

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 345

CALIDAD DEL AIRE Y GASTO DE BOLSILLO EN SALUD EN LIMA METROPOLITANA: UNA APROXIMACIÓN A LOS MODELOS DE PRODUCCIÓN DE SALUD

Samuel D. Jaramillo De Souza

DEPARTAMENTO
DE ECONOMÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 345

**CALIDAD DEL AIRE Y GASTO DE BOLSILLO EN SALUD
EN LIMA METROPOLITANA: UNA APROXIMACIÓN
A LOS MODELOS DE PRODUCCIÓN DE SALUD**

Samuel D. Jaramillo De Souza

Noviembre, 2012

DEPARTAMENTO
DE **ECONOMÍA**



DOCUMENTO DE TRABAJO 345

<http://www.pucp.edu.pe/departamento/economia/images/documentos/DDD345.pdf>

© Departamento de Economía – Pontificia Universidad Católica del Perú,
© Samuel D. Jaramillo De Souza

Av. Universitaria 1801, Lima 32 – Perú.
Teléfono: (51-1) 626-2000 anexos 4950 - 4951
Fax: (51-1) 626-2874
econo@pucp.edu.pe
www.pucp.edu.pe/departamento/economia/

Encargado de la Serie: Luis García Núñez
Departamento de Economía – Pontificia Universidad Católica del Perú,
lgarcia@pucp.edu.pe

Samuel D. Jaramillo De Souza

Calidad del aire y gasto de bolsillo en salud en Lima Metropolitana: una
aproximación a los modelos de salud
Lima, Departamento de Economía, 2012
(Documento de Trabajo 345)

PALABRAS CLAVE: Contaminación, aire, salud, gasto de bolsillo en salud,
producción de salud.

Las opiniones y recomendaciones vertidas en estos documentos son responsabilidad de sus
autores y no representan necesariamente los puntos de vista del Departamento Economía.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2012-14894.
ISSN 2079-8466 (Impresa)
ISSN 2079-8474 (En línea)

Impreso en Cartolán Editora y Comercializadora E.I.R.L.
Pasaje Atlántida 113, Lima 1, Perú.
Tiraje: 100 ejemplares

CALIDAD DEL AIRE Y GASTO DE BOLSILLO EN SALUD EN LIMA METROPOLITANA: UNA APROXIMACIÓN A LOS MODELOS DE PRODUCCIÓN DE SALUD

Samuel D. Jaramillo De Souza

RESUMEN

La contaminación del aire no sólo reduce la calidad de vida de la población, también afecta su economía pues influye sobre la fracción del gasto familiar que se destina al cuidado de la salud. A partir de un modelo de optimización del bienestar familiar, el estudio busca estimar la importancia de la calidad del aire junto a otras variables socio-económicas relevantes (grupos de edad, sexo, afecciones crónicas, disponibilidad de aseguramiento médico, estrato socioeconómico, entre otros.) en la determinación de la proporción del gasto de bolsillo que cada hogar destina al cuidado de la salud de sus integrantes. Para ello se emplea una estimación de tipo Corner Solution (modelo Hurdle) utilizando como fuente de información primaria la ENAHO y el inventario de emisiones del DIGESA para los años 2007 a 2009.

Código JEL: Q530, Q510, I120

Palabras clave: Contaminación, aire, salud, gasto de bolsillo en salud, producción de salud

ABSTRACT

Air pollution not only reduces the quality of life for a given population, it also affects its economy since it influences the proportion of household expenditure that is allocated to health care. Starting with a model of optimization for the family welfare, the study aims to estimate the importance of the air quality alongside other relevant socio-economic variables (groups of age, gender, existence of chronic conditions, availability of medical assurance, socioeconomic status among others) in the determination of the proportion of the out-of-pocket health care expenses that each household has to spent in its members. In order to do this, we propose a Corner Solution type of estimation (Hurdle model) using the ENAHO and the inventory of emissions from the DIGESA for years 2007-2009 as primary sources of information.

JEL code: Q530, Q510, I120

Keywords: pollution, air, health, out-of-pocket health care expenses, health production

CALIDAD DEL AIRE Y GASTO DE BOLSILLO EN SALUD EN LIMA METROPOLITANA: UNA APROXIMACIÓN A LOS MODELOS DE PRODUCCIÓN DE SALUD¹

Samuel D. Jaramillo De Souza

1. INTRODUCCIÓN

A través de los años, los niveles y la complejidad alcanzados por la contaminación del aire en las economías modernas y, en particular, en aquellas en vías de desarrollo han sido un factor determinante para la aparición de diversos cuadros de enfermedades por envenenamiento, así como de los más severos tipos de cáncer. Para el caso de nuestra ciudad capital, los niveles de contaminación atmosférica promedio registrados para las emisiones de material particulado (PM2.5 y PM10) entre los años 2007 a 2009 superaron, de manera significativa, tanto los estándares internacionales de la OMS como los ECA establecidos por la autoridad nacional. Esto significa un grave riesgo para la salud, sobre todo, para las zonas de Lima Ciudad, Lima Este y Lima Norte que albergan la mayor proporción de la población y donde se han reportado los máximos niveles de emisión.

La economía ha aplicado diferentes aproximaciones para estimar el efecto sobre el bienestar de la sociedad a partir de un cambio en la calidad atmosférica. El método más conocido es la evaluación del costo de la enfermedad por medio de la estimación de funciones de dosis-respuesta. Dicho enfoque busca cuantificar el costo monetario total que acarrea a la persona y a la sociedad una pérdida temporal de salud por efecto de la degradación ambiental. Sin embargo, la principal dificultad para esta metodología es que las estimaciones resultantes están sujetas a error y subestimaciones, debido a que los efectos de determinados agentes tóxicos sobre la salud suelen ser indirectos y difícilmente se puede establecer una

¹ El presente documento está basado en el trabajo que fue presentado originalmente como Tesis para optar el título de Licenciado en Economía de la PUCP en mayo de 2012. La Tesis fue aprobada por unanimidad por el jurado y recibió la calificación de *Sobresaliente*.

relación de causalidad. Por otro lado, según la teoría, el cálculo de la función de dosis-respuesta debe realizarse por separado para cada agente tóxico debido a los impactos diferenciados que puede tener cada uno sobre la salud. Además de dejar de lado los efectos conjuntos que distintos tóxicos pudieran generar en la salud de las personas, este procedimiento introduce todavía mayor error en la estimación, pues los coeficientes de impacto para cada contaminante difieren de un contexto a otro debido a variaciones en factores como la dispersión de la contaminación en la atmósfera, cambios en la composición química de los tóxicos, la provisión de servicios de salud pública o las condiciones de vida de la población (Ostro, 1994; Azqueta, 1994; Vásquez y Vargas, 2000).

Alternativamente, existen otras opciones metodológicas disponibles para valorar el efecto sobre la salud de un cambio en la calidad ambiental. En particular, el método de la función de producción de salud permite estimar el gasto óptimo en cuidados médicos y el patrón de variación de este gasto frente a alteraciones en variables relevantes como los niveles de contaminación ambiental. La principal ventaja de este método frente al cálculo del costo de la enfermedad estriba en su capacidad para permitirle elegir a la persona —dada la restricción de su conjunto presupuestario— el nivel de salud que desea alcanzar y el gasto médico asociado con este (Gerking y Stanley, 1986).

Siguiendo esta segunda aproximación, el presente estudio partirá del supuesto de que las personas obtienen una utilidad directa proveniente de su dotación de salud, lo que nos permitirá determinar la elección óptima del gasto relativo en el hogar. La hipótesis central del trabajo sostiene que la calidad del aire es uno de los determinantes de la proporción del gasto total que los hogares destinan al cuidado de la salud. La cobertura de trabajo abarca el análisis de la calidad del aire en la cuenca atmosférica de Lima-Callao y su impacto sobre el gasto de bolsillo en salud durante el periodo 2007 a 2009. La metodología de estimación a seguir propone un análisis de variable dependiente censurada y, más estrictamente, un análisis de tipo Corner Solution (Wooldridge, 2001).

2. LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LIMA Y CALLAO

La variación en el patrón de vientos a lo largo de toda la cuenca atmosférica de Lima y Callao es responsable del transporte y propagación de las emisiones gaseosas y partículas suspendidas en el aire de la ciudad capital. La ciudad de Lima está abierta al Oeste por el Océano Pacífico y delimitada al Este por la Cordillera de los Andes, lo que la convierte en un corredor de vientos que circulan predominantemente en dirección de Sur a Norte siguiendo la línea costera. Al arribar al área de la cuenca Lima-Callao, estos vientos se estancan debido a la presencia de inversiones térmicas a baja altura, lo que dificulta la dispersión de las emisiones tóxicas en la atmósfera y acrecienta el nivel de toxicidad del aire metropolitano.²

Existen dos clases principales de contaminación atmosférica: exterior (la que existe fuera de la residencia familiar) e interior (se presenta en los ambientes de la vivienda o centro de trabajo).

Contaminación en exteriores

En Lima Metropolitana, las fuentes de contaminación del aire en exteriores incluyen las fuentes móviles, representadas por el parque automotor; las fuentes puntuales, conformadas por el sector industrial e institucional; y las fuentes de área, compuestas por el sector comercial, de servicios y municipal.

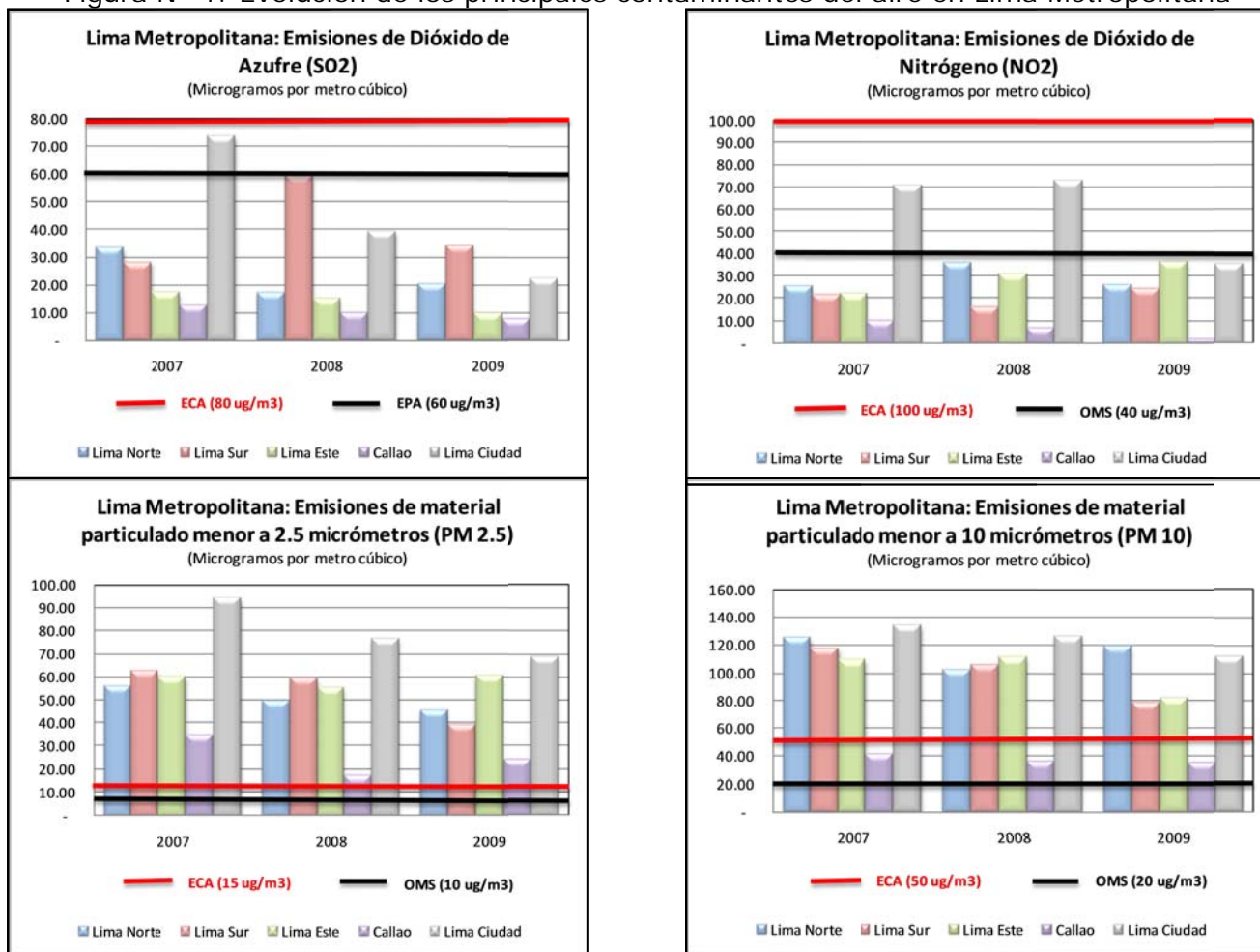
Para el periodo 2007 a 2009, el promedio anual de las emisiones de los tóxicos aéreos más representativos muestra una tendencia decreciente. En el caso del NO₂ y el SO₂ en particular, la media anual de emisiones para todo Lima Metropolitana ha decrecido a tasas de 9% y 24% al año, respectivamente. Asimismo, los niveles de emisión promedio, según área de monitoreo, se han mantenido por debajo de los niveles sugeridos por los Estándares de Calidad Ambiental Nacional (ECA). Sin embargo, dichos

² LACY TAMAYO, Rodolfo y José PEDROZA SERRANO. *Red de Vigilancia de la Calidad del Aire: Lima-Callao*. 2000.

estándares se sitúan por encima de los estándares de calidad del aire recomendados por organizaciones internacionales como el Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos o la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En el caso del SO_2 , si bien se observa que, en los últimos años, el nivel de emisiones se ha reducido de manera importante, los distritos de mayor contaminación a lo largo de todo el periodo 2007 a 2009 se ubican en Lima Ciudad y en Lima Sur. Del total de emisiones registradas de SO_2 en el año 2009, el 36% corresponde a Lima Sur mientras el 24% a Lima Ciudad. En lo que respecta al NO_2 , hasta el año 2008, el principal foco de emisiones se ubicó en el área de Lima Ciudad. Solo en ese año, Lima Ciudad registró el 45% del total de emisiones de NO_2 . Al 2009, se observa una reducción significativa de la participación de esta zona a 28% del total de emisiones generado.

