

Sistemas de Cuentas Nacionales e Inventarios de Emisiones de GEI: solución para la incompatibilidad sectorial en el modelaje *Top-Down*

National Accounts Systems and GHG Emission Inventories: solution for sector incompatibility in Top-Down modeling

Edson Rodrigo TOLEDO NETO [1](#); Jorge Madeira NOGUEIRA [2](#); Gustavo Barbosa MOZZER [3](#)

Recibido: 11/12/16 • Aprobado: 12/01/2017

Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Matriz de Contabilidad Social: aspectos conceptuales](#)
- [3. La nueva estructura de los inventarios de emisiones de GEI](#)
- [4. Compatibilización del vector de emisiones de GEI con la estructura de SCN](#)
- [5. Vector de emisiones e intensidad de carbono de la economía brasileña](#)
- [6. Consideraciones finales](#)

Referencias

RESUMEN:

En ese artículo se empieza con el tradicional análisis insumo-producto (MIP) para determinar una matriz de contabilidad social (SAM) compatible con la estructura de los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y que pueda ser empleada en simulaciones de políticas climáticas. Los métodos de inventario y procesamiento de los datos de emisiones se encuentran en franca evolución. Eso permite un tratamiento mejor de los datos y una mayor precisión a los modelos económicos Top-Down. En Brasil, los sectores más intensivos en GEI son el forestal y el agropecuario y los menos intensivos son los servicios y la industria. En 2009, las emisiones provenientes de la producción de commodities y consumo intermedio prevalecen sobre las resultantes del consumo final de las familias, gobierno y exportaciones. Por lo tanto, la intensidad de carbono y la predominancia de los requisitos indirectos sobre los requisitos directos

ABSTRACT:

This paper departs from the traditional analysis input-output (MIP) to determine a social accounting matrix (SAM) compatible with the structure of the greenhouse gas emission inventories (GHG) and that permits its use in simulations of climate mitigation and adaptation policies. Inventory and emission data processing methods have been improved. This allows a better treatment of the data and greater accuracy to Top-Down economic models. In Brazil, the most intensive sectors in GHG are forestry and agriculture and the less intensive sectors are services and industry. In 2009, the emissions from the production of commodities and intermediate consumption take precedence over those resulting from the final consumption of households, government, and exports. Therefore, carbon intensity and the predominance of the indirect direct requirements determine an economy with a primary sector GHG intensive vis-à-vis a less intensive

determinan una economía con el sector primario intensivo en GEI vis-à-vis a un sector secundario menos intensivo. Es importante que las reglas de compatibilización de las cuentas de los Sistemas de Cuentas Nacionales a la estructura de fuentes y sumideros de GEI definidos por el IPCC sean mejor discutidos y validados visando el diseño de políticas climáticas más costo-efectivas.

Palabras-clave: Modelos SAM, Inventarios de Emisiones, Gases de Efecto Invernadero, Cambio Climático

secondary sector. It is important that the rules to well-matched accounts of the system of national accounts to the structure of sinks and sources defined by the IPCC are better discussed and validated aiming at more cost effective climate policies.

Keywords: Models SAM, inventories of emissions, greenhouse gases and effects, climate change

1. Introducción

Un gran desafío contemporáneo para los formuladores de políticas públicas es la concepción de políticas climáticas para controlar y reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Belfiori, 2013). Su principal objetivo es (o debería ser) proponer alternativas de bajo coste y efectivas en relación a las reducciones de GEI, lo que puede envolver repercusiones económicas. En ese caso, no se trata simplemente de desarrollar una política económica para fines ambientales, sino del uso de algunas políticas instrumentales que apoyen la política económica (fiscal, laboral, monetaria y externa), como es definido por Roura *et al.* (1997), para alcanzar resultados ambientales en la implementación de políticas climáticas en un consorcio de políticas públicas (*policy mix*). Al fin, los resultados esperados son la mantención y la mejoría del bienestar social y la conservación de las condiciones climáticas de calentamiento limitado a 1.5°C.

Ante ese desafío, hay apenas dos vías para reducir el GEI. La primera es aumentar la capacidad de los sumideros (florestas y océanos). La segunda es a través de la reducción de las emisiones en el consumo y en la producción. Si se elige la reducción de emisiones, es necesario que el gestor climático altere la función de producción para que los sectores productivos intensivos en carbono lo emitan en menor cantidad. Ese cambio proviene de la inducción de nuevas tecnologías a largo plazo que conlleven a la sustitución de insumos intensivos en carbono (Perman *et al.*, 2011; Hanley e Spash, 1993).

Debido a la urgencia de medidas mitigadoras, el camino viable a corto plazo es a través de la reducción de emisiones en sectores específicos, ya que las nuevas tecnologías dependen del demorado proceso de innovación, cuya naturaleza es aleatoria. La alternativa de reducción de la producción significa reducir el bienestar social de las poblaciones, implementado con cautela y tras intensos trabajos de modelaje económica que posibilite metas de reducción de GEI viables al menor costo social posible, es decir, más costo-efectiva.

En ese sentido, el estado del arte en relación al modelaje para tratar políticas de mitigación de emisiones de GEI está dividido en dos vertientes de pensamiento: la primera está asociada a los modelos *Bottom-Up (BU)*, que calculan los efectos de sustituciones tecnológicas con adecuado rigor microeconómico en el tratamiento de la competición por tecnologías específicas en sectores como energía, fundamentados en la oferta (sustitución de insumos primarios) y demanda (sustitución en la demanda final) sectorial. La segunda, son los modelos *Top-Down (TD)*, elaborados a partir de agregados macroeconómicos que se destinan especialmente al tratamiento de cuestiones de finanzas públicas, de competitividad económica y nivel de empleo (Wills, 2013; Hourcade *et al.*, 2006). Específicamente los modelos económicos TD en su gran mayoría dependen de tradicionales matrices de contabilidad social (SAM – *Social Accounting Matrice*), cuya estructura respeta las reglas contables y económicas de los Sistemas de Cuentas Nacionales (SCN) (Suh y Huppés, 2002).

No obstante, para utilizar la SAM, el formulador de políticas climáticas es confrontado **con la necesidad de adaptar la estructura de datos** de los SCN a la estructura sectorial de los inventarios de emisión de GEI, adoptada por la Convención Cuadro de las Naciones Unidas y operacionalizado por su Secretariado. La base de la estructura es idealizada por el Panel

Intergubernamental de Cambios Climáticos (IPCC) que opera como cuerpo técnico responsable por compilar y proponer las metodologías y los factores de emisión necesarios para cuantificar las emisiones de GEI en las más diversas condiciones políticas, económicas y sociales observadas en los cuatro rincones del planeta. Esa adaptación presenta un elevado grado de dificultad debido a un significativo número de incompatibilidades.

