

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero: Una aproximación mediante Cuadros Oferta Utilización

Roberto Carlos Sevillano Cordero

RESUMEN

En este documento se estima y analiza mediante cuadros Oferta Utilización de Bolivia para los años 2004-2015 de 2003, la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como resultado de la actividad productiva y económica de cada una de las industrias y agentes económicas. El estudio comprende el cálculo de emisiones de gases GEI por rama en cantidad a partir de la estimación del “Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) 2002-2004” presentado por el país el año 2010 como parte de los compromisos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Los resultados por si mismos constituyen una fuente oportuna de información, considerando el rezago que hay en la fuente oficial que contabiliza las emisiones de GEI.

Palabras Clave: Cuadro Oferta Utilización, Insumo-Producto, Gases Efecto Invernadero.

1. Introducción

El cambio climático significa, por sus efectos adversos para la economía, una externalidad negativa. Por su magnitud y alcance global esta externalidad negativa es la mayor que enfrentan en la actualidad todas las economías del mundo, independientemente de su grado de desarrollo, ubicación geográfica y actividad productiva.

Este fenómeno, consecuencia del aumento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmosfera, provoca *inter alia* un aumento gradual de la temperatura del planeta y cambios en los patrones de precipitación pluvial. Aunque esta tendencia ha sido plenamente verificada, existe cierto grado de incertidumbre respecto a la magnitud y velocidad de estos cambios a escala regional. Con base en los conocimientos actuales es posible identificar las relaciones que se establecen entre las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero, las emisiones y el calentamiento global, y las consecuencias climáticas. Esto permite predecir panoramas futuros que son la base para evaluar e identificar, desde el punto de vista económico, las posibles consecuencias del cambio climático y las opciones para la aplicación de políticas de mitigación y adaptación para enfrentar el problema.

Por estos motivos, se hace indispensable contar con fuentes de información oportunas que permitan dar una pauta sobre el estado de situación de las emisiones de GEI, más aún considerando el rezago que se tiene en los inventarios de GEI oficiales. Por ese

motivo, se han desarrollado metodologías alternativas a la propuesta por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) para hacer contabilizaciones de GEI más oportunas. Tal es el caso del enfoque “top-down”, que en este caso actualiza el último dato de inventario de GEU del sector energético disponible empleando la información de los COU en el marco de la teoría económica.

El documento se organiza de la siguiente manera, la segunda sección aborda los temas teóricos y metodológicos detrás de la estimación propuesta. La tercera sección, analiza los resultados por sector económico, además de comparar los resultados con estimaciones del Banco Mundial al año 2014 de las emisiones del sector energético. Finalmente, en la última sección se presentan conclusiones sobre la calidad de los resultados y se proponen extensiones futuras que podrían mejorar las estimaciones presentadas.

2. Metodología Aproximación mediante el empleo de Cuadros Oferta Utilización

Para el cálculo o estimación de las emisiones de Gases Efecto Invernadero existen dos tipos de enfoques: i) el enfoque “bottom-up” que se basa en el ciclo de vida de un determinado producto, empleando la información contenida en los Balances Energéticos Nacionales (BEN) y el enfoque “top-down” que se basa en el uso de información agregada contenida en los cuadros Oferta-Utilización (COU) de un determinado país.

En este documento se empleó la metodología basada en el segundo enfoque (top-down) utilizando como base la información de la MIP de la economía boliviana para el periodo 2004-2015. Diversas metodologías de estimación dentro del enfoque “bottom-up” han sido propuestas como es el caso de Cruz (2009) y de Mayer y Flachmann (2011), Minx et al (2012) y López et al (2016). Asimismo, extensiones de este enfoque con el uso de modelos de equilibrio general computable (EGC) se han desarrollado, sobresaliendo el trabajo de De Miguel et al. (2011), donde además de cuantificar las emisiones a partir de la Matriz de Contabilidad Social (empleando las relaciones que se desprenden de los Cuadros Oferta Utilización), se analizan los efectos de políticas fiscales sobre el sector energético y su repercusión en las emisiones de GEI.