Figura N° 1: Evolución de los principales contaminantes del aire en Lima Metropolitana



Fuente: Elaboración propia. En base a DIGESA.

Por otra parte, en el caso de las emisiones de material particulado, se observa que el nivel promedio registrado por cada zona de monitoreo a lo largo del periodo 2007 a 2009 ha superado, de manera significativa, tanto los estándares internacionales de la OMS como los ECA's establecidos por la autoridad nacional. Esto significa un grave riesgo para la salud de la población y, en particular, para quienes residen en las zonas de Lima Ciudad, Lima Este y Lima Norte.

En el caso del $PM_{2.5}$, el nivel promedio de emisiones registrado en 2009 fue cinco veces superior al permitido por los ECA para dicho contaminante ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y siete veces mayor a lo recomendado por la OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Las zonas más críticas corresponden a los puntos de monitoreo ubicados en Lima Ciudad, Lima Sur y Lima Este, donde la concentración promedio anual superó los 60 microgramos por metro cúbico.

La emisión de PM_{10} , por otra parte, se ha mantenido sin mayor variación a lo largo de todo el periodo de análisis. Las zonas de mayor atención Lima han sido Ciudad, Lima Norte, Lima Sur y Lima Este. En promedio, en el 2009, el nivel de emisiones registrado para PM_{10} fue 2.4 veces mayor al recomendado por los ECA nacionales ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y 6 veces mayor a los estándares de calidad del aire publicados por la OMS ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Para dicho año, el nivel de concentración promedio de PM 10 fue de 118 microgramos por metro cúbico en Lima Norte y de 112 microgramos por metro cúbico en Lima Ciudad.

Contaminación de interiores

A lo largo del día, la mayor exposición de una persona a la contaminación del aire ocurre en los ambientes de su propia vivienda o centro de labores. El uso de combustibles poco apropiados para cocinar o iluminar una estancia, la temperatura, la falta de ventilación suficiente, el material del que está hecho el inmobiliario o la acumulación de moho, ácaros y polvo son factores que incrementan el riesgo de exposición en la salud de las personas.

Es de resaltar, además, que factores como el subdesarrollo y las condiciones de pobreza pueden determinar las características y la intensidad de la exposición a la contaminación del aire en interiores. En este contexto, características como el material de las paredes, suelo y techo de las viviendas, la disponibilidad de servicios básicos, determinados patrones culturales y el empleo intensivo de combustibles para la cocina y calefacción tales como el kerosene, la leña, el carbón e incluso los restos de cosechas y estiércol se convierten en los principales focos de contaminación del ambiente al interior de los hogares.

Según datos de la ENAHO, al año 2009, existía un estimado de 2.16 millones de hogares residentes en Lima Metropolitana. Cada una de estas unidades domésticas posee sus propias características particulares y factores de riesgo asociados a la exposición de la contaminación del aire en interiores. Sin embargo, en términos generales, es posible identificar dos fuentes principales de contaminación de interiores dentro de la población de estudio: el tipo de alumbrado disponible en la vivienda y el combustible utilizado para cocinar los alimentos.

Tratándose de una población prioritariamente urbana, no sorprende observar que, a lo largo de todo el periodo 2007 a 2009, el tipo predominante de alumbrado por vivienda ha correspondido a fuentes modernas como la electricidad o los generadores de energía. No obstante, en promedio, persiste todavía un porcentaje superior al 1% de la población de hogares residentes cuya principal fuente de iluminación depende del empleo de lamparines y mecheros que utilizan combustibles altamente contaminantes como el kerosene o el petróleo. Solo en el año 2009, un aproximado de 17,929 hogares limeños declaró que sus viviendas disponen de iluminación a base de combustibles intensivos en la producción de gases y sustancias tóxicas para la salud.

De mayor interés, resulta la proporción de hogares que utilizan diariamente kerosene, carbón o leña como combustible para cocinar sus alimentos. Para el periodo de análisis, la proporción de hogares que declaró utilizar alguno de estos combustibles para cocinar se ha incrementado desde más de 309

mil en el 2007 a poco más de 436 mil hogares en el 2009, es decir, un aumento de 41% en sólo tres años.

3. EL GASTO DE BOLSILLO EN SALUD

En el contexto de la economía doméstica, el gasto en servicios de salud está dado por aquella proporción de los ingresos familiares o del gasto total familiar que se destina a la compra de medicinas, servicios médicos, atención hospitalaria y otros bienes de cuidado de la salud. El gasto familiar en salud posee dos fuentes principales de financiamiento: el desembolso directo de recursos económicos ante el evento de una enfermedad y el prepago de un plan de salud que puede ser público o privado.³

- i. El desembolso directo, también denominado “gasto de bolsillo”, abarca todos los gastos relacionados con la atención médica y el tratamiento de enfermedades. Según Estrada y Otros (2007), y Torres y Knaul (2003), el gasto de bolsillo constituye una forma ineficiente e inequitativa de financiamiento del gasto en salud familiar, ya que la cantidad demandada de servicios de salud está en función de la capacidad de pago del hogar en el momento en que ocurre la enfermedad y no de su real necesidad. Es decir, al enfermarse, una persona no se encuentra en condiciones de negociar efectivamente el precio del servicio que recibirá ni de elegir el servicio que considere de mejor calidad.

De acuerdo con Cruz Rivero y Otros (2006), el gasto de bolsillo posee las siguientes características principales:

- Puede ser imprevisto y, por tanto, el hogar puede no contar con la solvencia económica necesaria para afrontarlo.
- Con frecuencia es ineludible, aun si se trata de un gasto ya previsto.

³ CEPAL y NACIONES UNIDAS. *Objetivos de Desarrollo del Milenio. La progresión hacia el derecho a la salud en América Latina y el Caribe*. 2008. p. 87.

- Puede convertirse en un gasto permanente si la enfermedad se trata de un padecimiento crónico.
- Puede ser resultado de la insatisfacción respecto al servicio provisto por los establecimientos de salud públicos.
- Puede ser consecuencia de una regulación ineficiente en el mercado de servicios de salud. ⁴

Cuando la magnitud del gasto de bolsillo sobrepasa el umbral determinado por la capacidad de pago del hogar (la diferencia entre el gasto total y los gastos de subsistencia), se considera que el gasto en salud se ha convertido en un “gasto catastrófico”, es decir, un gasto con un efecto negativo relevante para el presupuesto familiar. El carácter de un gasto catastrófico no está asociado de manera inequívoca con una enfermedad cuyo tratamiento sea especialmente costoso. Por el contrario, puede considerarse también como gasto catastrófico a los pagos por concepto de gasto médicos que se realicen durante un intervalo de tiempo demasiado largo o que se deban realizar con gran periodicidad independientemente de su magnitud.⁵

- ii. El pago por anticipado a través de un seguro de salud es un mecanismo de financiamiento del gasto en salud que obedece a la necesidad de paliar la incertidumbre y el riesgo asociados con la evolución de la salud a lo largo del tiempo. En general, las compañías aseguradoras administran el conjunto de los recursos financieros de sus clientes con la finalidad de distribuir entre todos el riesgo de experimentar un evento que afecte negativamente la salud. De tal modo, se trata de un sistema de subsidio cruzado entre los contribuyentes sanos y los que atraviesan por una enfermedad.⁶

⁴ CRUZ RIVERO, Carlos y Otros. “Gasto catastrófico en salud y elasticidades ingreso por tipo de gasto en servicios de salud en México” EN: Bienestar y política social. Vol. 2. N°. 1. 2006. p. 51-73.

⁵ CEPAL y Naciones Unidas. *Op.cit.* p. 88.

⁶ WORLD HEALTH ORGANIZATION. *The impact of health expenditure on households and options for alternative financing.* 2004. p. 8.

Ya se trate de un seguro público o de un seguro privado de salud, el efecto final consiste en una reducción del precio pagado por los consumidores al momento de acudir a los establecimientos de salud. Por supuesto, se debe considerar que, si trata del seguro social, el pago total por concepto de la prestación del servicio es asumido por el conjunto de la sociedad por medio del pago de impuestos, mientras que, si se trata de un seguro privado, la mayor proporción del costo recae en las compañías aseguradoras; y el resto, en la persona asegurada.⁷

La distribución de la carga económica que representa el gasto en salud difiere de familia en familia de acuerdo a características particulares relativas a cada hogar. En general, existe un consenso en la literatura respectiva que agrupa estas variables en factores económicos, sociales y demográficos. Estas incluyen aspectos como el ingreso familiar, la edad del jefe del hogar, la presencia de niños pequeños, la presencia de adultos mayores, la zona de residencia, la condición de actividad laboral del jefe del hogar y la existencia de eventos de enfermedad.

El gasto en salud en la ENAHO

La ENAHO define el gasto familiar en salud como el consumo de servicios médicos realizado por el hogar durante un determinado periodo —que puede abarcar desde 4 semanas a 12 meses previos a la ejecución de la encuesta— y que tiene por propósito atender las necesidades de salud de cualquiera de sus miembros.⁸ Para efectos de análisis, consideraremos, como gasto en salud, el realizado por el hogar durante las 4 semanas previas a la ejecución de la encuesta por dos razones principales:

⁷ AZQUETA, Diego. *Op.cit.* p. 206.

⁸ El módulo de salud de la ENAHO aplica un cuestionario a todos los miembros del hogar sin distinción de edad, sexo o condición social. Asimismo, cabe señalar que los gastos registrados son posteriores a la ocurrencia de la enfermedad; es decir, tiene por objeto restablecer la salud y no prevenir la enfermedad. La encuesta no considera el monto de gasto efectuado en controles de salud preventivos.

- En primer lugar, porque se asume que los efectos más relevantes de la acción de la contaminación del aire para la salud son los efectos agudos y, por tanto, de corto plazo.⁹
- En segundo lugar, porque el tipo de gastos médicos considerados en este periodo son gastos que suelen ser solicitados de forma inmediata por los especialistas cuando se presenta una enfermedad y, por tanto, pueden ser considerados como “gastos médicos corrientes”.

De tal modo, para efectos de nuestra investigación, el gasto familiar en salud contempla los siguientes rubros:

- Gasto en consultas médicas
- Gasto en medicinas
- Gasto en análisis médicos
- Gasto en rayos X
- Gasto en otros servicios médicos

A fin de contar con una medida más precisa de la carga económica que representan los gastos médicos en el hogar, la literatura especializada resalta la conveniencia de trabajar con el gasto de bolsillo. Por tal razón, consideraremos, como gasto familiar en salud, al consumo de recursos y servicios médicos que se paga mediante los siguientes mecanismos:

- El gasto pagado por algún miembro del hogar
- El gasto de autoconsumo
- El gasto de autosuministro
- El gasto pagado a cuenta de algún vecino o persona ajena al hogar

⁹ La principal razón para este supuesto se encuentra en el carácter de la muestra disponible para el estudio, que es de tipo corte transversal y no de serie temporal o de panel. Al no contar con una muestra de carácter temporal, no es posible establecer la relevancia de los efectos dinámicos de la contaminación del aire sobre la evolución del gasto familiar en salud. Si bien la contaminación del aire se asocia también a enfermedades de largo plazo como el cáncer, consideramos que una manera de validar este supuesto es asumiendo que a mayor tiempo es más difícil establecer una relación causal entre la toxicidad aérea y la aparición de una enfermedad.

- El gasto pagado por otros medios (excluye donaciones y el pago realizado por el seguro de salud ya sea público o privado)
- El gasto pagado por otras fuentes no precisadas por el entrevistado

Además, es recomendable realizar el análisis de la equidad en el acceso de las familias a los servicios médicos en términos de su capacidad de pago. Para el cálculo de la capacidad de pago de la unidad familiar, se deduce del gasto total del hogar el gasto en alimentos según fuente de financiamiento de la manera siguiente:

- Gasto Total del hogar menos los rubros listados a continuación:
 - Gasto en alimentos financiado por el hogar
 - Gasto en alimentos financiado por autoconsumo o autosuministro
 - Gasto en alimentos pagado en especie
 - Gasto en alimentos financiado por donación pública o privada
 - Gasto en alimentos financiado por otros medios
 - Gasto en alimentos para consumir dentro del hogar
 - Ingresos y gastos por alimentos para consumir en el hogar

A partir de este ratio, es posible calcular la carga relativa o la participación del gasto en salud dentro del presupuesto familiar. El resultado obtenido se compara luego con un umbral predeterminado —alrededor del 30% o 40% del gasto neto del hogar— que establece el límite por sobre el cual el gasto familiar en salud se convierte en un “gasto catastrófico” para la economía del hogar.¹⁰

Las estimaciones realizadas para la población de referencia muestran que, a lo largo del periodo 2007-2009, aproximadamente el 60% de los hogares residentes en Lima (1.25 millones de familias) se vio en la necesidad de incurrir en algún tipo de gasto de bolsillo. De ese total, el 97% (1.22 millones de hogares) reportó un gasto de bolsillo menor o igual al 30% de su gasto neto; en términos absolutos, el gasto promedio de dicho grupo poblacional ascendió a S/. 105.50 por hogar.