Este artículo se dedica a tratar esa incompatibilidad sectorial con foco en el caso brasileño. Los problemas han sido solucionados con el empleo de simplificaciones para tratar las emisiones provenientes del cambio en el uso del suelo cuya base teórica reside en el modelo de ocupación del territorio predominante en el país. El resultado ha sido obtenido a partir del método tradicional de análisis insumo-producto, reutilizado para desarrollar una SAM compatible con un vector de emisiones de CO²eq.

Después de describir, en esta Introducción, el contexto actual de los modelos económicos dedicados a la política climática, este artículo se desenvuelve en seis secciones. La segunda sección trata de los aspectos conceptuales de la SAM, de los procedimientos de agregación sectorial y de descomposición del vector de emisiones de GEI. La tercera sección aborda la nueva estructura de los inventarios de emisiones a partir de 2015. La cuarta sección describe la compatibilización de la estructura de los SCN a la estructura de inventarios de emisiones conforme el IPCC 2006 *Guidelines*. La quinta sección presenta los resultados obtenidos para el caso brasileño del ejercicio de 2009. Y la sexta y última sección enuncia la necesidad de que el IPCC avance en el establecimiento de patrones de compatibilización y en recomendaciones de mejores prácticas para el desarrollo de modelos económicos que utilicen la SAM.

2. Matriz de Contabilidad Social: aspectos conceptuales

La SAM es una plataforma sencilla y eficiente de organización de datos económicos. Esa funcionalidad le permite estimar adecuadamente los efectos de variaciones en la demanda de un sector o incluso de transferencias de recursos entre agentes económicos. Es denominada análisis del efecto multiplicador de inyecciones en el producto final de la economía (Sadoulet e De Janvry, 1995). El referencial teórico está en el Modelo de Insumo-Producto (MIP), una estructura matricial interconectada que representa las relaciones entre los sectores productivos con otras instituciones económicas (familias, gobierno, empresas y resto del mundo), capturando correspondientes flujos monetarios (Hara, 2008; Wong *et al.*, 2009).

La configuración de la SAM extiende el análisis de insumo-producto con la finalidad de integrar los agentes y sus relaciones microeconómicas con las identidades macroeconómicas del SCN (Guilhoto, 2011). La SAM es formada a partir de las tablas de Recursos y de Usos, en las cuales las líneas y columnas representan cuentas atribuidas a un determinado agente económico con valores a precios básicos. Son cuentas que registran las actividades productivas, los factores productivos (trabajo y capital); los productos (*commodities*); las cuentas institucionales (familias, empresas y gobierno); la cuenta de capital (transferencias monetarias); y una cuenta representativa de las relaciones de la economía doméstica con otras naciones, cuenta resto del mundo (Sadoulet e De Janvry, 1995).

La SAM sigue las hipótesis de proporcionalidad y homogeneidad y la misma proposición matemática y principios constructivos de la MIP. El concepto básico consiste en que una industria consume productos de muchas otras industrias en proporciones fijas para producir un único y distinto producto (Tukker, 2006). Los grupos de productos preservan cierta homogeneidad en relación al origen y destino y los sectores agregan establecimientos con estructura productiva y de consumo intermedios relativamente homogéneos (Grijó y Bêrni, 2006). Cada actividad forma, pues, una cuenta representada por una línea en la estructura matricial de la MIP (Feijó *et al.*, 2008; Sadoulet y De Janvry, 1995).

La estructura de la SAM replica el flujo circular de la renta y consumo de modo a segregar la demanda final del consumo intermedio de la industria, bien como el papel de las familias en la generación del factor trabajo. El flujo circular puede ser observado en las flechas de la SAM

estilizada de la Tabla 1, formado por el flujo de caja de cada actividad/entidad de la línea para una institución correspondiente en la columna, lo que representa la utilización de ese flujo de bienes, servicios o factores utilizados en un período (Miller e Blair, 2009).

El equilibrio del SCN es obtenido a partir del encuentro de cuentas, representado por las identidades macroeconómicas del Producto (Ecuación 1), del Consumo (Ecuación 2), de la Acumulación de Capital (Ecuación 3), del Balance de Pagos (Ecuación 4), de la Cuenta Gobierno (Ecuación 5), de la Cuenta de las Familias (Ecuación 6), de la Cuenta Valor Adicionado y en el encuentro de cuentas donde el valor adicionado (**V**) es igual al patrimonio líquido (**W**) (Ecuación 7). Esas identidades están representadas en los flujos de renta de la Tabla 1 y representan el criterio de consistencia para la SAM (Miller y Blair, 2009; Tourinho *et al.*, 2006).

Tabla 1. SAM en formato de matriz y el flujo circular de renta y consumo.

| | Prod. | Cons. | Cap. | RW | Govt. | Fam. | VA |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------|----------------------|----------------------|----------|----------|
| Production (Prod.) | ↓ | <i>U</i> | <i>I</i> | <i>X</i> | <i>G</i> | <i>F</i> | |
| Consumption (Cons.) | <i>Q</i> | ← | <i>D</i> | <i>H</i> | | | |
| Capital (Cap.) | ↓ | | | <i>S_F</i> | <i>S_G</i> | <i>S</i> | |
| Rest of World (RW) | <i>M</i> | ← | <i>L</i> | ← | | <i>O</i> | |
| Government (Govt.) | <i>T_B</i> | <i>T_I</i> | <i>B</i> | | | <i>T</i> | |
| Families (Fam.) | | | | | <i>P</i> | | <i>W</i> |
| Value Added (VA) | | <i>V</i> | | | | | |

Donde: *F* = consumo total de bienes y servicios en la economía; *I* = inversión total en bienes de capital; *X* = exportaciones de bienes y servicios; *G* = gasto del gobierno; *Q* = total de ingresos generado en la economía; *D* = depreciación o consumo de bienes de capital; *H* = ingresos externos; *S* = ahorro total; *M* = importaciones totales de bienes y servicios; *O* = las transferencias de capital extranjero; *L* = ventas netas de recursos externos; *T* = impuestos directos totales de los consumidores; *B* = déficit público; *S_G* = ahorro de gobierno; *S_F* = ahorro externo; *P* = transferencias del gobierno a seguridad social y bienestar. Fuente: Modificado de Miller y Blair (2009).