En este caso la metodología de estimación de las emisiones a partir de los insumos (energéticos), que para Bolivia se explica principalmente por tres tipos de combustibles: líquidos, gaseosos (hidrocarburos) y sólidos (biomasa). Se emplea la información del consumo de bienes intermedios por parte de las industrias de bienes finales (de acuerdo a la clasificación sectorial del IPCC) y por parte de los hogares. En esta metodología no se hace necesario la utilización de factores de emisión (Tier 1¹), ya que en realidad se actualiza el último dato disponible de emisiones (2004 en el caso boliviano) a partir de

¹ El método Nivel 1 son los valores de los FE establecidos por distintos estudios del IPCC, para distintos tipos de combustibles. El método Nivel 2 emplea FE específico del país para la categoría de fuente y el combustible para cada gas. El método Nivel 3 es mucho más riguroso, detallado y preciso, pero también requiere mayor información y por lo tanto resulta más costoso (y menos oportuno). En este método se requieren datos acerca de la cantidad de combustible quemado en la categoría de fuente para cada tecnología pertinente (tipo de combustible usado, tecnología de combustión, condiciones de uso, tecnología de control, así como mantenimiento y antigüedad del equipo) FE específicos para cada tecnología (tipo de combustible usado, tecnología de combustión, condiciones de uso, tecnología de control, factor de oxidación, y mantenimiento y antigüedad del equipo).

la información de actividad económica que proporciona el COU, con esto se estima la mayor parte de las emisiones totales, dado que el sector energético como señala el IPCC.

En la siguiente ecuación se presenta el cálculo de emisiones empleado:

$$(1) \quad E^P = \sum_j v_j^P X P_j + \sum_i \pi_i^P \left(\sum_j X A p_{ij} + \sum_h X A h_{ih} \sum_f X A f d_{if} \right)$$

Donde:

E^P es la cantidad de emisiones de contaminante P, medidas en unidades físicas, que se liberan al ambiente en un año.

$X P_j$ es la cantidad producida por la industria j.

$X A p_{ij}$ es la cantidad del bien i que se consume como insumo en la industria j.

$X A h_{ih}$ es la cantidad del bien i consumido por los hogares tipo h.

$X A f d_{if}$ es la cantidad del bien i consumido por la demanda final f.

v_j^P y π_i^P son los factores de producción por producción y por consumo respectivamente.

El primer término de la ecuación (1) captura las emisiones que se generan en el proceso productivo. En este caso se asume que ni el capital ni el trabajo producen emisiones.

El segundo término incorpora la mayor parte de las emisiones y son asociadas al consumo de bienes por parte de los agentes considerados en el modelo. En este caso, las emisiones generadas difieren según qué es lo que se consume, pero no según quien lo consume.

Ahora bien, la ecuación (1) es una ecuación estática para un punto determinado del tiempo. Siendo que en este documento se pretende introducir una metodología que actualice los datos establecidos en el “Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) 2002-2004” (MMAyA, 2010), se deben introducir ciertos ajustes dinámicos a la ecuación (1):

$$(2) \quad E_{t+1}^P = \sum_j v_j^P X P_{j,t} \Delta X P_{j,t+1} + \sum_i \pi_i^P \left(\sum_j X A p_{ij,t} \Delta X A p_{ij,t+1} + \sum_h X A h_{ih,t} \Delta X A h_{ih,t+1} \sum_f X A f d_{if,t} \Delta X A f d_{if,t+1} \right)$$

Donde:

E_{t+1}^P es la cantidad de emisiones de contaminante P, medidas en unidades físicas, que se liberan al ambiente en el año siguiente a la contabilización inicial.

$\Delta X P_{ij,t+1}$ es el incremental de emisiones producido por la industria j entre el año t y t+1.

$\Delta XAp_{ij,t+1}$ es el incremental de la cantidad del bien i que se consume como insumo en la industria j , en el año siguiente a la contabilización inicial.

$\Delta XAh_{ih,t+1}$ es el incremental de la cantidad del bien i consumido por los hogares tipo h , en el año siguiente a la contabilización inicial.