¹⁰ Véase Murray, Musgrave y Otros (2000), Cruz Rivero y Otros (2007), y Torres y Knaul (2003).

Tabla N° 1: Ratio Gasto de Bolsillo – Gasto Neto Familiar

	Hogares (Miles)	%
Población total de familias	2,088	100%
Población de familias seleccionadas	1,702	82%
Sí reportaron gastos en salud	1,253	74%
Gasto menor o igual al 30% de gasto neto	1,220	97%
Hogares con nivel de gasto de bolsillo menor o igual al 30% de sus gastos netos		
	Gasto Promedio	S/. 105.50
	Gasto Mínimo	S/. 99.88
	Gasto Máximo	S/. 111.11
Hogares con nivel de gasto de bolsillo mayor al 30% de sus gastos netos		
	Gasto Promedio	S/. 759.06
	Gasto Mínimo	S/. 626.24
	Gasto Máximo	S/. 891.88

Fuente: *Elaboración propia.*

4. UN MODELO MICRO AMBIENTAL PARA LA SALUD

Seguendo a Becker (1965), es posible definir al hogar como una unidad en la que las decisiones son tomadas de manera unilateral por los padres o el jefe de familia. Por tanto, la utilidad doméstica puede representarse como una función de utilidad representativa que considera las preferencias de todos los miembros del hogar. Se trata, pues, de una función de utilidad que toma en cuenta las características particulares de toda la familia. (Cortez 1999; Acton 1975; Bolin y Otros 2002; Hjortsberg 2003)

$$U_i = u_i(S_i; Q_i; Z_i) \quad (1.1)$$

La ecuación (1.1) muestra la función de utilidad de una familia representativa, donde el subíndice "i" indica el hogar y pertenece al conjunto de los naturales, tal que $i \in [0; n]$, y donde "n" es igual al tamaño muestral. Las variables argumento de esta función representan bienes *commodities*, es decir, bienes que son producidos endógenamente por cada familia. De tal forma, S_i representa el nivel de salud de los miembros del

hogar, Q_i es la calidad del aire y Z_i representa otros *commodities* que reportan una cierta utilidad a la familia.

Adicionalmente, podemos suponer que la ecuación (1.1) es una función de utilidad de separabilidad débil y que por tanto, existe una relación marginal de sustitución entre S_i y Q_i que es independiente de Z_i (Ferreiro, 1991). Dicho supuesto, nos permitirá capturar la idea de que existe una relación de sustitución inversa entre la calidad del aire y el estado de salud en el hogar. Además, la función de utilidad es bien comportada, continua por lo que es convexa y perfectamente diferenciable en todas sus variables argumento.

Siguiendo a Grossman (1972), consideraremos que la salud es a la vez un bien de consumo y un bien de capital que reporta utilidad a la familia en la medida que una mayor dotación de salud implica la disponibilidad de tiempo sano que puede ser dedicado a otras tareas. Además, al tratarse de un bien *commodity*, la salud se “produce” por medio de una función de producción doméstica. Es decir, la familia realiza inversiones en su capital salud según la siguiente ecuación:

$$S_i = s_i \left(\begin{array}{l} M_i, Q_i, \text{niñ}_i, \text{anc}_i, CC_i, \text{fertil}_i, \text{jeduc}_i, \text{sex}_i, \text{edad}_i, SS_i, \\ SP_i, \text{viv}_i, \text{agua}_i, \text{saneam}_i, \text{econ}_i, \text{miehog}_i \end{array} \right) \quad (1.2)$$

La función de producción de salud (1.2) posee rendimientos constantes a escala, y emplea como insumos bienes y servicios de mercado como las medicinas y la atención médica (M), además de un conjunto de variables relativas a las características del hogar y que determinan la eficiencia en la producción de la salud familiar.¹¹

¹¹ Como se podrá notar, la ecuación (1.2) no incluye la dotación inicial de salud como uno de los argumentos dentro de la función de producción. La omisión se debe a que, en principio, no estamos tratando con individuos sino con unidades familiares compuestas por diferentes personas que pueden poseer diferentes características particulares al nacer. Por tal razón, en lugar de pretender capturar mediante un indicador cualquiera la dotación genética inicial de salud de toda la familia, creemos que la inclusión de variables como la del número de personas que padecen de afecciones crónicas resulta una proxy más adecuada de las características de salud predominantes en el hogar.

Dentro del conjunto de variables explicativas de la función de producción de salud familiar, se encuentran:

- La calidad del aire en el entorno familiar (Q_i)
- El número de niños presentes en el hogar ($niñi$)
- El número de ancianos presentes en el hogar ($anci$)
- El número de personas del hogar que sufren de enfermedades crónicas (CCi)
- El número de mujeres del hogar en edad fértil ($fertili$)
- El nivel educativo del jefe del hogar ($jeduci$)
- El sexo del jefe del hogar ($sexi$)
- La edad del jefe del hogar ($edadi$)
- El acceso a los servicios del seguro social de salud (SSi)
- El acceso a los servicios del seguro privado de salud (SPi)
- Las características de la residencia familiar ($vivi$)
- Tipo de acceso al agua potable ($aguai$)
- Tipo de acceso a servicios de higiénicos ($saneami$)
- La condición económica del hogar ($econi$)
- El número de integrantes en el hogar ($miehogi$)

De forma similar, el *commodity* Z_i se produce de forma endógena según se representa en la función de producción (4.3):

$$Z_i = z_i(X_i; jeduc_i, Q_i) \quad (1.3)$$

Con el propósito de producir el *commodity* Z_i , cada familia combinará los argumentos de (1.3) de la forma que estime más conveniente. Estos argumentos son bienes de mercado (X_i), el nivel educativo del jefe de hogar ($jeduc_i$) y la calidad del aire (Q_i). Al igual que en el caso de la salud, (1.3) incluye el nivel educativo y la calidad del aire como variables que determinan la eficiencia del proceso productivo de Z_i a partir del consumo de X_i .

En el caso de la calidad del aire, tal como sugiere Azqueta (1994), consideraremos Q_i como un *commodity* con atributos de bien público no

optativo, es decir, un bien cuyo consumo no depende de una cantidad libremente elegida por la familia y que no dispone de una señal de precios en el sistema de mercado. Siguiendo a Cropper y Oates (1997), podemos decir que la calidad del aire se determina de manera inversa a la suma agregada de emisiones tóxicas (partículas y gases) liberadas en el aire.

$$Q_i = q_i(e_{ext_i}, e_{int_i}) \quad (1.4)$$

En (1.4), se distingue entre dos tipos de contaminación del aire. Por un lado, tenemos el conjunto de emisiones registradas en el aire exterior (e_{ext_i}) y que tienen por fuente emisora al parque automotor y a la actividad industrial. En segundo lugar, se considera la contaminación del aire en los ambientes interiores de la residencia familiar (e_{int_i}) y que tiene por principal fuente de origen el tipo de combustible empleado en la cocina y para la iluminación de la vivienda.

Siguiendo a Neidell (2004), por razones de simplicidad, asumiremos que la población de interés desconoce la cantidad de emisiones tóxicas a la que se encuentra expuesta. Es decir, el nivel de emisiones en el aire no influye de ninguna manera en la elección de los agentes respecto a la ubicación de vivienda o la adopción de comportamientos preventivos en resguardo de su salud. De esta forma, los niveles de contaminación del aire constituyen un estimador insesgado para medir el efecto del nivel de exposición sobre el comportamiento económico del hogar.

La restricción presupuestaria de la familia iguala la suma total del gasto en medicinas y servicios de atención médica (M_i) y el gasto en bienes de mercado (X_i) con el ingreso real familiar (IR_i); es decir, no existe ahorro ni desperdicio. Asimismo, el ingreso real familiar está compuesto por el salario monetario (W_i) más los ingresos en especies (ingresos pagados en forma de alimentos, vestidos, etc.) (A_i) percibidos por el hogar.

$$P_{S_i}M_i + P_{X_i}X_i = W_i + A_i = IR_i \quad (1.5)$$

De tal manera, el problema de optimización de la familia "i" queda definido de la siguiente manera:

$$\underset{S_i; Z_i}{Max} U_i = u_i(S_i; Q_i; Z_i)$$

s. a.:

$$S_i = s_i \left(\begin{array}{l} M_i, Q_i, ni\tilde{n}_i, anc_i, CC_i, fertil_i, jeduc_i, sex_i, edad_i, SS_i, \\ SP_i, viv_i, agua_i, saneam_i, econ_i, miehog_i \end{array} \right)$$

$$Z_i = z_i(X_i; jeduc_i, Q_i)$$

$$Q_i = q_i(e_{ext_i}, e_{int_i})$$

$$P_{S_i}M_i + P_{X_i}X_i = R_i$$

$$S_i; Z_i \geq 0$$

Nótese que el problema de optimización está definido para un solo periodo y que cada unidad familiar solo puede elegir el nivel óptimo a consumir de S_i y Z_i . Ello se debe, como ya se ha mencionado, a que Q_i posee características de bien público no optativo, por lo que solamente puede consumirse en cantidades fijas determinadas de manera exógena.

Los supuestos implícitos de este modelo los podemos resumir de la manera siguiente:¹²

1. Los individuos, o en este caso las familias, perciben problemas de salud y, en consecuencia, buscan los medios para mitigarlos, de modo que adquieren servicios de salud o modifican su comportamiento de alguna manera.
2. Los individuos eligen un nivel óptimo de insumos para minimizar los costos de mantener su nivel de utilidad constante.
3. Los gastos en servicios médicos y compra de medicamentos son los más significativos dentro del componente de gasto en salud familiar y, por tanto, una buena aproximación del efecto negativo de la contaminación atmosférica sobre el bienestar del hogar.

¹² Adaptado a partir de Jaraba Guazo (2010).

4. En el corto plazo, las familias no conocen ni pueden modificar su riesgo de exposición a la contaminación atmosférica.

Resolviendo las Condiciones Necesarias de Primer Orden, se obtienen las ecuaciones de demanda ordinaria para S_i y Z_i .

$$S^d_i = s^d_i(Ps_i, Px_i, R_i; e_{ext_i}, e_{int_i}, AA_i) \quad (1.6)$$

$$Z^d_i = z^d_i(Ps_i, Px_i, R_i; jeduc_i, e_{ext_i}, e_{int_i}) \quad (1.7)$$

Donde AA_i incluye las variables: $niñ_i$, anc_i , CC_i , $fertil_i$, $jeduc_i$, sex_i , $edad_i$, SS_i , SP_i , viv_i , $agua_i$, $saneam_i$, $econ_i$ y $miehog_i$.

Reemplazando (1.6) y (1.7) en la función de utilidad, se obtiene la función de utilidad indirecta para la familia "i". Por teoría microeconómica, sabemos que la inversa de la función de utilidad indirecta nos permite encontrar la función de gasto total (GT_i) y mantener el nivel de utilidad constante \bar{U} .

$$GT_i = g_i(Ps_i, Px_i, \bar{U}; e_{ext_i}, e_{int_i}, AA_i) \quad (1.8)$$

La ecuación (1.8) representa el gasto total del hogar como una función que depende tanto de variables económicas como de variables de carácter socioeconómico y medioambiental. Sin embargo, para propósitos de la investigación, eliminaremos de nuestro análisis el gasto en otros bienes enfocándonos en la demanda por el *commodity* "buena salud". A tal efecto, la ecuación (1.9) se reformulará de la manera siguiente:

$$Gsalud_i = g_i(Ps_i, \bar{U}; e_{ext_i}, e_{int_i}, AA_i) \quad (1.9)$$

En (1.9), $Gsalud_i$ representa el gasto óptimo en salud para la familia i , expresado en términos del precio de las medicinas y de la atención médica (Ps_i), el nivel de utilidad familiar (\bar{U}), el nivel de emisiones registradas en el exterior y en interiores (e_{ext_i}, e_{int_i}), y un conjunto de características particulares de la unidad familiar.

5. LA MUESTRA

La población de estudio está compuesta por todos los hogares —y sus correspondientes miembros— residentes en Lima y Callao durante el periodo 2007 a 2009. La elección de este periodo de tiempo obedece a la disponibilidad de datos —principalmente los que provienen del inventario de emisiones de DIGESA— antes que a una elección arbitraria.

Según se define en la ficha técnica de la ENAHO, por hogar se ha de entender el conjunto de personas, sean o no parientes, que ocupan en su totalidad o en parte una vivienda, comparten las comidas principales y atienden en común otras necesidades vitales. Se incluye también en este grupo a las personas a quienes el Jefe del hogar considera que son miembros de la unidad por razones de afecto (ahijados, compadres, padrinos, etc.). Por excepción, se considera Hogar también al constituido por una sola persona.¹³

Es de destacar que el diseño muestral de la ENAHO establece que la ciudad de Lima Metropolitana es un dominio de análisis independiente, lo que significa que la muestra (anual) obtenida permite estimar las características socio demográficas y económicas de la población de Lima y Callao con un nivel de inferencia autónomo del resto de ámbitos de selección muestral. Esta característica resultará de utilidad más adelante cuando especifiquemos la muestra de interés a utilizar con el modelo de análisis propuesto.

Respecto a la preparación de la base de datos, es conocido que, al trabajar con la información que proviene de una población determinada en diferentes puntos del tiempo, el trabajo de estimación suele abordarse bajo el enfoque de la metodología de panel de datos o de los modelos Pool —*Population-average model*. La razón estriba en que la dimensión temporal entre las bases de datos puede conllevar la existencia de relaciones de correlación entre los errores de estimación y las variables explicativas

¹³ ENCUESTA NACIONAL DE HOGARES SOBRE CONDICIONES DE VIDA Y POBREZA (ENAHO). Ficha Técnica. 2009. p. 18.

debido a la presencia de “*efectos*” o características no observables relativas a los individuos y que pueden variar o no en el tiempo. Para el caso de la muestra de interés, tenemos que la población de hogares proviene de una muestra no panel, lo que quiere decir que los hogares considerados en la muestra debieran ser distintos para cada año. A partir de ello, podríamos suponer que las muestras disponibles para cada año son independientes entre sí y que, por tanto, no existe una dimensión temporal entre ellas, por lo que las observaciones conformarían un único corte transversal.