$$\mathbf{Q + M + T_I = U + F + I + X + G} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\mathbf{U + V + T_B = Q + D + H} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\mathbf{I + D + L + B = S + S_G + S_F} \quad (\text{Ec. 3})$$

$$\mathbf{X + H + S_F = M + O + L} \quad (\text{Ec. 4})$$

$$\mathbf{G + P + S_G = T + B + T_B + T_I} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$\mathbf{P + W = F + T + S + O} \quad (\text{Ec. 6})$$

$$\mathbf{V = W} \quad (\text{Ec. 7})$$

Bajo el aspecto de la política pública, la SAM es una combinación de datos monetarios que consolidan indicadores de crecimiento económico y de distribución de renta en una plataforma

coherente de cuentas (Wong *et al.*, 2009), construyendo un puente entre el análisis macroeconómico y microeconómico de los impactos de políticas implementadas vía comportamientos económicos de los agentes atendidos en esos programas (Round, 2003). Así, cambios en la demanda pueden ser inseridos por medio de programas de gobierno, cuando cambios marginales en variables exógenas son implementados. Para realizar esa intervención de forma consistente bajo el aspecto económico, dos condiciones deben ser satisfechas: la disponibilidad de la capacidad productiva ociosa y la ocurrencia de desempleo de la fuerza de trabajo (Tourinho *et al.*, 2006).

2.1. Estructura sectorial de la SAM y armonía con los objetivos de investigación

La estructura de la SAM en lo que se refiere al agrupamiento de los sectores productivos debe reflejar la estructura sectorial de fuentes de emisión de GEI del IPCC, lo que define el problema de agregación de los sectores. No obstante, la obtención de la matriz a ser utilizada depende también de la solución del problema de clasificación que, de la misma manera, genera restricciones para las posibilidades de estudios que lleguen a ser desarrollados.

Existen muchas formas de agregar y de desagregar las cuentas con el objetivo de organizar los datos. El número de sectores definidos y la organización de las cuentas, en diferentes categorías, es normalmente decidido en el contexto del estudio a ser desarrollado, tomando en consideración las condiciones del país o región geográfica de análisis. Las condiciones de los datos disponibles y la estructura para procesamiento también influyen en esa elección, especialmente en modelos regionales (Miller y Blair, 2009; Tourinho *et al.*, 2006; Sadoulet y De Janvry, 1995).

El referencial para el procedimiento de agregación es *la necesidad de mayor o menor detalle sobre las instituciones (sectores, familias, etc.) en las simulaciones de impactos en el desarrollo de determinada transacción económica*. Por lo tanto, diversas estructuras de SAM pueden ser obtenidas, dependiendo incluso del grado de apertura de los productos (*commodities*) y de los sectores en los levantamientos oficiales de órganos de estadística. Bajo ese aspecto, la clasificación de las cuentas, envolviendo el grado de apertura para los sectores industriales y para las instituciones de la SAM, se convierte en una cuestión importante.

El problema de la clasificación emerge de la tradicional condición en la SAM de que un sector de la industria es atraído a un único producto. Esa condicionante debe ser relajada visto que en sectores como la agropecuaria existen más de un producto (primario y secundario) hasta llegar al consumidor. El mayor número de productos por sector provoca la obtención de una matriz de recurso rectangular, lo que impide el tratamiento tradicional de la matriz inversa de Leontief (Grijó y Bêrni, 2006). Ese problema también genera divergencias en la literatura a lo que se refiere a las ventajas y desventajas de cada dimensión (producto por sectores, producto por producto o sector por sector) para estudios que tienen como objetivo estudiar las relaciones intersectoriales o los aspectos de la demanda y oferta de determinado sector (Miller y Blair, 2009).

La solución es obtenida con la formación de un sistema de ecuaciones lineales con funciones de producción atribuidas a cada sector productivo. Otra solución se produce vía sistema de ecuaciones con funciones de producción definidas para cada producto. Aplicándose una de las dos soluciones, la matriz de Recurso interactúa con la matriz rectangular de coeficientes técnicos para obtener la matriz cuadrada de coeficientes técnicos de producción (Grijó y Bêrni, 2006). En el caso brasileño, el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) adopta la hipótesis de tecnología de sector con la generación de MIP en la dimensión actividad por producto (IBGE, 2008).

2.2. Agregación de Sectores en una SAM

El procedimiento de agregación de los sectores en una SAM y en una MIP es el mismo, realizado a que se obtenga un nuevo vector de producto total \mathbf{x}^* , una nueva matriz agregada \mathbf{Z}^* y un nuevo vector de demanda final \mathbf{f}^* (Ecuación 8) (Miller y Blair, 2009).

$$\mathbf{x}^* = \mathbf{Z}^* \mathbf{i} + \mathbf{f}^* \quad (\text{Ec. 8})$$

Para ello, se define una matriz \mathbf{S} , nombrada matriz de agregación, cuyos elementos son ceros y unos, siendo que el número uno (1) debe posicionarse en los sectores que serán agrupados. Ésa será multiplicada por las matrices originales para la obtención de las matrices agregadas \mathbf{f}^* y \mathbf{Z}^* (Ecuaciones 9 y 10).

$$\mathbf{f}^* = \mathbf{S} \mathbf{f} \quad (\text{Ec. 9})$$

$$\mathbf{Z}^* = \mathbf{S} \mathbf{Z} \mathbf{S}^t \quad (\text{Ec. 10})$$

La generación de la matriz inversa de Leontief para ambas matrices agregadas y desagregadas es una forma de auditar los procedimientos realizados. La existencia de la diferencia entre el nuevo vector de producción total agregada \mathbf{x}^* y el producto del vector desagregado \mathbf{x} por la matriz \mathbf{S} es una indicación del bias de agregación sobre la SAM agregada (Miller e Blair, 2009).

2.3. Integración de datos y descomposición del vector de emisiones

La tradicional flexibilidad del modelo MIP permite desarrollar matrices que demuestren la estructura de la economía tanto de producción como de consumo. De esa manera, es posible también emplearla para contabilizar el impacto en la emisión de contaminantes por medio de estimativas de los impactos directos (oriundos de la producción) e indirectos (oriundos del consumo – demanda final) de la economía. La metodología utiliza, en parte, la teoría de construcción de SAM ambiental [4] definida en Miller y Blair (2009) [5]. Se trata de un abordaje consistente del modelo insumo-producto, cuya función es agregar la MIP al vector de emisiones de GEI (CO²eq).