$\Delta XAfd_{if}$ es el incremental de la cantidad del bien i consumido por la demanda final f , en el año siguiente a la contabilización inicial.

v_j^p y π_i^p son los factores de producción por producción y por consumo respectivamente, que permanecen constantes a través del tiempo.

De esta manera, a partir de la ecuación (2) se puede estimar la evolución de las emisiones de GEI a través del tiempo, empleando únicamente i) un dato inicial de partida para las emisiones del sector energético, los mismos que se obtienen del Inventario de GEI 2004; y ii) la información de uso de energéticos por las distintas industrias y agentes económicos que se obtienen de los COU. Asimismo, a partir de la ecuación (2) se recupera un supuesto fundamental de los COU (Matrices Insumo Producto), los coeficientes técnicos son constantes a través del tiempo. Más aún, el IPCC define factores de emisión (a nivel Tier 1) que no sólo son constantes a través del tiempo, sino también comunes entre tecnologías. De esta manera, la derivación de la ecuación (2) asegura que, si se cuenta con un valor inicial, la evolución de las emisiones GEI dependen únicamente de la evolución del consumo y la producción de energéticos por parte de los agentes y las industrias.

Dado que la información del COU solo permite estimar el consumo de energéticos (i.e. derivados de petróleo y gas natural), esta estimación se hace para las emisiones del sector energético, que como establece el IPCC “el sector energético suele ser el más importante de los inventarios de emisiones de GEI y, comúnmente, aporta más del 90% de las emisiones de CO₂ y 75% del total de las emisiones de GEI” (IPCC, 2006).

Los COU empleados son aquellos publicados por el INE, mismos que están definidos en el Base 1990 del Sistema de Cuentas Nacionales (SCN), donde el consumo de gas esta agregado al servicio de electricidad y agua potable por lo que algunos ajustes fueron necesarios en los COU 2004-2015. Estos ajustes fueron hechos a partir de la información de la nueva información del SCN base 2010 del INE, donde se desagregó el consumo de gas natural en las distintas industrias y agentes.

La calidad de los resultados se evalúa en función a los datos que publicó hasta el año 2014 el Banco Mundial para Bolivia, y que son calculados por el Centro de Análisis de Información sobre Dióxido de Carbono, División de Ciencias Ambientales del Laboratorio Nacional de Oak Ridge (Tennessee, Estados Unidos).

3. Resultados

Los resultados de la estimación de las emisiones de GEI a partir de la metodología top-down utilizando como base la información del COU de la economía boliviana para el periodo 2004-2015, muestran un incremento de GEI en el tiempo pasando de 9.228 Gg en el 2004 a 18.261 Gg en el 2015, incremento del 98% en 11 años (Tabla 1). Anualmente

la tasa promedio de crecimiento de emisiones de GEI fue de 6%, menor a la estimada por el BM para nuestro país (7%).

Las estimaciones realizadas muestran resultados muy parecidos a los obtenidos por el BM (Fig. 1). Los datos muestran valores muy similares para toda la serie con excepción de los años 2005, 2006 y 2012, en los que se tiene un error relativo del 10% respecto a los datos publicados por el Banco Mundial, siendo en todos los casos, datos estimados menores a los publicados por esta organización.

Si analizamos cada uno de los sectores, en el año 2015 más de la mitad de las emisiones son generadas por el Sector Transporte (51%) y el saldo se genera principalmente por los sectores Residencial/Comercial, Energético y Manufactura/Construcción. Esta composición se mantiene igual a lo largo de todo el periodo y se explica de principalmente por el crecimiento de la industria y el parque vehicular que creció en más del 200% en ese mismo período (INE, 2016).