Tabla N° 2: Lima Metropolitana: Observaciones muestrales únicas y repetidas

Muestra	Hogares 2007/2009	%
Observaciones totales	8,099	100%
Observaciones únicas	6,618	82%
Observaciones repetidas	1,481	18%

Fuente: Elaboración Propia. En base a ENAHO, 2007-2009.

Para corroborar este supuesto, es necesario mirar con mayor detalle la información disponible. Los resultados de la exploración preliminar de los datos muestran que en respuesta a la pregunta “¿El hogar ha sido entrevistado el año pasado?”, el total de las observaciones presentadas en cada año respondió de forma negativa. Sin embargo, si exploramos en mayor detalle, la tabla N° 2 demuestra que aproximadamente el 18% de los hogares que conforman el total de la muestra se repite para alguno de los tres años de interés.

Con el objetivo de conservar la independencia de las muestras, se procedió a identificar todos los hogares repetidos en cada uno de los años de interés. De esta manera, es posible definir una subpoblación de hogares que son únicos para el total del periodo y para los que es posible tomar el supuesto de independencia temporal.¹⁴ A continuación, dividimos los factores de

¹⁴ Esto no quiere decir que se eliminen observaciones. Por el contrario, la subpoblación se ha definido gracias al comando `subpop(.)` disponible en el paquete STATA y que permite realizar inferencias para segmentos específicos de la población sin por ello perder o afectar el diseño muestral original de la encuesta.

expansión de la muestra entre el número de años seleccionados con lo que se obtiene una población promedio para todo el periodo de interés. Finalmente, la Tabla N° 3 muestra la distribución de la población y la subpoblación de hogares por cada año y, además, el promedio referencial total que resulta para el periodo.¹⁵

Tabla N° 3: Lima Metropolitana: Número de unidades domésticas y población de estudio

	Población Hogares	Sub población	Población
2007	1,998,354	1,658,990	8,479,659
2008	2,105,747	1,669,850	8,655,017
2009	2,160,161	1,778,182	8,787,436
Población media de hogares 2007/09			2,088,087
Sub población de hogares 2007/09			1,702,341

Fuente: Elaboración propia. En base a ENAHO, 2007-2009.

6. LAS VARIABLES

La carga del gasto en salud familiar (G_{salud_i}) representa la proporción del gasto de bolsillo en salud y abarca el pago de la atención médica, medicinas, análisis, rayos X y otros servicios necesarios para el tratamiento de enfermedades. Se expresa en términos de la capacidad de pago del hogar según la siguiente fórmula:

$$G_{salud_i} = \left[\frac{Gasto\ de\ bolsillo_i}{Gasto\ total_i - Gasto\ en\ alimentos_i} \right]$$

En promedio, al tratarse de un ratio, el gasto en salud por hogar debiera tomar valores comprendidos en el intervalo entre 0 y 1. Sin embargo, ya que el denominador del ratio es el gasto total del hogar neto de los gastos de subsistencia, existen algunos valores superiores a la unidad. De la

¹⁵ Al hablar de promedio referencial, nos referimos a la población inferida que resulta de expandir la muestra conjunta para todo el periodo por los factores de expansión poblacional divididos entre el número de años en consideración.

submuestra escogida de 6,618 observaciones, existen 1,713 (21%) que son cero y tan solo cuatro observaciones con valores superiores a la unidad.

Asimismo, existen potenciales problemas para la estimación de los parámetros de la función de gasto bajo una media condicional. La variable G_{salud}_i posee un coeficiente de asimetría significativamente distinto de cero (5.0), lo que indica que la distribución de la variable no es simétrica y, por el contrario, posee un importante sesgo hacia la derecha (asimetría positiva). Asimismo, el coeficiente de la curtosis (52.17) se encuentra bastante por encima del valor esperado para una variable con distribución normal (3), lo que es una señal de que el estimador Tobit podría ser defectuoso.¹⁶

En lo que respecta a las variables explicativas, estas se definen tal como sigue:

- Precios de las medicinas y atención médica (Ps_i): Debido a que la función objetivo se trata de una función de gastos en salud, se utilizará el Índice de Precios al Consumidor para Lima Metropolitana (IPC), desagregado al nivel del grupo de bienes y servicios para el cuidado de la salud (Código 50000000). El periodo base del índice es diciembre del 2001 y la frecuencia del indicador es mensual.
- Contaminación del aire exterior (e_{ext}_i): El indicador ha sido construido a partir de la base de datos del monitoreo de emisiones para NO_2 , SO_2 , PM_{10} y $PM_{2.5}$ realizado por la DIGESA. Para ello, se empleó la suma ponderada de emisiones registradas para los contaminantes criterio considerados según zona de monitoreo de la calidad del aire.
- En este caso, los ponderadores permiten recoger la importancia relativa (en términos de peligro para la salud) de una unidad de emisión tóxica de acuerdo a la naturaleza de la misma. Para ello, se ha

¹⁶ La prueba de normalidad para la variable dependiente, reporta que no existe evidencia significativa para aceptar la hipótesis de distribución normal de la variable por lo que la estimación Tobit no resulta adecuada en este caso.

utilizado la relación de peligro relativo implícita en los ECA del aire propuestos por la Organización Mundial de la Salud según se muestra en el siguiente recuadro:

Ponderadores

	OMS ECA	Razón ri	Ponderador ri/suma (ri)
SO2	60	0.17	0.09
NO2	40	0.25	0.13
PM 2.5	10	1.00	0.52
PM 10	20	0.50	0.26
		1.92	1.00

Fuente: Elaboración propia. En base a DIGESA.

De tal forma, el indicador de la contaminación del aire en exteriores puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$e_{exti}^j \equiv 0.09 * NO2_i^j + 0.13 * SO2_i^j + 0.52 * PM10_i^j + 0.26 * PM2.5_i^j$$

En la expresión anterior, el supra-índice "j" representa la zona de monitoreo de la calidad del aire. El indicador posee una frecuencia mensual y se expresa en microgramos por metro cúbico ($\mu g/m^3$).

- Contaminación del aire en interiores (e_{inti}): Se trata de un indicador dicotómico que establece el riesgo de exposición a la contaminación del aire al interior de la residencia familiar. La principal fuente de contaminación considerada es el tipo de combustible usado en la cocina (kerosene, carbón o leña) y/o para iluminar la vivienda (kerosene, petróleo, gas o vela).
- Niños en el hogar ($niñ_i$): Indica el número de niños presentes en cada hogar, entendiéndose por niño a aquellos que tienen entre 0 y 10 años de edad. El indicador adopta el valor "1" si no existen personas que cumplan con la característica, "2" si existe al menos uno y "3" si es más de uno.

- Ancianos en el hogar (anc_i): Establece el número de personas adultas de 60 años a más presentes en cada hogar. El indicador adopta el valor "1" si no existen personas que cumplan con la característica, "2" si existe al menos uno y "3" si es más de uno.
- Enfermos crónicos en el hogar (CC_i): El indicador muestra el número de miembros del hogar que padecen de alguna enfermedad o dolencia crónica. El indicador adopta el valor "1" si no existen personas que cumplan con la característica, "2" si existe al menos uno y "3" si es más de uno.
- Mujeres en edad fértil ($fertil_i$): Presenta el número de mujeres en el hogar de entre 15 y 45 años de edad (en años cumplidos), es decir, en edad fértil. El indicador adopta el valor "1" si no existen personas que cumplan con la característica, "2" si existe al menos uno y "3" si es más de uno.
- Educación del jefe de hogar ($jeduc_i$): Sigue la siguiente estructura: "1" sin instrucción o solo inicial; "2" hasta estudios de primaria; "3" hasta estudios de secundaria"; "4" estudios técnicos y "5" estudios universitarios.
- Sexo del jefe del hogar (sex_i): El indicador establece la proporción de hogares en la población de estudio, cuyo jefe de hogar es de sexo femenino.
- Edad del jefe del hogar ($edad_i$): Presenta la edad del cabeza de familia por rangos en años cumplidos: "1" hasta 25 años de edad; "2" de 25 a 39 años de edad; "3" de 40 a 59 años y "5" de 60 años a más. Cabría esperar que los años constituyan una aproximación a la experiencia del jefe de hogar; en ese sentido, la pertenencia a rangos etarios superiores debiera relacionarse con un uso más eficiente de sus conocimientos y de los recursos disponibles para hacer frente a situaciones imprevistas como lo supone un gasto de bolsillo en salud.

- Seguro social de salud (SS_i): Establece si al menos uno de los integrantes del hogar está afiliado a un seguro de salud de financiamiento público (EsSalud o el Sistema Integral de Salud).
- Seguro privado de salud (SP_i): El indicador establece si al menos uno de los integrantes del hogar está afiliado a un seguro médico privado (EPS, seguro privado, seguro médico de las FF. AA., seguro escolar privado, seguro universitario u otro).
- Características de la vivienda (viv_i): Las características físicas de la vivienda se miden a través de la calidad del material de construcción empleado en las paredes y muros exteriores. "0" Buena calidad y "1" Mala calidad.
- Tipo de acceso al agua potable ($agua_i$): Mide la calidad en el tipo de acceso a agua potable disponible en la vivienda. "0" Buena calidad y "1" Mala calidad.
- Disponibilidad de servicios higiénicos adecuados ($saneam_i$): El indicador determina la calidad de los servicios higiénicos disponibles en el hogar. "0" Buena calidad y "1" Mala calidad.
- Condición económica del hogar ($econ_i$): Se refiere al estatus económico del hogar en términos de su pertenencia a un determinado quintil de ingresos.
- Número de integrantes del hogar ($miehog_i$): El indicador toma valores entre uno (1) y seis (6), donde uno representa las viviendas con un solo residente y seis aquellas unidades que poseen de seis a más personas.

7. MÉTODO DE ESTIMACIÓN

La función de gasto (1.9) puede expresarse en términos matriciales de la siguiente manera:

$$E[Y_i/X] = X_i' \beta + \mu_i$$

Donde:

$$E[Y_i/X] = E[Gsalud_i/X_i, Gsalud_i > 0]$$

$$\begin{aligned} X_i' \beta = & \alpha_{0i} + \alpha_{1i}Ps_i + \alpha_{2i}e_{ext_i} + \alpha_{3i}e_{int_i} + \alpha_{4i}niñ_i + \alpha_{5i}anc_i + \alpha_{6i}CC_i + \\ & \alpha_{7i}fertil_i + \alpha_{8i}jeduc_i + \alpha_{9i}sex_i + \alpha_{10i}edad_i + \alpha_{11i}SP_i + \alpha_{12i}SS_i + \alpha_{13i}viv_i + \\ & \alpha_{14i}econ_i + \alpha_{15i}miehog_i + \beta_{1i}dum_ciud_i + \beta_{2i}a07_i + \beta_{1i}a08_i \end{aligned}$$

Bajo los supuestos:

$$Cov(\mu_i, X_i) = 0$$

$$E(\mu_i/X_i) = 0$$

$$E(\mu_i' X_i) = 0$$

La ecuación anterior muestra la carga del gasto en salud como una función lineal en sus parámetros que depende de factores económicos, sociales y medio ambientales. La especificación toma en cuenta, además, que la variable $Gsalud_i$ es una variable que proviene de un proceso de selección aleatorio, por lo que el interés se encuentra en estimar su valor esperado condicional al conjunto de los regresores X_i (estocásticos) que son todos observables. Adicionalmente, nuestro modelo incluirá una variable *dummy* para controlar el efecto de la ubicación geográfica de la unidad doméstica en la zona de monitoreo con mayor concentración poblacional (Lima Ciudad) y dos más para controlar el efecto del periodo al que pertenece la observación.¹⁷

¹⁷ Con el propósito de conseguir una mayor capacidad explicativa a partir de los datos disponibles, las variables cualitativas han sido tratadas como "variables factor" anteponiendo el sufijo "i." a cada variable en la programación de STATA.

Nótese el hecho de que, al tratarse de un modelo de regresores estocásticos, se toma por supuesto que el término de error es independiente de cualquier variable explicativa, lo que implica, a su vez, que tiene media condicional igual a cero. Bajo esta condición, se cumpliría que la forma funcional de la variable de interés —el valor esperado de la media condicional— estaría correctamente especificado. El supuesto de independencia entre el error y los regresores se verificará descartando la posibilidad de que exista una relación de *endogeneidad* entre los regresores. Para ello, se aplicarán pruebas de multicolinealidad y de especificación al modelo propuesto.¹⁸

La tarea de estimar el gasto en salud resulta conceptualmente compleja debido a la naturaleza de este indicador. En general, el gasto de un agente económico puede ser conceptualizado como una variable continua que adopta valores estrictamente positivos incluyendo el cero. En tal situación, no sería raro encontrar que, al resolver el problema de optimización, la solución óptima para varios agentes sea precisamente el tomar un consumo nulo durante un determinado periodo. Wooldridge (2001) denomina a esta clase de variable respuesta un resultado “*Corner Solution*” o de solución de esquina y vendría a ser un caso particular de variable censurada. En la literatura económica, los modelos de variable censurada se aplican cuando la variable dependiente en una regresión lineal es continua pero observada únicamente dentro de un determinado intervalo. En el caso de las aplicaciones *Corner Solution*, lo importante no es si los datos son observables o no; lo que interesa son las características de la distribución de la variable dependiente dado un determinado conjunto de regresores.¹⁹

¹⁸ En términos estrictos, para descartar que exista una correlación entre el término de error y cualquiera de los regresores, se deben comprobar las tres causas principales de este problema: variables omitidas, simultaneidad y errores de medición en los regresores elegidos. Para mayor detalle, véase Wooldridge (2001).

