.; Toman, M. and Bloyd, C. 2001. Ancillary benefits of reduced air pollution in the United States from moderate greenhouse gas mitigation policies in the electricity sector. Resources for the Future.
- Cochran, W. G. 2000. Técnicas de muestreo. Editorial continental. 15^{va}. Edición.
- Gómez, A. J. R. 1977. Introducción al muestreo. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México.
- Greene, W. H. 2003. Econometric analysis. Prentice Hall. New York, NY. USA.
- Habb, T. C. and McConnell, K. E. 2002. Valuing environmental and natural resources. The econometrics of non-market valuation. Edward Elgard Publishing. Cheltenham, UK, England.
- Hanneman, W. M. 1984. Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses. Am. J. Agric. Econ. 66:332-341.
- INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda. Resultados preliminares.
- Inventario de Emisiones Guanajuato (IEG) (2006). Instituto de ecología del estado. Salamanca, Gto., México. Primera edición. www.guanajuato.gob.mx/iee.
- Karimzadegan, H.; Rahmatian, M.; Farhud, D. and Yunesian, M. 2008. economic valuation of air pollution health impacts in the Tehran Area, Iran. Iranian J. PublHealth. 37 p.
- Martínez, D. M. A. y Martínez, G. M. A. 2006. Métodos econométricos intermedios. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Mitchell, R. and Carson, R. 1989. Using surveys to value public goods. The contingent valuation method. Resources for the future, Washington, D. C.
- Osnaya, R. P. 2002. Co-beneficios de los controles sobre la contaminación del aire local y global de la Ciudad de México. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT.

- Riera, P. 1994. Manual de valoración contingente. Instituto de Estudios Fiscales. Barcelona, España.
- Rojo, A. J. M. 2007. Regression con variable dependiente cualitativa. Instituto de Economía y Geografía. Madrid, España.
- Sanjurjo, R. E. e Islas, C. I. 2007. Valoración económica de la actividad recreativa en el río Colorado, Región y Sociedad. El Colegio de Sonora Hermosillo, México. 9:147-172.
- Scheaffer, L.; Mendenhall, R. W. y Ott, L. 2006. Elementos de muestreo. Editorial Paraninfo.
- Tyrväinen, L. and Väänänen, H. 1988. The economic value of urban forest amenities: an application of the contingent valuation method. *Landscapspe and urban planning*.
- Unidad de Acceso a la Información Pública (UAIP). Guanajuato. http://:20188_respuesta_20188:https://transparencia.guanajuato.gob.mx/dedalo/.../bajaarchivo.php?... 20/02/2015.
- Vásquez, F.; Cerda, A. y Orregon, S. 2007. Valoración económica del ambiente: fundamentos económicos, econométricos y aplicaciones. 1ª (Ed.). Buenos Aires. Thomson Learning.
- Wang, Y. and Zhang, Y. S. 2008. Air quality assessment by contingent valuation in Ji'nan, China. *Journal of Environmental Management*. http://home.wlu.edu/~caseyj/wang_2008_journal-of-environmental-management.pdf.