El método desagrega el vector de emisiones totales en un vector de emisiones realizadas solamente por los sectores productivos, lo que define los requisitos directos de cada sector para generar *commodities* para que sean consumidas por los demás sectores de la sociedad. Esa demanda final por parte de familias, del resto del mundo (exportaciones) y del gobierno también es responsable por emisiones de GEI, lo que es capturado por los valores de requisitos indirectos en términos de emisión, generados por las instituciones de la sociedad para obtención del producto total de la economía o demanda agregada.

La matriz de insumo-producto resultante es tratada como una generalización del modelo MIP (Miller y Blair, 2009: 452). A partir de los impactos directos e indirectos es posible atribuir a la emisión de GEI a determinados grupos económicos. De esa forma, el correspondiente impacto de cada sector industrial, de las familias, y de las demás instituciones (gobierno, empresas e resto del mundo) pudo ser representado.

La determinación del vector de emisiones se inicia con la definición de una matriz $\mathbf{N} = [\mathbf{nkj}]$, cuyos elementos representan el montante del flujo de productos ecológicos (polución) del tipo \mathbf{k} resultantes de la producción del sector \mathbf{j} . Se definen también las tradicionales matrices de transacciones inter-industriales \mathbf{Z} , el vector de demanda final \mathbf{f} , y el vector de producto total de industria \mathbf{x} . A partir de esas matrices y vectores se obtiene el montante de productos ambientales generados por la unidad monetaria del producto de la industria \mathbf{j} (Ecuación 11), denominada *matriz de coeficientes técnico-ecológicos de producto*, matriz $\mathbf{Q} = [\mathbf{qkj}]$. Ese es el mismo método empleado en la obtención de los coeficientes técnicos de una MIP tradicional, $\mathbf{A} = \mathbf{Zx}^{-1}$ (Miller y Blair, 2009: 475).

$$Q = N' \cdot X^{-1}$$

(Ec. 11)

En ese artículo, las matrices se encuentran, en verdad, bajo la forma de vectores, aquí tratados de \mathbf{n} y \mathbf{q} , visto que todos los GEI son contabilizados de forma homogénea como CO²eq [6]. El vector \mathbf{q} de coeficiente de emisiones de polución \mathbf{k} (GEI), en mega tonelada por mil reales [7], ha sido estimado multiplicándose el vector transpuesto de emisiones por sector productivo (\mathbf{n}') por una matriz diagonal (11x11) [8], que contiene el inverso del valor de la producción total de cada sector ($\mathbf{x}-\mathbf{1}$). A partir de esos vectores es posible obtener también vectores de intensidad de carbono (\mathbf{q}) para cada componente de una MIP, definidos por el consumo intermedio (\mathbf{qI}), demanda final (\mathbf{qF}) y demanda total (\mathbf{qT}).

El vector $\mathbf{q} = [\mathbf{qkj}]$ es un coeficiente que representa el montante de GEI en toneladas de CO²ec emitido a cada un millón de reales del valor de la producción en la industria \mathbf{j} (tCO²ec/R\$1,000,000). Esa medida también es tratada en la literatura [9] como la **intensidad de carbono de la economía**, denotada por **CPIB** (Ecuación 12). En que **C** representa las emisiones de GEI en Mt CO²ec relativa a las emisiones del sector \mathbf{j} e \mathbf{y} el valor de la producción (PIB, valor adicionado acrecido del consumo intermedio), denominado en la literatura de *vector de producto total sectorial*.

$$C_{PIB} = \frac{C}{y} \quad (\text{Ec. 12})$$

Es posible calcular en ese momento ambos impactos directos e indirectos, en términos de *commodities* ecológicas de producto (Ecuación 13), formando la matriz $\mathbf{Q}^* = [\mathbf{q}^* \mathbf{ij}]$. Sus elementos denotan el montante directa e indirectamente producido de polución asociado a la producción de una unidad monetaria del producto de la industria \mathbf{j} .

$$Q' = Q(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \quad (\text{Ec. 13})$$

Los requisitos totales de emisiones de GEI de cada sector productivo son generados a partir de la multiplicación de \mathbf{q} por la matriz de Leontief $\mathbf{L} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$. El vector de requisitos directos de emisiones de GEI de cada sector es obtenido multiplicándose la matriz \mathbf{Q} por una matriz diagonal de dimensión 11x11, formada por el inverso de la demanda final (**Df**) de los sectores (familias, instituciones a servicio de las familias, gobierno y exportaciones para el resto del mundo). Los requisitos indirectos son obtenidos por diferencia o si se multiplica la matriz \mathbf{Q} por la matriz diagonal por el consumo intermedio de los sectores productivos.

3. La nueva estructura de los inventarios de emisiones de GEI

La determinación y la divulgación por medio de inventarios del vector de emisiones de GEI de cada país, contabilizado en CO²eq, siguen las reglas del *Revised 1996 Guidelines* (IPCC, 1997) y del *Good Practice Guidance 2000, GPG 2000* (IPCC, 2000), con algunas variaciones, especialmente para el sector forestal [10]. La estructura de sectores emisores comprenden las categorías descritas en el Apéndice I, definidas en el ámbito del Panel Internacional de Cambios Climáticos (IPCC) en forma de normativos. El objetivo es orientar a los países para que formulen las comunicaciones para la Convención Cuadro de las Naciones Unidas sobre el Cambio del Clima (UNFCCC) de forma transparente, completa, comparable, consistente y precisa en relación a los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero por sectores emisores y en relación a la consistencia de las series de datos (UNFCCC, 2008: 110).

No obstante, el reglamento de 1996 está atravesando un proceso de revisión no apenas en relación a la estructura y organización de las fuentes y de los sumideros, sino también en relación a los aspectos metodológicos [11]. La estructura puede ser observada en la última versión disponible en las tablas del *Common Reporting Format* (CRF). El CRF es el instrumento

más relevante utilizado por las Naciones Unidas para asegurar la comparabilidad de las emisiones de GEI entre países del Anexo I [12]. Es un banco de datos dinámico en el cual cada país inventariado debe reflejar todos los cálculos y parámetros inseridos en su Comunicación Nacional.

El CRF y la Comunicación Nacional pasan por un proceso anual de auditoria conducida por un equipo de especialistas acreditados en las Naciones Unidas para ejecutar ese papel. Los especialistas pertenecen a cada uno de los sectores y son indicados de forma balanceada de modo a reflejar la heterogeneidad de los países signatarios de la UNFCCC, pero especialmente para reflejar el balance entre países Anexo I y países no-Anexo I [13]. Auditorias in loco son realizadas en cada uno de los países en un período no superior a cuatro años.