¹⁹ En la regresión de variable dependiente censurada, el interés se encuentra en estimar $E[Y_i^*/X_i]$. Sin embargo, en una aplicación *Corner Solution*, lo que nos interesa es $E[Y_i/X_i, Y_i > 0]$. En otras palabras, el modelo de *Corner Solution* no enfatiza el análisis de la variable latente Y_i^* , sino el análisis de la variable observada Y_i . Para mayor referencia, véase Wooldridge (2001), y Cameron y Trivedi (2009).

Cabe destacar que, cuando existe cualquier tipo de censura en la variable dependiente, los parámetros estimados mediante la metodología convencional de regresión lineal son inconsistentes. Ello se debe, en principio, a que la muestra censurada no es representativa de la población. Adicionalmente, cuando se trata de modelos *Corner Solution*, la estimación de $E[Y_i/X_i, Y_i > 0]$ no es lineal en el vector X debido a que $Y_i \geq 0$.²⁰

La metodología de regresión *Hurdle* es una alternativa interesante para los modelos de variable censurada. En este caso, el modelo asume que los valores que constituyen la solución de esquina para la variable dependiente (cero) y aquellos considerados como "válidos" para la regresión (positivos y diferentes de cero) se generan a partir de distintos procesos probabilísticos independientes entre sí (Wooldridge, 2001; McDowell, 2003; Archer y Lemeshow, 2006). La ventaja adicional de este procedimiento es que relaja los supuestos de normalidad y de varianza constante que son esenciales para otros procedimientos como la estimación Tobit.

La metodología *Hurdle* consiste en una estimación de dos partes o etapas bajo el supuesto de independencia entre ambas. En la primera etapa, usualmente se emplea una metodología de estimación binaria con el objetivo de estimar la probabilidad de que ocurra un resultado positivo o uno de solución de esquina; es decir, en esta etapa se determina $P(Gsalud_i > 0)$. Mientras tanto, en la segunda etapa, se utiliza una regresión lineal para determinar la magnitud tomada por la variable de interés, condicionada al resultado $Gsalud_i > 0$; es decir, se estima $E[Gsalud_i / Gsalud_i > 0]$.²¹

8. RESULTADOS

Efectos marginales de la primera etapa

Cuando se trabaja con modelos de regresión no lineales, el coeficiente de impacto estimado no es una aproximación correcta para calcular el efecto

²⁰ WOOLDRIDGE, Jeffrey. *Op. cit.* p. 518-519.

²¹ WOOLDRIDGE, Jeffrey. *Op. cit.* p. 536-538.

de la variación en un regresor X_i sobre la media condicional $E[Y/X]$. En el caso particular de la regresión logística, el efecto marginal sobre la probabilidad de interés que deviene del cambio en los regresores (*ceteris paribus*) se calcula de la manera siguiente:

$$\frac{\partial[\text{Pr}(Y=1/X)]}{\partial X_i} = F(X'B)[1 - F(X'B)]B_i$$

$$\text{Donde: } F(X'B) = \left[\frac{\exp(x'B)}{(1+\exp(x'B))} \right]$$

Cameron y Trivedi (2009) sugieren que el análisis de los efectos marginales para el caso de estimaciones no lineales debe realizarse en base a una simulación, tomando como referencia un hogar representativo. Para nuestro caso, el hogar de referencia tendrá las siguientes características:²²

- Nivel de exposición a emisiones tóxicas en el exterior es el mínimo registrado para el periodo ($e_{ext_i} = 12.615 \mu\text{g}/\text{m}^3$);
- Riesgo de exposición a contaminación de interiores es bajo ($e_{int_i} = 0$);
- Enfrenta el precio promedio para el periodo de las medicinas y la atención médica ($psalud_1 = 114.9$);
- No cuenta entre sus miembros con niños de 0 a 10 años de edad, personas mayores de 59 años, pacientes con dolencias crónicas o con mujeres en edad fértil ($niñ_i = 1, anc_i = 1, CC_i = 1, fertil_i = 1$);
- El jefe de hogar posee un nivel de formación básico ($jeduc_i = 1$), es de sexo masculino ($sex_i = 0$) y su edad se estima no supera los 25 años cumplidos ($edad_i = 1$);
- Ninguno de los miembros del hogar tiene acceso a un seguro de salud público ($SS_i = 0$) o privado ($SP_i = 0$);
- Los materiales de construcción de la vivienda son de buena calidad ($viv_i = 0$), la casa tiene conexión a la red pública de agua potable al interior de la vivienda o edificio ($agua_i = 0$) y los servicios higiénicos también están conectados a la red pública ($saneam_i = 0$);

²² El cálculo del efecto marginal evaluado en un valor representativo de \hat{X}_i equivale a calcular $F(\hat{X}'\hat{B})[1 - F(\hat{X}'\hat{B})]\hat{B}_i$. Cabe señalar que los resultados se expresan en unidades de probabilidad.

- El hogar está compuesto por dos integrantes ($miehog_i = 2$);
- El hogar reside fuera de la zona de monitoreo correspondiente a Lima Ciudad ($dum_ciud_i = 0$).

La tabla N° 4 muestra los efectos marginales de la estimación logística usada en el modelo *Hurdle*. Para un hogar que posee las características de referencia anteriormente señaladas, se observa que la calidad del aire es un factor con influencia estadísticamente relevante sobre la probabilidad de interés. De manera más precisa, se estima que la calidad del aire en interiores de la vivienda incrementa la probabilidad de que se realice un gasto de bolsillo en 10.3 puntos porcentuales. Es decir, si la probabilidad de que la población de interés registre un gasto de bolsillo es igual a 0.74 —el promedio de $Gsalud_i$ para el periodo—, esta probabilidad se incrementará en 14% (0.84) por efecto de la contaminación en interiores.²³

Tabla N° 4: Estimación *Hurdle* – Primera Etapa: Efectos marginales

Metodología de regresión					Hurdle 1: Logistic				
Variable dependiente					Gsaludi [0;1]				
Periodo					2007-2009				
Variable	dy/dx	Desv. Est.	t-Statistic	Valor de referencia	Variable	dy/dx	Desv. Est.	t-Statistic	Valor de referencia
psalud	0.0532	0.0112	4.76	114.9	i.edad				1
i.e_int	0.1028	0.0247	4.17	0	2	-0.1055	0.0444	-2.38	
e_ext	0.0008	0.0004	2.16	12.6	3	-0.1453	0.0436	-3.34	
i.niñ				1	4	-0.2168	0.0552	-3.92	
2	0.0402	0.0218	1.85		i.ss	-0.0851	0.0181	-4.69	0
3	0.0202	0.0301	0.67		i.SP	-0.0647	0.0206	-3.15	0
i.anc				1	i.muros	0.0519	0.0205	2.53	0
2	0.1017	0.0408	2.49		i.agua	-0.0384	0.0408	-0.94	0
3	0.0601	0.0504	1.19		i.saneam	0.0342	0.0411	0.83	0
i.CC				1	i.econ				1
2	0.2087	0.0208	10.05		2	0.031	0.025	1.230	
3	0.2923	0.0326	8.98		3	0.061	0.028	2.200	
i.fertil				1	4	0.064	0.030	2.160	
2	0.0138	0.0265	0.52		5	0.087	0.033	2.620	
3	0.0555	0.0335	1.66		i.miehog				2
i.jeduc				1	2	0.1587	0.0329	4.83	
2	-0.0730	0.0617	-1.18		3	0.2672	0.0337	7.94	
3	-0.0812	0.0633	-1.28		4	0.3346	0.0339	9.87	
4	-0.0948	0.0678	-1.40		5	0.3751	0.0388	9.65	
5	-0.1296	0.0663	-2.00		6	0.4348	0.0416	10.44	
1.sexo1	0.0515	0.0206	2.51	0	i.dum_ciud	-0.0443	0.0288	-1.54	0
					i.a07	0.2348	0.0603	3.89	0
					i.a08	0.1143	0.0385	2.97	0

Nota: En caso de las variables cualitativas, dy/dx refleja cambios discretos respecto a la categoría base.

Fuente: Elaboración propia. En base a ENAHO, DIGESA e INEI.

²³ En adelante y por simplicidad, presentaremos todos los resultados correspondientes a esta primera etapa en términos de variaciones porcentuales respecto a la probabilidad promedio de la variable $Gsalud_i$ (0.74).

En el caso de la calidad del aire en exteriores, se aprecia que, si bien esta es significativa, su efecto sobre la probabilidad de que se reporte un gasto de bolsillo es un incremento de apenas 0.001 puntos porcentuales. El reducido impacto de esta variable sería consecuencia del tiempo de permanencia de las personas en los ambientes susceptibles de ser afectados por este tipo de contaminación, a saber, el área en la que se ubica la residencia familiar o, en este caso, el distrito. El riesgo de exposición a la contaminación del aire en el exterior varía según factores como la concentración del parque automotor a lo largo del día, el flujo de vientos predominantes en la zona y el tiempo de permanencia en el área de influencia afectada. Sin embargo, en la práctica, una persona no suele permanecer las 24 horas del día en su área de residencia; continuamente, se mueve hacia su centro de trabajo o de estudios (lo que en la ciudad de Lima suele implicar moverse de un distrito a otro) y entran en contacto con distintos niveles de contaminación exterior diferentes a los que afectan el distrito en el que residen.

Entre las otras características que afectan la vulnerabilidad del hogar en términos de salud, podemos indicar su condición socioeconómica, las características físicas de la residencia familiar y el número de personas que conforman el hogar. En primer lugar, los resultados demuestran incrementos sucesivos de 8%, 9% y 12% (6.1 puntos porcentuales, 6.4 puntos porcentuales y 8.7 puntos porcentuales, respectivamente) en la probabilidad de ocurrencia de un gasto de bolsillo si la familia asciende desde el tercer quintil de ingresos promedios hacia el quintil superior. Es decir, se esperaría que los hogares de mayores ingresos o, lo que es lo mismo, los hogares de mayor capacidad adquisitiva tengan una mayor disposición a hacerse cargo de manera efectiva de alguna necesidad de salud que surja entre sus miembros. Del mismo modo, se estima que la probabilidad de interés puede incrementarse en 7% (5.6 puntos porcentuales) si los materiales de construcción empleados en los muros de la vivienda son de mala calidad, un efecto que parecería estar asociado también con el estatus económico de la unidad familiar. Llama la atención, sin embargo, la falta de relevancia estadística para el caso de las variables *agua_i* y *saneam_i*. No obstante, como veremos más adelante en esta sección,

estos indicadores adquieren importancia cuando se analiza el impacto en la proporción del gasto de bolsillo en salud.

En tercer lugar, se estima que la probabilidad de que se reporte un gasto de bolsillo varía de 22% a 59% (de 16 a 38 puntos porcentuales) según el número de integrantes del hogar varíe de 1 a 6 personas. Se trataría este de un resultado plausible si tomamos en cuenta que a mayor número de personas también se incrementa el riesgo de que alguno de ellos experimente algún malestar, dolencia enfermedad o recaída que afecte su salud.

Es de señalar, también, el efecto que corresponde a la presencia de grupos etarios de riesgo dentro del hogar: niños, ancianos y mujeres en edad fértil. Para el periodo y la población de estudio, no se observa que la presencia de niños o de mujeres en edad fértil constituya factores de riesgo para la probabilidad de que se reporte un gasto de bolsillo en salud en el hogar. Únicamente, la presencia de al menos un adulto mayor en el hogar parecería tener algún efecto sobre la probabilidad de interés —un incremento de 14%. No obstante, en este punto, es necesario recordar que el gasto de bolsillo se refiere a aquella proporción de los gastos médicos que realiza el hogar que no es cubierta por algún tipo de aseguramiento de salud. Frente a ello, se aprecia que la facilidad de acceder a los servicios de un seguro médico representa un alivio para el presupuesto familiar toda vez que la disponibilidad de aseguramiento de salud reduce la probabilidad de realizar un desembolso directo de recursos económicos en 12% (8.5 puntos porcentuales) para el caso del aseguramiento público y 9% (6.5 puntos porcentuales) para el privado. En este caso, es de suponerse que el efecto más importante del seguro social respecto al seguro privado se debe a un tema de restricciones en el acceso antes que a calidad y/o eficiencia de los servicios médicos prestados (en el año 2009, 69% de los hogares pertenecientes a la muestra reportaron estar afiliados al seguro de salud público, frente a un 23% que tenía acceso al aseguramiento privado).

Otro grupo relevante lo constituyen aquellas personas dentro de la familia que padecen de alguna condición de salud crónica. Para estos individuos, se

estima un incremento de entre 28% a 40% (entre 20 a 29 puntos porcentuales) en la probabilidad de que se reporte un gasto en salud dependiendo del número de personas en el hogar que presenten dicha característica.

En lo que respecta a las características del jefe de hogar, se distingue la importancia del nivel educativo en el caso que este sea superior universitario. En tal caso, se aprecia que la educación se asocia con una importante reducción en el riesgo de que el hogar deba correr con un gasto repentino en salud (una caída de 18% o 13 puntos porcentuales). Esta reducción podría estar asociada, en primer término, a los retornos económicos que posee la inversión en capital humano con la consecuente mejora de los niveles y calidad de vida —acceso a seguros privados de salud y/o atenciones médicas preventivas— y, en segundo lugar, podría reflejar también un uso más eficiente de los recursos disponibles en la producción doméstica del *commodity* “buena salud” —ejercicios regulares, estilos de vida saludables, dietas, etc.