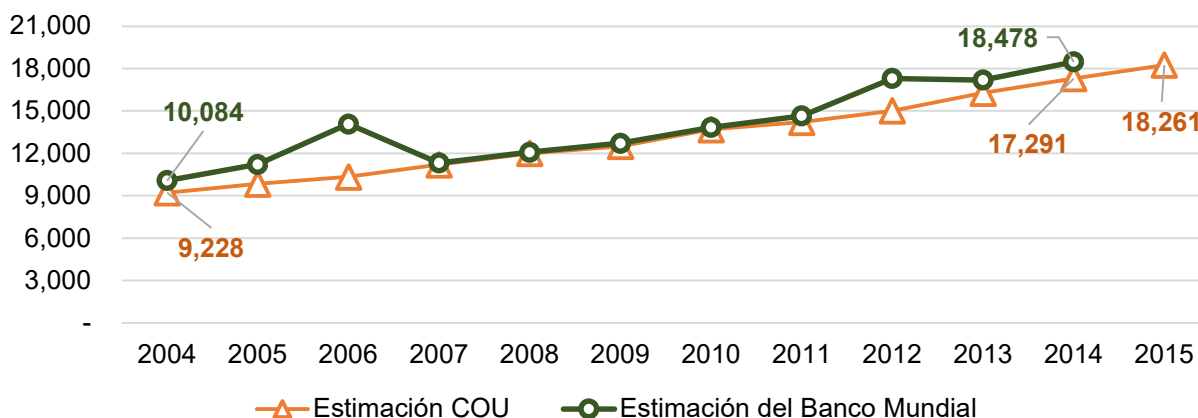


Figura 1. Evolución de las emisiones: Estimación COU vs Estimación Banco Mundial, 2004-2015 (En Gigagramos de CO₂ equivalente)

4. Conclusiones y recomendaciones

En este documento se empleó una metodología de estimación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) desde el año 2004 al año 2015, que responde a un enfoque “top down” y que emplea Cuadros Oferta Utilización (COU) – también conocidas como matrices insumo producto- para a partir del último dato oficial disponible del año 2004 de emisiones de GEI del sector energético. Esta metodología permite estimar las emisiones resultantes la actividad productiva y económica de los agentes y las industrias.

Como una forma de evaluación de los resultados obtenidos con los COU, se emplearon los resultados del Banco Mundial para las emisiones de energéticos hasta el año 2014 como “valor ideal” de comparación, calculando el error relativo respecto a esta estimación. El error relativo promedio fue de 7%, donde la estimación por el COU subestima los valores del Banco Mundial.

Finalmente, si bien la estimación presentada, resulta oportuna y útil para informar en la toma de decisiones, la metodología empleada puede ser mejorada combinando la

información de los COU con la información de los Balances Energéticos Nacionales (BEN) como plantea Shukla (2007) para la economía india. Esta combinación permitirá, además de establecer los usos en unidades físicas energéticas, las interrelaciones entre los sectores y agentes que se obtiene de los COU, construyendo matrices insumo-producto energéticas; además este método permite emplear factores de emisión desde el nivel Tier 1 a Tier 3.

5. Bibliografía

Cruz, Luis M.G (2009) "Application of IO Energy Analysis for CO2 Emissions by the Portuguese Economy: The Case of Portugal" Handbook of Input-Output Economics in Industrial Ecology, Chapter 25, Springer.

De Miguel, C et al. (2011) "Políticas fiscales, impactos energéticos y emisiones de CO₂ en Chile" Serie Medio ambiente y desarrollo N°144, CEPAL.

López, R, et al (2016) "Análisis sectorial de la huella de carbono para la economía chilena: un enfoque basado en la matriz insumo-producto", Serie de Documentos de Trabajo SDT 431, Universidad de Chile.

Mayer, H. y Flachmann, Christine (2011) "Extended Input-Output Model for Energy and Greenhouse Gases" Final Report, Federal Statistical Office of Germany.

Minx, J.C et al (2012) "Input-Output Analysis and Carbon Footprinting: An Overview of Applications" Economic Systems Research, 21:3, 187-216.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010), "Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de Bolivia", Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia.

Nápoles, Pablo (2011) "Estimación de los costos relativos de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las ramas de la economía mexicana", El trimestre Económico, vol. LXXVIII (1), núm. 309, Fondo de Cultura Económica.

Shukla, M (2007), "Estimation of CO₂ Emissions Using Energy Input-Output (EIO) Tables for India", Visiting Research Fellow Monograph Series No.430, October 2007, Institute of Development Economics, Japan External Trade Organization.