Uno de los puntos que suscita gran esfuerzo y creatividad por parte de los especialistas vinculados al IPCC son las emisiones y remociones de GEI provenientes del uso del suelo, de cambios en el uso del suelo y de la actividad forestal (LULUCF) que incluyen las actividades de forestación, deforestación, manejo forestal y revegetación. Actualmente está en debate en la UNFCCC la posibilidad de mezclar la contabilidad del sector de cambios del uso del suelo y floresta al sector agrícola, creando una nueva categoría denominada (AFOLU). Ese nuevo sector incluiría, además de las actividades descritas anteriormente, los manejos de las labranzas, manejo de los pastajes y estoque de carbono en el suelo. Sin embargo, los resultados de las estimativas de emisiones y remociones son sabidamente cercados por incertidumbres técnicas, lo que, naturalmente, tiende a ser minimizado por la naturaleza conservadora de los procedimientos adoptados (UNFCCC, 2008)[14].

4. Compatibilización del vector de emisiones de GEI con la estructura de SCN

Para compatibilizar la estructura de sectores que componen el vector de emisiones de GEI con la estructura sectorial del SCN, cada cuenta del sector productivo debe reflejar el conjunto de actividades que caracterizan el sector, responsables por las emisiones generadas en el proceso productivo. No obstante, en este momento emerge un problema: ¿cómo compatibilizar los sectores del SCN con los seis sectores (energía, procesos industriales, uso de solventes y otros productos, cambio de uso del suelo, agropecuaria y tratamiento de residuos) definidos por el *Revised 1996 Guidelines* y GPG 2000 para LULUCF?

La solución se inicia con la agregación de los sectores fuente de emisión disponible en los inventarios para componer un vector de emisión de CO₂eq compatible con los sectores definidos en los SCN, base para la estructura de cuentas de la SAM. El objetivo es buscar el equilibrio entre ambas estructuras de datos, lo que pasa por la agregación de los sectores de la SAM y una ampliación (mayor detallada) del número de sectores fuente de emisión, lo que no puede ser realizado a partir de la estructura del *Revised 1996 Guidelines*.

De esa forma, es necesario que los inventarios de emisiones posean un mayor número de sectores fuentes en una situación más detallada. Esa mayor desagregación de las fuentes emisoras solamente es posible a partir de la estructura del IPCC 2006 *Guidelines*. Sin embargo, los países aún no están obligados por el UNFCCC a utilizar la guía de 2006, lo que dificulta la construcción de modelos económicos de políticas climáticas a partir de los inventarios de emisión. Luego de seleccionados los sectores meta, el procedimiento de agregación consagrado en la literatura (Miller y Blair, 2009), descrito en la sección 2.2, es utilizado para integrar los datos de la SAM con una estructura compatible con el vector de emisión de GEI.

Otro procedimiento empleado es la utilización de la proporcionalidad del valor de la producción sectorial sobre el total producido en la economía. Ese porcentual es definido a partir de la relación de productos producidos en cada sector, en la tabla de Recursos del SCN y del valor monetario producido en determinado período. La proporcionalidad es usada cuando se desea desmembrar los sectores de la SAM original o cuando se desea desmembrar los sectores emisores fuente de GEI en el inventario de emisiones.

En el caso brasileño fueron determinados **once sectores meta** de la economía a partir del mayor detallado de las fuentes emisoras definidas en MCT (2013). Para obtener el vector de emisiones **n** (CO²eq) con once sectores fue necesario incluso utilizar cierta creatividad en relación a las emisiones y remociones de GEI provenientes de LULUCF que resultaron en la re-locación de ese tipo de emisión en la cadena productiva de los sectores de la SAM, conforme descrito en el Apéndice I. Los once sectores meta determinaron también la agregación de los 56 sectores productivos de la SAM original, relativa al ejercicio de 2009, la más reciente disponible desarrollada en los trabajos de Guilhoto y Sesso Filho (2010), (Apéndice II).

La base teórica para las re-locaciones de emisiones tomó en consideración el modelo de uso y ocupaciones del suelo en Brasil, en que la actividad agrícola tuvo papel importante para la formación económica del país con destaque para la caña de azúcar en la región Nordeste, el algodón y el arroz en Maranhão, el café en São Paulo, además de otras culturas extractivas como el cacao y la goma. Pero, la mayor responsable por la ocupación del territorio ha sido la pecuaria en Minas Gerais que conectó el *hinterland* pecuario de la región Sur y el *hinterland* pecuario de la faja azucarera en la región Nordeste (Furtado, 1959). En el siglo XX, predominan otros productos como el maíz, el algodón y la soya. La producción de granos en el Centro-Oeste creció aproximadamente el 550% entre 1973/75 y 1997/99, porcentaje expresivamente superior a las registrados en las regiones Sul y Nordeste de alrededor del 80%, y en Sudeste, inferior a 50% (Helfand y Rezende, 2000).

Resultante del modelo de ocupación del territorio brasileño, la LULUCF registrada en los Biomas Cerrado, Mata Atlántica, Caatinga, Pantanal, Pampa y las actividades de calaje fueron atribuidas al sector Agropecuario que ha promovido la deforestación para la producción de *commodities*. A su vez, la LULUCF registrada en el Bioma Amazónico fue atribuida y contabilizada en el sector Forestal por la deforestación realizada para el consumo de madera nativa en Brasil y formación de pastos para pecuaria, en especial en las últimas cuatro décadas. Esa simplificación provoca una sobreestimación de las emisiones de los sectores Agropecuario y Forestal. Sin embargo, no hay una cuenta del SCN compatible con la LULUCF, lo que imposibilita atribuir con seguridad a los demás sectores de la economía los cambios de uso del suelo, incluso considerando que éstos contribuyen indirectamente para las emisiones en la Agropecuaria y Floresta.

El procedimiento de proporcionalidad descrito en la sección anterior es empleado en los sectores de "Agropecuaria" y "Foresta", obtenidos a partir del desmembramiento de las actividades "Agricultura, silvicultura, explotación forestal" y agregación al sector "Pecuaria y Pesca". La proporcionalidad utilizada fue obtenida a partir de la tabla de Recursos (Guilhoto y Sesso Filho, 2010). Sus valores apuntan para una participación del producto de "Explotación forestal y de silvicultura" de 7,94% del total de los productos agropecuarios y forestales. En contrapartida, la diferencia de 92,06% es, por tanto, la participación de los productos agropecuarios, incluido también el sector pesquero.