Finalmente, otros resultados interesantes muestran un incremento de 7% (5.2 puntos porcentuales) en la probabilidad de que el hogar incurra en un gasto en salud si es que el cabeza de familia es una mujer y un efecto negativo si el jefe de hogar pertenece a grupos etarios superiores.

Tabla N° 5: Variaciones porcentuales en la probabilidad que se reporte un Gasto de Bolsillo en el hogar

Variable	Variación de Pr(dY)	Variable	Variación de Pr(dY)
psalud	7%	1.sexo1	7%
i.e_int	14%	i.SS	-12%
e_ext	0%	i.SP	-9%
i.niñ		i.muros	7%
2	--	i.agua	--
3	--	i.saneam	--
i.anc		i.econ	
2	14%	2	--
3	--	3	8%
i.CC		4	9%
2	28%	5	12%
3	40%	i.miehog	
i.fertil		2	22%
2	--	3	36%
3	--	4	45%
i.jeduc		5	51%
2	--	6	59%
3	--	i.dum_ciud	--
4	--	i.a07	32%
5	-18%	i.a08	16%
i.edad		Pr(dy)=0.73585	
2	-14%		
3	-20%		
4	-29%		

Fuente: Elaboración propia. En base a ENAHO, DIGESA e INEI.

– Efectos marginales de la segunda etapa

Siguiendo adelante, la segunda etapa de estimación del modelo *Hurdle* permite analizar con mayor profundidad las variaciones relativas de la proporción del gasto familiar que se destina a cuidados médicos durante el periodo de referencia. Con este objetivo, no se ha de perder de vista que, al trabajar con una formulación *semilogarítmica*, los coeficientes de impacto marginal estimados en esta fase reflejan la tasa de crecimiento de la variable de interés; es decir, se estima la tasa porcentual a la que varía la

proporción del gasto en salud debido a un cambio unitario en alguno de los regresores considerados manteniendo las demás variables constantes.²⁴

Tabla N° 6: Estimación *Hurdle* – Segunda Etapa: Efectos marginales

Metodología de regresión				Hurdle 2: Regress			
Variable dependiente				ln Gsaludi			
Sub población				Gsaludi > 0			
Periodo				2007-2009			
Variable	[dy/dx][1/y]	Desv. Est.	t-Statistic	Variable	[dy/dx][1/y]	Desv. Est.	t-Statistic
psalud	0.026	0.009	2.88	edad			
i.e_int	0.194	0.049	3.96	2	--	--	--
e_ext	--	--	--	3	--	--	--
i.niñ				4	--	--	--
2	0.256	0.050	5.17	i.SS	--	--	--
3	0.433	0.065	6.63	i.SP	--	--	--
i.anc				i.muros	--	--	--
2	0.078	0.054	1.44	i.agua	-0.238	0.087	-2.73
3	0.356	0.068	5.22	i.saneam	0.198	0.088	2.26
i.CC				i.econ			
2	0.360	0.051	7.06	2	--	--	--
3	0.708	0.053	13.40	3	-0.148	0.067	-2.20
i.fertil				4	-0.196	0.073	-2.67
2	--	--	--	5	-0.328	0.080	-4.10
3	--	--	--	i.miehog			
i.jeduc				2	-0.254	0.122	-2.09
2	--	--	--	3	-0.296	0.110	-2.68
3	--	--	--	4	-0.494	0.111	-4.43
4	--	--	--	5	-0.585	0.115	-5.09
5	-0.356	0.149	-2.39	6	-0.655	0.124	-5.31
i.sexo	--	--	--	i.dum_ciud	--	--	--
i.a07	--	--	--	constante	-6.288	1.056	-5.95
i.a08	--	--	--				

Nota: [dy/dx][1/y] estima la semielasticidad de y respecto a x. En el caso de las variables cualitativas, refleja cambios discretos respecto a la categoría base.

Fuente: Elaboración propia. En base a ENAHO, DIGESA e INEI.

Para el caso particular de los modelos LOG-LIN, Cameron y Trivedi (2009) demuestran que los coeficientes de impacto estimados en la Tabla N° 6 deben interpretarse mediante la siguiente metodología:

²⁴ Por medio de un sencillo ejercicio de diferenciación matemática, es posible demostrar que los coeficientes estimados en la segunda etapa del modelo *Hurdle* $[d(\ln y)/dx]$ equivalen a $[dy/dx][1/y]$; es decir, la pendiente mide la *semielasticidad* o el cambio proporcional en la variable de interés para un cambio absoluto en x.

Ya que: $E[Y_i/X] = \exp(X_i'\beta + \mu_i)$

El efecto marginal o semielasticidad de una variación unitaria en X_i sería de la forma:

$$\text{Efecto Marginal} = \exp(X_i'\beta + \beta_j) - \exp(X_i'\beta) = \exp(X_i'\beta) * [\exp(\beta_j) - 1]$$

$$\text{Efecto Marginal} = E[Y_i/X] * [\exp(\beta_j) - 1]$$

Expresado en palabras, la expresión anterior demuestra que las variaciones unitarias en los regresores llevarían a un incremento proporcional en la variable de interés igual a $[\exp(\beta_j) - 1] \times 100$.

Tabla N° 7: Incremento proporcional en la variable de interés

Variable	$[\exp(\beta_j)-1]*100$	Variable	$[\exp(\beta_j)-1]*100$
psalud	2.62%	edad	
i.e_int	21.35%	2	--
e_ext	--	3	--
i.niñ		4	--
2	29.18%	i.SS	--
3	54.11%	i.SP	--
i.anc		i.mueros	--
2	8.13%	i.agua	-21.18%
3	42.71%	i.saneam	21.95%
i.CC		i.econ	
2	43.37%	2	--
3	102.98%	3	-13.78%
i.fertil		4	-17.82%
2	--	5	-27.95%
3	--	i.miehog	
i.jeduc		2	-22.43%
2	--	3	-25.64%
3	--	4	-38.95%
4	--	5	-44.26%
5	-29.95%	6	-48.08%
i.sexo	--	i.dum_ciud	--
i.a07	--	constante	-99.81%
i.a08	--	$\ln Y = (X'B) + u$	

Fuente: Elaboración propia.

Según se muestra en la Tabla N° 7, la exposición a la contaminación del aire en interiores ocasionaría que la proporción del gasto privado en salud se incremente en promedio 21%. En otras palabras, un hogar con un gasto de bolsillo equivalente al 50% de su gasto total puede sumar a esta proporción de gasto hasta 11 puntos porcentuales debido al efecto de la mala calidad del aire al interior de su vivienda. Por otro lado, no se observa una relevancia estadísticamente significativa para el efecto de la calidad del aire exterior sobre la variable dependiente. Esta diferencia se debe probablemente a la exposición más directa que suponen las emisiones tóxicas que afectan el aire en el interior de la vivienda familiar. Dosis elevadas de concentración de gases tóxicos son más significativas en términos de salud cuando se registran en ambientes cerrados en los que la familia se desenvuelve de manera cotidiana.

Por el lado económico, se observa que la carga del gasto de bolsillo responde de manera positiva ante incrementos en el índice de precios para medicinas y servicios de atención médica. En este caso, un aumento unitario en el índice de precios de los productos de atención a la salud incrementa la proporción del gasto de bolsillo en aproximadamente 3%. Correspondientemente, el estatus económico de la familia es un factor que también incide de manera significativa sobre la proporción del gasto en salud. Según se aprecia, a medida que la unidad familiar se ubica en un quintil de ingresos más alto, la participación del gasto de bolsillo en salud dentro del gasto total se reduce en una tasa proporcional para los quintiles tercero (-13.8%), cuarto (-17.8%) y quinto (-28%).

De otra parte, los resultados presentados muestran también que el mayor número de niños, de personas ancianas y de personas en el hogar que padecen enfermedades crónicas son factores que se asocian positivamente con un incremento de la proporción del gasto familiar en salud. En estos casos, se estiman tasas de crecimiento medio de 54%, 43% y 103%, respectivamente, para los hogares que presentaron dos o más individuos en posesión de la característica de interés. Este resultado es razonable si se tiene en cuenta que se trata de grupos particularmente sensibles en

términos de salud y que requieren, por tanto, de una atención médica más frecuente y de calidad más compleja.

Es de destacar el hecho que la disponibilidad de acceso a un seguro de salud (público o privado) no presenta una incidencia significativa en términos de ahorro en gastos médicos. Esto resulta razonable si se tiene en cuenta que la naturaleza de los gastos de bolsillo es el desembolso monetario neto que no es cubierto por ningún tipo de seguro de salud.

Asimismo, resulta interesante notar el efecto de los indicadores de acceso a agua potable y a servicios de saneamiento en la vivienda familiar o en el edificio de residencia. En el primer caso, la ausencia de conexión a la red pública de agua potable ocasionaría una reducción aproximada de 21% en la proporción de gastos familiares en salud, mientras que, por otro lado, la falta de conexión a la red de saneamiento público vendría a asociarse con un incremento estimado de 22% en el mismo rubro. Si bien a primera vista el resultado para la variable *agua_i* parece contraintuitivo, su comprensión requiere profundizar en el análisis de la naturaleza de este indicador. Para la población de estudio, se tiene que alrededor del 52% de los hogares encuestados que no cuentan con una conexión adecuada a la red pública de agua potable adquieren el agua que necesitan para su uso cotidiano a través de su compra a camiones cisternas. Es decir, la falta de acceso al agua se traduce en un desembolso monetario que restringe el presupuesto familiar disponible para otros rubros de gasto, como, potencialmente, emergencias de salud. Caso contrario ocurre con la ausencia de servicios higiénicos adecuados en la vivienda; en estos casos, las alternativas presentadas al hogar —pozo séptico, letrinas, etc.— no implican el gasto de recursos para satisfacer dicha necesidad.

Finalmente, es posible apreciar un efecto importante a partir del nivel de educación reportado por el jefe de hogar. Según se muestra, alcanzar un nivel de formación universitario permite que la participación del gasto en salud se reduzca en 30%. Tal como se ha anotado en la sección previa, la relación inversa entre el nivel de educación y la proporción del gasto de bolsillo condice con la teoría de Grossman (1972) que afirma que la

educación es un determinante de la eficiencia doméstica en la producción de salud.

9. VALORACIÓN MONETARIA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LIMA METROPOLITANA

A partir de los resultados obtenidos, podemos estimar el valor monetario del cambio en el bienestar familiar —medido por medio de la variación de los gastos de bolsillo en salud— que resulta del deterioro de la calidad atmosférica. Primeramente, la Tabla N° 8 resume los hallazgos de la segunda etapa del modelo *Hurdle*; el recuadro muestra el efecto de la contaminación del aire (interior) sobre la proporción del gasto familiar que es empleada como gasto de bolsillo o gasto médico. Según se observa, la contaminación atmosférica es responsable de un incremento de aproximadamente 21% en la proporción del gasto en salud familiar.

Tabla N° 8: Efecto del nivel de contaminación (interior) del aire sobre la proporción del gasto familiar ocupada en salud

Variable	$[dy/dx][1/y]$
e_int	21.35%

Fuente: Elaboración propia.

No obstante, debemos recordar que este tipo de contaminación sólo está presente en una proporción de los hogares limeños. Según se observa en la Tabla N° 9, aproximadamente el 18% de los hogares considerados en la población de interés (poco más de 308 mil familias) está expuesto a algún tipo de fuente contaminante del aire de interiores. De este total, únicamente 255 mil familias reportaron haber realizado algún gasto de bolsillo durante el periodo de análisis. De tal modo, considerando esta fracción de la población de hogares (255 mil) y utilizando el coeficiente de impacto de la Tabla N° 8, resulta fácil calcular la reducción de G_{salud}_i que se daría como consecuencia de una “mejora” en la calidad del aire.

Tabla N° 9: Hogares expuestos a contaminación de interiores

Exposición a Cont. Interior	¿Realizó un gasto en salud?		
	No	Sí	total
No	396,986	996,720	1,393,877
Sí	52,602	255,862	308,464
Total	449,758	1,252,582	1,702,341

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 10, se muestra la distribución del gasto promedio en salud, expresado en nuevos soles, para aquellas familias que efectivamente reportaron algún gasto de bolsillo durante el periodo de análisis y además estuvieron expuestas a contaminación del aire en interiores de su vivienda (15% de la población de interés). Nótese que se han establecido umbrales "arbitrarios" para la variable G_{salud}_i con un propósito meramente analítico. De tal modo, a los hogares que reportaron una proporción de gasto en salud positiva pero menor al 30% de la capacidad de pago neto del hogar corresponde un gasto promedio en salud de S/. 87.5 por mes. Del mismo modo, para las familias con una proporción de gasto en salud de entre 30% y 50% de su capacidad neta de pago, se tiene un gasto mensual promedio de S/. 462.8 y así sucesivamente. Asimismo, se muestra también el número de familias que se ubican dentro de cada uno de estos intervalos. Tal como se observa, la mayor proporción se concentra en el rango que reportó gastos menores al 30% de su capacidad neta de pago. Al mismo tiempo, casi 10 mil hogares han experimentado gastos en salud que han superado este umbral durante periodo de referencia.