Tabla 1. Bolivia: Emisiones de Gases Efecto Invernadero 2004-2015 (En Gigagramos de CO₂ equivalente)

Categoría de fuente del IPCC	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Energía	1.872,44	2.131,76	2.202,73	2.346,22	2.450,69	2.589,90	2.672,99	2.721,56	2.821,69	2.934,98	2.665,30	2.756,05
Manufactura y Construcción	1.624,75	1.689,27	1.771,87	1.924,32	2.018,86	2.189,93	2.374,75	2.342,72	2.459,26	2.736,05	2.735,82	2.768,99
Transporte	4.274,55	4.588,88	4.782,39	5.260,75	5.534,74	5.837,35	6.649,22	6.977,04	7.233,02	7.753,56	8.822,96	9.240,73
Residencial/Comercial/Institucional	1.084,56	1.089,35	1.153,00	1.254,23	1.532,39	1.390,02	1.502,97	1.684,79	2.018,21	2.344,65	2.583,55	3.006,91
Agricultura/Silvicultura/Pesca	97,54	111,05	114,75	122,22	127,66	134,91	139,24	141,77	146,99	152,89	138,84	143,57
Minería/Metalúrgica	76,11	173,69	253,18	227,58	267,14	285,31	267,41	262,23	251,79	248,90	249,37	242,41
Total CO₂	9.146,53	9.784,01	10.277,93	11.135,34	11.931,49	12.427,42	13.606,59	14.130,11	14.930,95	16.171,04	17.195,84	18.158,67
Energía	8,51	9,69	10,01	10,66	11,14	11,77	12,15	12,37	12,82	13,34	12,11	12,53
Manufactura y Construcción	3,19	3,33	1,06	1,15	1,21	1,31	1,42	1,40	1,47	1,64	1,64	1,66
Transporte	10,96	11,80	12,36	13,64	14,36	15,14	17,25	18,10	18,76	20,11	22,88	23,97
Residencial/Comercial/Institucional	10,20	10,25	10,85	11,80	14,42	13,08	14,14	15,85	18,99	22,06	24,31	28,29
Agricultura/Silvicultura/Pesca	0,16	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,23	0,24	0,25	0,23	0,24
Minería/Metalúrgica	0,05	0,12	0,18	0,17	0,20	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23
Total CH₄	64,07	35,37	34,64	37,62	41,53	41,74	45,40	48,17	52,50	57,62	61,40	66,91
Energía	4,70	5,35	5,53	5,89	6,15	6,50	6,71	6,83	7,08	7,37	6,69	6,92
Manufactura y Construcción	1,61	1,70	1,80	2,00	2,12	2,29	2,46	2,47	2,59	2,85	2,91	2,97
Transporte	10,75	11,57	12,10	13,35	14,04	14,81	16,87	17,70	18,35	19,67	22,38	23,44
Residencial/Comercial/Institucional	0,14	0,14	0,14	0,16	0,19	0,17	0,19	0,21	0,25	0,29	0,32	0,37
Agricultura/Silvicultura/Pesca	0,25	0,28	0,29	0,31	0,33	0,35	0,36	0,36	0,38	0,39	0,36	0,37
Minería/Metalúrgica	0,19	0,45	0,68	0,63	0,77	0,85	0,82	0,84	0,83	0,85	0,88	0,89
Total N₂O	17,65	19,48	20,54	22,34	23,60	24,97	27,41	28,42	29,49	31,43	33,54	34,96
Total emisiones GEI	9.228,25	9.838,86	10.333,12	11.195,30	11.996,62	12.494,13	13.679,40	14.206,70	15.012,94	16.260,09	17.290,78	18.260,54
Estimación Banco Mundial	10.084,25	11.221,02	14.070,28	11.316,36	12.079,10	12.706,16	13.835,59	14.642,33	17.289,91	17.183,56	18.478,01	n.d.
Error respecto a la estimación del Banco Mundial	-8%	-12%	-27%	-1%	-1%	-2%	-1%	-3%	-13%	-5%	-6%	n.d.

Fuente: Elaboración propia