Otra cuenta (sector) que ha utilizado el procedimiento de proporcionalidad ha sido el de "Electricidad y gas, agua, alcantarilla y limpieza urbana", seccionada en las cuentas "Electricidad", "Gas ciudad" y "Agua, alcantarilla y limpieza urbana". La proporcionalidad empleada han sido las mismas utilizadas en Grottera (2013) con 74,2% del total de la cuenta relativa a la "Energía - Electricidad", 7,4% referente al "Gas residencial y comercial", que será incluida en "Energía - Energético", bien como de 18,4% relativo al componente "Agua, Alcantarilla y limpieza urbana" que fue definido en la SAM de 2009 como sector de "Abastecimiento de Agua y Residuos".

Los sectores productivos disponibles en la SAM permitieron definir un sector de "Energía" desagregado en los siguientes subsectores, envolviendo fuentes primarias y secundarias de energía: Petróleo y Gas Industrial, Refino de Petróleo y Coque, Alcohol, Gas Residencial y Comercial, y Electricidad (centrales eléctricas de servicio público y auto-productores).

El sector de "Transporte" comprende las actividades de transporte de carga y de pasajeros, almacenaje y correo. El sector "Industrial" comprende todas las actividades de manufactura, lo

que comprende varias actividades como la minería, industria extractiva, alimentos y bebidas, textil, celulosa y papel, metalurgia, entre otras. El sector de "Servicios" comprende todas las actividades relacionadas a la prestación de servicios como educación, salud, manutención y reparo, intermediación financiera, información, administración pública, entre otras.

Posteriormente a esos procedimientos, el trabajo de compatibilización de las cuentas de la MIP de 2009 es concluido. El cierre de la matriz acontece con la agregación de las líneas de Producto Nacional, importaciones, impuestos directos e indirectos, remuneraciones, excedente operacional bruto, valor adicionado al coste de factores, demás impuestos sobre la producción, valor adicionado bruto (PIB) y el valor de la producción y personal ocupado. En esas líneas, también fue realizada la agregación por sectores en la forma descrita a cima, lo que resultó en la MIP de 2009 agregada (Apéndice II).

5. Vector de emisiones e intensidad de carbono de la economía brasileña

En Brasil, en 2005, fue emitido 2.032 Mt CO²eq. De ese total, 1.167 Mt CO²eq ha sido proveniente únicamente de LULUCF. En ese año, predominaba la deforestación con 58% de las emisiones totales (Gráfico 1). En 2010, se registra una transformación en las emisiones brasileñas de CO²eq concentradas en las actividades agropecuarias (35%) y de energía (32%). El sector de energía aisladamente aumentó para 372,7 MtCO²eq en 2010. De ese total, 43% son del subsector de Transporte con 160,2 Mt CO²eq, seguido del sector Industrial con 98,9 Mt CO²eq y por el sector energético con 58,3 Mt CO²eq, todos provenientes de la quemada de combustibles fósiles (MCT, 2013).

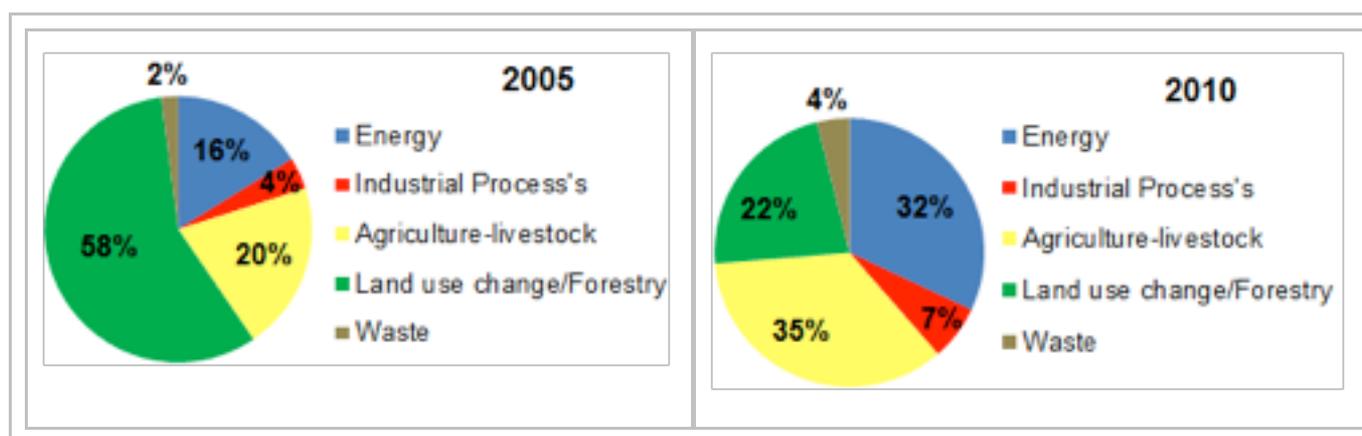


Gráfico 1. Distribución porcentual de las emisiones de CO²eq en 2005 y 2010 en Brasil.
Fuente: Adaptado de MCT (2013).

La Tabla 2 presenta el resultado de la descomposición del vector de emisiones de la economía brasileña (n) obtenido a partir de la metodología descrita en la sección anterior. En 2009, las emisiones de GEI correspondían alrededor de 1.221 MtCO²eq. De ese montante 573 MtCO²eq (47%) fueron relativos a la Agropecuaria, 168 MtCO²eq (14%) al sector Forestal, 170 MtCO²eq (14%) para la Industria, 140 MtCO²eq (12%) para el sector de Transporte y 97 MtCO²eq (8%) para el sector energético.

A lo que se refiere a la intensidad de carbono de la economía, el sector más intensivo es el sector forestal (7.696 tCO²eq/R\$1,000,000), seguido por el agropecuario, agua y residuos y energía residencial y comercial de gas natural. Los sectores menos intensivos son los sectores de servicios (1 tCO²eq/R\$1,000,000) e industrial (92 tCO²eq/R\$1,000,000). Cuando el vector de emisiones es desagregado, incluso en el consumo final y consumo intermedio, todavía prevalecen como más intensivos los sectores agropecuario, agua y residuos y energía residencial y comercial de gas natural.