Tabla N° 10: Gasto promedio en salud según intervalo de $Gsalud_i$

Gsalud (rangos)		Gasto Promedio (Nuevos Soles)		Desv. Estd.	Hogares (miles)
0.00	0.30	S/.	87.5	4.0	246.2
0.30	0.50	S/.	462.8	67.5	7.2
0.50	0.70	S/.	1,103.1	188.9	1.2
0.70	más	S/.	1,944.5	305.4	1.3

Gsalud (rangos)		Gasto Promedio (Nuevos Soles)		Desv. Estd.	Hogares (miles)
0.00	0.24	S/.	83.4	3.8	242.4
0.24	0.39	S/.	356.4	31.0	8.7
0.39	0.55	S/.	682.6	140.2	2.6
0.55	más	S/.	1,628.4	256.3	2.2

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el coeficiente de impacto de la Tabla N° 8 como tasa de "decrecimiento", es posible calcular nuevos rangos para la variable $Gsalud_i$ para la situación hipotética en que se reducen las emisiones tóxicas en ambientes interiores (un cambio en el indicador e_{int_i} de 1 a 0). El resultado de este ejercicio se presenta en el segundo recuadro de la Tabla N° 10; en ella, los nuevos rangos para $Gsalud_i$ representan el comportamiento del gasto de bolsillo del hogar "neto" del efecto de la baja calidad atmosférica. En otras palabras, es el hipotético gasto privado en salud en la situación en la que no existe un impacto asociado a la contaminación aérea.

Con estas cifras, podemos calcular a continuación lo que sería el ahorro "potencial" en el gasto de bolsillo del hogar gracias a una mejora de los niveles de la calidad ambiental y a la variación en el número de hogares beneficiarios de esta mejora en el bienestar doméstico. La Tabla N° 11 resume este resultado de la manera siguiente: las dos primeras columnas muestran los rangos para la proporción del gasto en salud con y sin el efecto de la contaminación atmosférica; seguidamente, se tiene el ahorro monetario que resulta de comparar ambas situaciones para el mismo hogar;

a continuación, se muestra el número de usuarios que se beneficiarían por la reducción en los rangos de $Gsalud_i$ para cada intervalo de interés; finalmente, se calcula el valor monetario agregado del ahorro en el monto de gastos médicos.

Tabla N° 11: Ahorro de gastos en salud debido a la mejora de la calidad atmosférica en la Ciudad de Lima Metropolitana, por rango de $Gsalud_i$

Gsalud	Deducción	Ahorro (Nuevos Soles)	Antiguos usuarios Hogares (miles)	Valor monetario (Miles de soles)
0.30	0.24	S/. 4.2	246.2	S/. 1,024
0.50	0.39	S/. 106.3	7.2	S/. 762
0.70	0.55	S/. 420.6	1.2	S/. 490
0.7 a más	0.55 a más	S/. 316.0	1.3	S/. 418
Total				S/. 2,694

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia, el ahorro es más significativo para aquellos hogares que reportaron gastos en salud de tipo catastrófico —superiores al 30% de su capacidad neta de pago—. Si mantenemos constante el número de familias que corresponden originalmente a cada intervalo de gastos (situación base), podemos, a continuación, valorar monetariamente el ahorro generado para cada grupo. El resultado agregado indicaría un ahorro potencial cercano a los 2.6 millones de nuevos soles por mes.

10. CONCLUSIONES

El presente documento ha tenido por objetivo determinar en qué medida la contaminación atmosférica sería un factor de influencia relevante para la elección del gasto óptimo en salud del hogar. Los resultados obtenidos parecen destacar la importancia de la calidad del aire en los ambientes interiores de la residencia familiar como factor de riesgo para la salud —un incremento de 14% en la probabilidad que el hogar reporte un gasto en salud— y como determinante del aumento en la proporción del gasto de bolsillo dentro del presupuesto del hogar —un aumento de 21%—. En comparación, el nivel de la contaminación del aire en el exterior, aunque estadísticamente significativo, en términos relativos, no sería un factor de riesgo de marcado predominio en la elección de gasto en salud del hogar (un incremento de 0.001 puntos porcentuales en la probabilidad de que el hogar reporte un gasto de bolsillo). En términos monetarios, se estima que el daño ocasionado por el deterioro de la calidad del aire en la ciudad de Lima Metropolitana es responsable por un total aproximado de S/. 2.6 millones destinados de manera mensual a la adquisición de medicamentos y/o a la búsqueda de atención médica.

Una primera salvedad a tener en cuenta respecto a estos resultados es la precisión del gasto de bolsillo como variable indicadora de las reales necesidades de salud en el hogar. En principio, no existe ninguna razón para suponer, de manera estricta, que todos los hogares que han experimentado un evento de enfermedad de cualquier índole han tomado las medidas pertinentes para enfrentar esta necesidad (i. e. adquisición de medicinas y/o búsqueda de atención médica profesional). Por el contrario, evidencia internacional demuestra que el gasto reprimido en salud es una característica común particularmente en el caso de las economías en vías de desarrollo (OMS, 2004). Esta reacción se debería, entre otros factores, a la resistencia de la unidad familiar a incurrir en un gasto no previsto y que va en detrimento del presupuesto del hogar. De tal forma, podemos decir que los resultados obtenidos aplican para la demanda “efectiva” en salud, por lo que serían un tipo de subestimación del verdadero riesgo ambiental que suponen para la salud variables como la contaminación atmosférica.

En segundo lugar, el supuesto que las familias desconocen el nivel de contaminación al que se exponen en su zona de residencia podría ser poco plausible en el mediano plazo. Es decir, aun si la familia en cuestión apenas conoce las características de la zona en que reside, con el paso del tiempo, forzosamente, empezará a reconocer el área. Si a esto se añaden los problemas de salud acarreados por el factor ambiental, los hogares pueden entonces decidir reubicarse en áreas que poseen un aire de mejor calidad o invertir en atenciones médicas preventivas de forma regular.

En tercer lugar, podemos decir que, de manera estricta, los beneficios estimados (ahorro en gastos médicos de bolsillo) son beneficios indirectos que resultan de una mejora en la calidad ambiental; el beneficio directo de la reducción del nivel de contaminación del aire es el incremento en el número de días saludables de los que puede gozar una persona. Además de constituir una mejora en el bienestar y la calidad de vida de la población tal como lo ha anotado Grossman (1972), la mayor disponibilidad de días saludables implica una ganancia en tiempo que puede ser aprovechado para realizar actividades productivas dentro y fuera del hogar, y que son susceptibles también de generar beneficios monetarios. Dicha ganancia de bienestar no es contemplada por el presente análisis.

Es necesario señalar, además, la pobre calidad de la información disponible respecto al inventario de emisiones tóxicas para Lima Metropolitana. La falta de suficientes equipos de medición y la antigüedad de aquellos en existencia constituyen obstáculos de primera línea para la formulación de estudios e investigaciones respecto a la calidad del aire en nuestra ciudad capital. Se trata esta de una situación que resulta todavía más alarmante si se tiene en cuenta que la significancia estadística de un registro de emisiones posee una representatividad geográfica que se limita al área inmediata de medición (DIGESA, 2006). Cualquier medida de política, debe primero pasar por la inversión en equipos de monitoreo que cubran las reales necesidades de la ciudad, y permitan obtener información precisa y continua que sirva de fundamento a la formulación de políticas de salud ambiental. Asimismo, sería recomendable que futuras investigaciones respecto al tema dispongan de información relativa, por lo menos, a la

ubicación del centro laboral de los jefes de hogar. Ello permitiría capturar, con mayor precisión, el efecto de la contaminación exterior sobre la salud familiar tomando en cuenta la transición de los espacios en los que una persona se desenvuelve a lo largo del día.

Como nota final, cabe señalar que el estudio de la relación entre la contaminación atmosférica y el gasto de bolsillo en salud es una de muchas formas de abordar el análisis económico del cambio en la calidad ambiental. La ventaja del enfoque propuesto, en este caso, radica en su capacidad para otorgar un valor económico a la contaminación atmosférica a partir de la percepción particular de un hogar representativo. Es decir, el cambio en la calidad ambiental adquiere una dimensión económica a través del daño percibido a la salud de los miembros del hogar y la elección óptima de los costos de inversión necesarios para recuperar el capital perdido. Al mismo tiempo, esta propuesta deja la pauta para futuras investigaciones que deberán retomar el análisis en una perspectiva dinámica antes que estática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACTON, Jan Paul. "Nonmonetary Factors in the Demand for Medical Services: Some Empirical Evidence". p. 595-614. EN: *The Journal of Political Economy*. Vol. 83. N° 3. The University of Chicago Press. 1975.

ARCHER, Kellie y Stanley LEMESHOW. "Goodness-of-fit test for a logistic regression model fitted using survey sample data". p. 97-105. EN: *The Stata Journal* 6. N° 1. 2006.

ARROW, Kenneth. "Uncertainty and the Welfare Economics of Medical Care", p. 941-973. EN: *The American Economic Review*. Vol. 53. N° 5. 1963.

AZQUETA, Diego. *Valoración económica de la calidad ambiental*. Madrid. McGraw-HILL/Interamericana de España S.A.U. 1994. 299p.

BECKER, Gary. "A Theory of the Allocation of Time". p. 493-517. EN: *The Economic Journal*. Vol. 75. N° 299. 1965.

BOLIN, Kristian y Otros. *The family as the health producer. When spouses act strategically*. Lund University. Lund. 2002. 23p.

BUTLER, J. S. y Otros. "Measurement error in self-reported health variables". p. 644-650. EN: *The Review of Economics and Statistics*. Vol. 69. N° 4. 1987.

CAMERON, Colin y Pravin, TRIVEDI. *Microeconometrics using STATA*. Texas. STATA Press. 2009. 692p.

CARDOSO, Clàudia. "Health economics or Health Care economics". p. 189-198. EN: *Polytechnical Studies Review*. Vol. VI. N° 10. 2008.

CEPAL y NACIONES UNIDAS. *Objetivos de Desarrollo del Milenio. La progresión hacia el derecho a la salud en América Latina y el Caribe*. 2008. 138p.

CONTE GRAND, Mariana. *Social benefits of reducing air pollution in the Buenos Aires Metropolitan area*. Buenos Aires. 1998. 12p.

CORTEZ, Rafael. *Impacto de los servicios públicos de salud sobre la productividad y la pobreza*. Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI. 2000. 32p.

CORTEZ, Rafael. *Salud y productividad en el Perú. Un análisis por género y por región*. Universidad del Pacífico y Yale University. Washington D.C. 1999. 45p.

CROPPER, Maureen y Wallace OATES. "Economía ambiental: Un balance". EN: *Hacia un nuevo Dorado. Economía de los recursos naturales*. Lima. 1997. 414p.

- CRUZ RIVERO, Carlos y Otros. "Gasto catastrófico en salud y elasticidades ingreso por tipo de gasto en servicios de salud en México". p. 51-73. EN: *Bienestar y política social*. Vol. 2. N° 1. 2006.
- CULYER A. J. "The nature of the commodity 'health care' and its efficient allocation". pp. 189-211. EN: *Oxford Economic Papers*, New Series. Vol. 23. N° 2. Oxford University Press. 1971.
- DEFENSORÍA DEL PUEBLO. *La calidad del aire en Lima y su impacto en la salud y la vida de sus habitantes*. Informe Defensorial N° 116. 2007. Lima. 82p.
- DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL (DIGESA). *Estudio de la calidad del aire en la ciudad de Lima Metropolitana 1996-2000*. Lima. 2000. 25p.
- DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL (DIGESA). *Resultados del inventario de emisiones de fuentes fijas. Cuenca atmosférica de la ciudad de Lima-Callao. Sub Programa Im-07 Proclim "Inventarios Locales De Gases Contaminantes"*. Lima. 2005. 40p.
- ESTRADA, Luis y Otros. "Gasto privado en salud de los hogares de Cartagena de Indias". p. 11-25. EN: *Revista Salud Pública*. 9 (1). 2007.
- FERREIRO CHAO, Antonio. "Metodologías de valoración de externalidades ambientales". EN: *Cuadernos de Ciencias Económicas y Empresariales*. N° 21. Málaga. Universidad de Málaga. 1991. 126p.
- FUCHS, VICTOR y Richard ZECKHAUSER. "Valuing Health. A "Priceless" Commodity". p. 263-268. EN: *The American Economic Review*. Vol. 77. N° 2. American Economic Association. 1987.
- FUCHS, Victor. "Reflections on the socio-economic correlates of health". p. 653-661. EN: *Journal of Health Economics*. Vol. 23. 2004.
- GALARZA, Elsa. *La economía de los recursos naturales*. Lima. Universidad del Pacífico Centro de Investigación. 2004. 291p.
- GALLEGO ACEVEDO, Juan Miguel. "Aspectos Teóricos sobre la Salud como un Determinante del Crecimiento Económico" EN: *Serie Documentos. Borradores de investigación N° 5*. Bogotá. Universidad del Rosario. 2000. 21p.
- GERKING, Shelby y Linda R. STANLEY. "Analysis of Air Pollution and Health: The Case of St. Louis". p. 115-121. EN: *The Review of Economics and Statistics*. Vol. 68. N° 1. 1986.
- GLAVE, Manuel y Rodrigo PIZARRO. "Valoración económica: Aproximación a un balance". EN: *Valoración económica de la diversidad biológica y servicios ambientales en el Perú*. Lima. INRENA. 2002. 474p.

- GLAVE, Manuel y Rosa MORALES. *Análisis institucional ambiental en el Perú*. CEA Perú 2005. Lima. 2006. 235p.
- GROSSMAN, Michael. "On the concept of health capital and the demand for health". pp. 223-255. EN: *Journal of Political Economy*. Vol. 80. N° 2. The University of Chicago Press. 1972.
- GUJARATI, Damodar. *Econometría*. 4ª ed. México DF. Mc Graw-Hill. 2003. 972p.
- HJORTSBERG, Catharina. *Determinants of household health care expenditure. The case of Zambia*. Lund University. Center for Health Economics. 2003. 19p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI). *Encuesta nacional de hogares sobre condiciones de vida y pobreza*. Base de datos. Lima. 2007-2009.
- JARABA GUAZO, Karina. *Métodos de valoración ambiental*. Cartagena de Indias. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2010. 91p.
- KARIMZADEGAN y Otros. "Economic valuation of air pollution health impacts in the Tehran area, Iran". p. 20-30. EN: *Iranian Journal of Public Health*. Vol. 37. N° 1. 2008.
- KORC, Marcelo. "La contaminación del aire". EN: *El medio ambiente en el Perú 2002*. Instituto Cuanto. Lima. 2003. 626p.
- LACY TAMAYO, Rodolfo y José PEDROZA SERRANO. *Red de Vigilancia de la Calidad del Aire: Lima-Callao*. Lima. 2000. 76p.
- LAMA MORE, Antonio. *Determinantes del Acceso a los Servicios de Salud en el Perú*. Lima. INEI. 2000.
(<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/est/lib0387/indice.htm>)
- LANCASTER, Kevin. "A new approach to consumer theory". p.132-157. EN: *The Journal of Political Economy*, Vol. 74. Joseph Hopkins University. 1966.
- MARGULIS, Sergio. *Back-of-the-envelope. Estimates of the environmental damage costs in Mexico*. World Bank. Policy Research Department. Public Economic Division. 1992. 26p.
- MCDOWELL, Allen. "From the help desk: Hurdle models". p. 178-184. EN: *The Stata Journal*. N° 2. STATA Corporation. 2003.
- MCKINLEY, Galen y Otros. *The Local Benefits of Global Air Pollution Control in Mexico City. Final Report of the Second Phase of the Integrated Environmental Strategies Program in Mexico*. 2003. 175p.
- MINISTERIO DE SALUD (MINSAL). *Determinantes sociales de la salud en el Perú. Cuadernos de promoción de la salud*. Lima. 2005. N° 17. 84p.

MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). *Compendio de legislación ambiental peruana*. 2010. Vol. 1 – 9.
(http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=426&Itemid=81)

MIRANDA, Juan José. *Impacto económico en la salud por contaminación del aire en lima metropolitana*. Lima. Instituto de Estudios Peruanos IEP. 2006. 38p.

MONTOYA, Zarela y Rigoberto DURAND. *Evaluación de la contaminación atmosférica en la zona metropolitana de Lima-Callao/Marzo 2006*. Lima. SENAMHI. 2006. 21p.

MURRAY, Christopher; MUSGROVE, Philip y Otros. *Defining and measuring fairness in financial contribution to the health system*. OMS. 38p.

MUSHKIN, Selma. "Health as an Investment". p. 129-157. EN: *The Journal of Political Economy*. Vol. 70. N° 5. Part 2: Investment in Human Beings. The University of Chicago Press. 1962.

NEIDELL, Matthew. "Air pollution, health, and socio-economic status: the effect of outdoor air quality on children asthma". p.1209-1236. EN: *Journal of Health Economics*. Vol. 23. 2004.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). *La salud y el ambiente en el desarrollo sostenible*. 2002. 283p.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). *The impact of health expenditure on households and options for alternative financing*. 2004. 17p.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). *Guías para la calidad del aire*. Lima. 2004. 213p.

ORTIZ QUEVEDO, Carlos y Otros. *Contaminación atmosférica y salud: Estimación de una función dosis-respuesta para Cali*. Cali. 1996. 21p.

OSTRO, Bart. *Estimating the health effect of air pollution. A method with an application to Jakarta*. World Bank. Policy Research Department. Public Economic Division. 1994. 70p.

PHELPS, Charles. *Health economics*. 4ª ed. Adison-Wesley. 2009. 640p.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). *Global Environmental Outlook (GEO)*. Lima. 2004.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). *Perspectivas del medio ambiente urbano: Geo Lima y Callao*. Lima. 2005. 238p.

RIDOUT, Martin y Otros. *Models for count data with many zeros*. International Biometric Conference. Cape Town. 1998. 13p.

ROSENZWEIG, Mark y Paul, SCHULTZ. "Estimating a household production function: Heterogeneity, the demand for health inputs, and their effects on birth weight". p. 723-746. EN: *Journal of Political Economy*. Vol. 91. N° 5. Universidad de Chicago. 1983.

SCHULTZ, Paul. "Health economics and applications in developing countries". p. 637-664. EN: *Journal of Health Economics*. Vol. 23. 2004.

SEINFELD, Janice. *Análisis económico de la salud. Apuntes de estudio N° 60*. Lima. Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. 2005. 205p.

STATA CORPORATION. *STATA Base reference manual*. Texas. STATA Press. 2009. 2117p.

TORRES, Ana Cristina y Felicia Marie KNAUL. "Determinantes del gasto de bolsillo en salud e implicaciones para el aseguramiento universal en México: 1992-2000". p. 209-225. EN: *Caleidoscopio de la salud*. Fundación Mexicana para la Salud A.C. 2003.
(<http://www.funsalud.org.mx/CASEsalud/caleidoscopio/librocaleido.htm> - Fundación Mexicana para la Salud).

VAILLANT, Richard. *Regression diagnostics for survey data*. Joint Program in Survey Methodology. University of Michigan. 32p.
(http://www.stata.com/meeting/dcconf09/dc09_valliant.pdf)

VARIAN, Hall. *Microeconomía Intermedia*. Un enfoque moderno. 5ª ed. Barcelona. Antoni Bosch. 1998. 726p.

VASQUEZ, Jessica y VARGAS Fredy. *Impacto económico de la contaminación atmosférica en el centro histórico de Lima. Una aplicación del método costo de la enfermedad*. Lima. 2000. 56p.

VERA LA TORRE, José Carlos. "El gasto de los hogares en salud 1997-1998. Lima". EN: *INEI*. 2000.
(<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/est/lib0034/INDICE.HTM>)

WEISBROD, Burton. "Investing in human capital". p. 5-21. EN: *The Journal of Human Resources*. Vol. 1. N° 1. University of Wisconsin Press. 1966.

WOOLDRIDGE, Jeffrey. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Londres. The MIT Press. 2001. 735p.

ANEXO

A. Colinealidad de las variables regresoras

Cuando una o más variables del modelo son el resultado de la combinación lineal de otros regresores, las estimaciones son inestables y los errores estándar de los coeficientes son mayores a los verdaderos. El análisis del factor de inflación de la varianza (VIF) nos permite poner a prueba el grado de multicolinealidad presente en el modelo. Como regla general, el valor calculado del VIF debe ser menor a 10, mientras que el de la inversa del VIF (tolerancia del modelo) debe ser mayor a 0.1. Como se observa en la Tabla A.1, no existe multicolinealidad evidente entre los regresores considerados.

Tabla A.1

Análisis de multicolinealidad de los regresores

Variable	VIF	VIF al cuadrado	Tolerancia	Tolerancia al cuadrado
psalud	7.15	2.67	0.140	0.860
e_int	1.17	1.08	0.853	0.147
e_ext	1.32	1.15	0.759	0.241
niñ	1.66	1.29	0.602	0.398
anc	1.93	1.39	0.518	0.482
CC	1.25	1.12	0.801	0.199
fertil	1.68	1.30	0.595	0.405
jeduc	1.41	1.19	0.707	0.293
sex	1.12	1.06	0.896	0.104
edad	2.13	1.46	0.469	0.532
SS	1.14	1.07	0.875	0.125
SP	1.28	1.13	0.784	0.216
muros	1.37	1.17	0.730	0.270
agua	3.38	1.84	0.296	0.704
saneam	3.46	1.86	0.289	0.711
econ	1.82	1.35	0.549	0.451
miehog	2.59	1.61	0.385	0.615
dum_ciud	9.30	3.05	0.108	0.893
a07	4.06	2.02	0.246	0.754
a08	1.33	1.15	0.750	0.250
VIF promedio	2.53			

Fuente: Elaboración propia.

B. Análisis de especificación del modelo *Hurdle*

El análisis de especificación del modelo está referido a la evaluación de la posible omisión de variables relevantes o a la redundancia de variables poco significativas. En cualquier caso, ante un error de especificación, el modelo propuesto lleva a estimaciones inconsistentes.

Para evaluar la especificación del modelo *Hurdle*, se ha implementado la prueba desarrollada por Tukey (1949) y Pregibon (1980). El test se basa en la idea que si una regresión está correctamente especificada, entonces no existen variables independientes adicionales que sean significativas para el modelo propuesto. El procedimiento de prueba requiere que se generen dos nuevas variables: la variable de predicción del modelo y la variable de predicción del modelo al cuadrado. Si el modelo está correctamente especificado, la variable de predicción debe ser significativa, mientras que la variable de predicción al cuadrado no debe serlo. Según se puede apreciar en las tablas B.1 y B.2, el modelo *Hurdle* propuesto está correctamente especificado en sus dos etapas de estimación.

Tabla B.1

Prueba de especificación del modelo *Hurdle*: Etapa 1

dY	Coeficiente	Desv. Est.	t-Statistic
\hat{y}	1.027	0.067	15.38
\hat{y}^2	-0.016	0.031	-0.51
constante	0.001	0.051	0.01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla B.2

Prueba de especificación del modelo *Hurdle*: Etapa 2

InY	Coficiente	Desv. Est.	t-Statistic
_hat	1.328	0.660	2.01
_hatsq	0.048	0.097	0.49
_constante	0.559	1.121	0.50

Fuente: Elaboración propia.

De manera adicional, Archer y Lemeshow (2006) proponen una prueba de especificación para el caso de una estimación no lineal bajo un diseño de muestreo complejo. La prueba se basa en la propuesta de Hosmer y Lemeshow (2000), pero utiliza un estimador de pseudomáxima verosimilitud que permite expandir las observaciones por el peso del diseño muestral asociado; de esta manera, es posible ajustar la estimación no lineal a la población de interés. Utilizando esta prueba, se observa que la regresión de la primera etapa (estimación *Logística*) del modelo *Hurdle* rechaza la hipótesis nula de especificación inadecuada al 95% de confianza.

Tabla B.3

Prueba de especificación para una regresión logística con diseño muestral complejo

dY	
F-adjusted test statistic	0.738
p-value	0.674

Fuente: Elaboración propia.

ÚLTIMAS PUBLICACIONES DE LOS PROFESORES DEL DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA

Libros

Cecilia Garavito e Ismael Muñoz (Eds.)

2012 *Empleo y protección social*. Lima, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Félix Jiménez

2012 *Elementos de teoría y política macroeconómica para una economía abierta* (Tomos I y II). Lima, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Félix Jiménez

2012 *Crecimiento económico: enfoques y modelos*. Lima, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Janina León Castillo y Javier M. Iguiñiz Echeverría (Eds.)

2011 *Desigualdad distributiva en el Perú: Dimensiones*. Lima, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Alan Fairlie

2010 *Biocomercio en el Perú: Experiencias y propuestas*. Lima, Escuela de Posgrado, Maestría en Biocomercio y Desarrollo Sostenible, PUCP; IDEA, PUCP; y, LATN.

José Rodríguez y Albert Berry (Eds.)

2010 *Desafíos laborales en América Latina después de dos décadas de reformas estructurales. Bolivia, Paraguay, Perú (1997-2008)*. Lima, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú e Instituto de Estudios Peruanos.

José Rodríguez y Mario Tello (Eds.)

2010 *Opciones de política económica en el Perú 2011-2015*. Lima, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Felix Jiménez

2010 *La economía peruana del último medio siglo*. Lima, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Felix Jiménez (Ed.)

2010 *Teoría económica y Desarrollo Social: Exclusión, Desigualdad y Democracia. Homenaje a Adolfo Figueroa*. Lima, Fondo Editorial, Pontificia Universidad Católica del Perú.

José Rodríguez y Silvana Vargas

2009 *Trabajo infantil en el Perú. Magnitud y perfiles vulnerables. Informe Nacional 2007-2008*. Programa Internacional para la Erradicación del Trabajo Infantil (IPEC). Organización Internacional del Trabajo.

Serie: Documentos de Trabajo

- No. 344 "IS-LM Stability Revisited: Samuelson was Right, Modigliani was Wrong". Waldo Mendoza. Noviembre, 2012.
- No. 343 "Integración para la inclusión con desarrollo humano en el Perú". Efraín Gonzales de Olarte. Noviembre, 2012.
- No. 342 "Crédito bancario, tasa de interés de política y tasa de encaje en el Perú". Oscar Dancourt. Octubre, 2012.
- No. 341 "Reducción de costos de transporte por medio de la innovación campesina: una ruta por recorrer". Javier M. Iguíñiz. Octubre, 2012.
- No. 340 "Explaining the Determinants of the Frequency of Exchange Rate Interventions in Peru using Count Models". Edgar Ventura y Gabriel Rodríguez. Octubre, 2012.
- No. 339 "Inflation Expectations Formation in the Presence of Policy Shifts and Structural Breaks: An Experimental Analysis". Luis Ricardo Maertens y Gabriel Rodríguez. Octubre, 2012.
- No. 338 "Microeconomía: Teoría de la empresa". Cecilia Garavito. Octubre, 2012.
- No. 337 "El efecto del orden de nacimiento sobre el atraso escolar en el Perú". Luis García Núñez. Setiembre, 2012.
- No. 336 "Modelos de oligopolios de productos homogéneos y viabilidad de acuerdos horizontales". Raúl García Carpio y Raúl Pérez-Reyes Espejo. Setiembre, 2012.
- No. 335 "Políticas de tecnologías de información y comunicación en el Perú, 1990-2010". Mario D. Tello. Setiembre, 2012.
- No. 334 "Explaining the Transition Probabilities in the Peruvian Labor Market". José Rodríguez y Gabriel Rodríguez. Agosto, 2012.