Tabla 2. Vector de Emisión, producto total y coeficiente de emisión en 2009.

| Productive Sectors | Emissions Vector (Mt CO _{2eq} ¹) | Productive Value (R\$ billion) | Carbon Intensities (t CO _{2eq} / R\$ 1,000,000) | | |
|-----------------------------|--|-----------------------------------|---|--------------------------------|---------------------------------------|
| | | | Total Consumption ² | Final Consumption ³ | Intermediary Consumption ⁴ |
| | | | n | x | q _T |
| Agriculture and livestock | 573,7 | 254,5 | 2,254 | 6,090 | 3,579 |
| Forestry | 168,9 | 21,9 | 7,696 | 20,791 | 12,219 |
| Energy - Oil and Gas | 26,8 | 81,6 | 0,328 | 1,351 | 0,434 |
| Energy - Refining e CoKe | 15,4 | 150,1 | 0,103 | 0,373 | 0,142 |
| Energy - Ethanol | 6,3 | 22,4 | 0,279 | 0,567 | 0,551 |
| Energy - Home and Trade Gas | 18,4 | 12,6 | 1,455 | 4,355 | 2,186 |
| Energy - Electricity | 30,8 | 126,6 | 0,243 | 0,728 | 0,365 |
| Water and Sewage Suply | 66,6 | 31,4 | 2,121 | 6,347 | 3,185 |
| Transport | 140,9 | 270,9 | 0,520 | 1,232 | 0,900 |
| Industry | 170,0 | 1.855,5 | 0,092 | 0,162 | 0,210 |
| Services | 3,9 | 2.653,0 | 0,001 | 0,002 | 0,005 |
| TOTAL | 1.221,8 | 5.480,7 | - | - | - |

Notes: 1. Mega tons of CO_{2eq}; 2. Total requirements; 3. Direct requirements; and 4. Indirect requirements.

Fuente: resultados de la investigación.

Al analizar las variaciones dentro de cada sector, se observa que el consumo final de energía proveniente de petróleo y gas, del refino y coque (consumo de gasolina), de electricidad, de energía residencial y comercial de gas natural, es más intensivo en carbono que el consumo intermedio. Eso demuestra que los sectores productivos son más eficientes en términos de emisiones de GEI que las instituciones contabilizadas en el consumo final (familias, gobierno y resto del mundo).

La misma relación de superioridad es observable en los sectores: agropecuario, agua y residuos, energía - de gas natural (residencial y comercial) y transporte. La excepción es el relativo equilibrio en el sector de energía de etanol. Apenas en los sectores industriales y de servicios la intensidad de carbono de consumo final es inferior al observado en el consumo intermedio.

El vector de emisiones también ha sido dividido en requisitos directos e indirectos, conforme Gráfico 2, con base en la metodología descrita en la sección 2.3. En los requisitos de GEI sectoriales predominan los requisitos indirectos (consumo de los sectores productivos) sobre los requisitos directos (consumo final de las familias, exportaciones y consumo del Gobierno). El resultado muestra que con la excepción del sector Industrial, los sectores productivos provocaron más emisiones para obtener los insumos de producción que las emisiones realizadas para la producción del producto final de esos sectores. Así, la demanda final ha provocado menor emisión de GEI comparada a las emisiones del consumo intermedio.

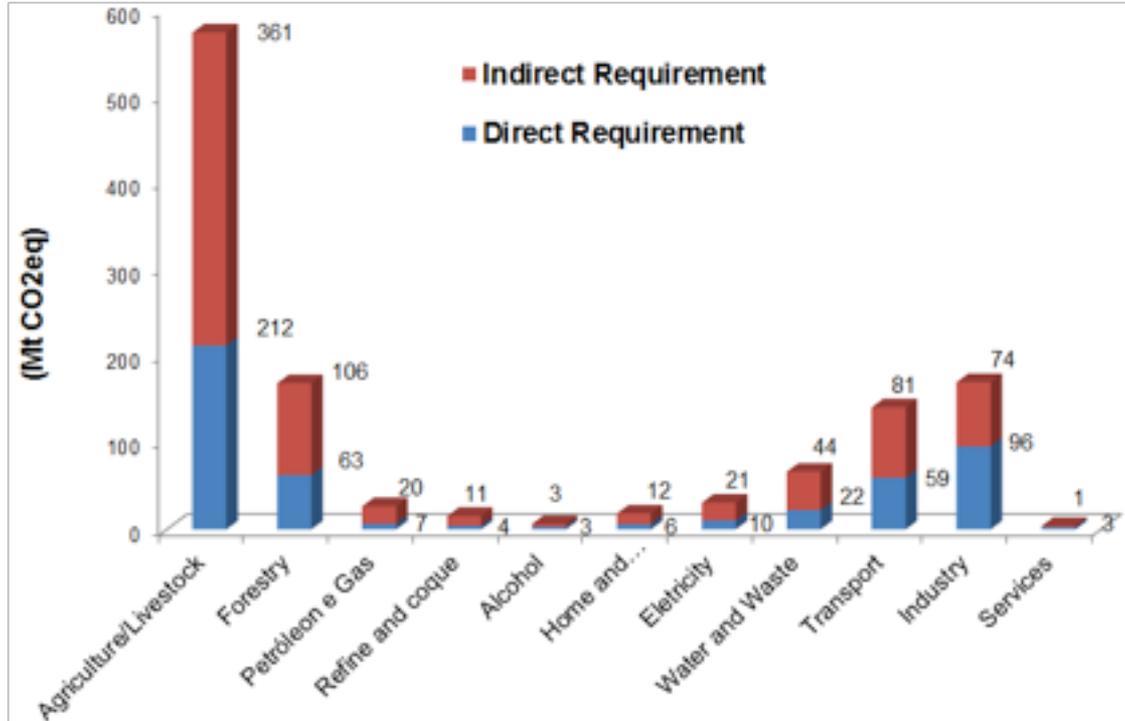


Gráfico 2. Emisiones de GEI en Mt CO²eq en Brasil en 2009.
Fuente: Elaborado por los autores a partir de MCT (2013).

6. Consideraciones finales

El presente artículo se originó del tradicional análisis de insumo-producto para determinar una SAM compatible con la estructura de los SCN, que posibilite su empleo en simulaciones de políticas climáticas. Para ello, simplificaciones han sido implementadas en la atribución de LULUCF y composición del vector de emisiones de GEI y su desagregación en términos de requisito directos e indirectos permite comprender adecuadamente los flujos de renta y de residuos emitidos, además de posibilitar identificar con una mayor confiabilidad los sectores llave para intervención de las políticas.

Este artículo ha colocado en discusión la relevancia de la adopción por Brasil del *Common Reporting Format* (CRF), considerado el principal instrumento de las Naciones Unidas para la comparabilidad de las emisiones de GEI entre países del Anexo I. Las reglas válidas actualmente para los inventarios (IPCC, 1997) deberían ser sustituidas en 2014, con la revisión de los inventarios relativos al primero período de compromiso del Protocolo de Kioto. En 2015, las nuevas reglas de la guía de 2006 (UNFCCC, 2008) entran en vigor, lo que incluye alteraciones significativas en el sector Agropecuario relativo a las remociones (formación de estoques) de carbono y emisiones de nitrógeno.

La nueva estructura permitirá que los inventarios presenten un mejor tratamiento de los datos, considerándose el mayor detallado de las fuentes emisoras. Otra ventaja percibida es la posibilidad de imputar efectivamente sobre cuál es la responsabilidad de cada sector productivo consolidado en la estructura de los SCN. Esa ventaja soluciona la incompatibilidad de los sectores descritos en la sistemática del IPCC y los sectores delimitados en los SCN, lo que ciertamente contribuirá para una mayor precisión en los modelos económicos que utilizan la moldura teórica de la MIP y SAM.

Las emisiones de GEI en Brasil en 2009 registran 1.221 MtCO²eq. Los sectores más intensivos en GEI son el Forestal, seguido del Agropecuario, Agua y Residuos y Energía Residencial y Comercial de Gas Natural. Los sectores menos intensivos son los sectores de Servicios e Industrial. Las emisiones de los sectores traducidas en los requisitos de GEI mostraron la predominancia de los requisitos directos (emisiones resultantes del consumo final de las familias, instituciones a servicio de las familias, gobierno y exportaciones) sobre los requisitos indirectos (proveniente de las emisiones de los sectores productivos para la producción de *commodities*).

A pesar de la aparente situación de confort, es necesario incorporar un planeamiento de largo

plazo a la gestión pública brasileña, una vez que los desdoblamientos de la 21a Conferencia de las Partes de la Convención Cuadro de las Naciones Unidas sobre Cambio del Clima en final de 2015, irán a imponer una fuerte presión política sobre las naciones para que aumenten el nivel de ambición de reducciones de las emisiones globales de GEI. Se espera que ese proceso acelere la transición del modelo económico dependiente de los combustibles fósiles para un nuevo paradigma de eficiencia y sustentabilidad en los procesos económicos y sociales.

Por fin, no menos relevante y preponderante serán las inversiones y planeamientos necesarios para asegurar una trayectoria relativamente segura para las economías globales para las décadas venideras. Para ello, planeamiento e inversiones en adaptación serán cruciales. El coste estimado de la adaptación al cambio linear previsto por los modelos climáticos ya es por sí mismo suficiente para inviabilizar varios sectores de la economía. En Brasil, el sector agrícola y pecuario será particularmente afectado. De ese modo, inversiones en pesquisa y tecnologías capaces de alterar la resistencia de los sistemas productivos, serán estratégicas para varios sectores.

Los métodos de inventario y procesamiento de los datos de emisiones representan una construcción reciente del medio científico para contraponer el desafío de los cambios climáticos y controlar la concentración atmosférica de GEI, lo que evidentemente se encuentra en franco proceso de validación por la comunidad internacional. En ese sentido, testar alternativas de políticas climáticas más costo-efectivas por los países signatarios del Protocolo de Kioto depende de la capacidad de que economistas adecuen datos macro y microeconómicos a los datos de los inventarios de emisiones.

Considerando el uso en larga escala en la literatura de los modelos de equilibrio general (CGE) es importante que las reglas de compatibilización de las cuentas de los SCN a la estructura de fuentes y sumideros de GEI definidos por el IPCC sean mejores discutidos y validados.

Recordando que, para integrar los modelos CGE y inventarios, es necesario construir consistentes MIP y SAM, de modo que estudios futuros que promuevan la integración de esas cuentas son de suma relevancia para el delineamiento de políticas climáticas más costo-efectivas y flexibles.

Referencias

- Belfiori, Maria Elisa, 2013. **Essays on Optimal Taxation of Carbon Emissions**. Thesis (Doctor of Philosophy Minnesota University. Available in: ProQuest LL. 66 p.
- Brasil, 2010. **Second National Communication**. Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, Ministério de Ciência e Tecnologia, Brasília. Disponível em: www.mct.gov.br/clima.
- Feijó, C. A., Ramos, R. L. O., Lima, F., Cerqueira, C. G. de, Barbosa Filho, N. H.; Palis, R. (Org.), 2008. **Contabilidade Social – A nova referência das Contas Nacionais do Brasil**. Elsevier. Rio de Janeiro. 324p.
- Furtado, C., 2007. **Formação Econômica do Brasil**. 34 ed. São Paulo. 2007. Companhia das Letras.
- Grijó, E., Bêrni, D. de A., 2006. "Metodologia completa para a estimativa de matrizes de insumo-produto". *Teoria e Evidência Econômica*. Passo Fundo. Vol. 14, n. 26, pp. 9-42.
- Grottera, C., 2013. **Impactos de Políticas de Redução de Emissões de Gases do Efeito Estufa sobre a Desigualdade de Renda no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Rio de Janeiro. 150p.
- Guilhoto, J. J. M., 2011. *Input-Output Analysis: Theory and Foundations*. **Munich Personal RePEc Archive**, Paper nº. 32566, 76p. Disponível em: www.mpra.ub.uni-muenchen.de/32566/
- Guilhoto, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A., 2010. Estimación da Matriz Insumo-Produto Utilizando

Dados Preliminares das Contas Nacionais: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005. *Economia e Tecnologia*. UFPR/TECPAR. Ano 6, vol. 23.

Halsnaes, K., Garg, A., 2011. "Assessing the Role of Energy in Development and Climate Policies – Conceptual Approach and Key Indicators". *World Development*, vol. 39, n. 6, pp. 987-1001.

Hanley, N. e Spash, C. L., 1993. **Cost-Benefit Analysis and the Environment**, Edward Elgar, Cheltenham, UK – Northampton, MA, USA.

Hara, T., 2008. "Quantitative Tourism Industry Analysis". **Introduction to Input-Output, Social Accounting Matrix, Modeling, and Tourism Satellite Accounts**. Chapters 2 a 4. Elsevier. Amsterdam. pp. 23 a 148.

Hourcade, J.-C., Jaccard, M., Bataille, C., Gherzi, F., 2006. "Hybrid Modeling of Energy-Environment Policies: reconciling Bottom-up and Top-down. Introduction to the special issue of the Energy Journal". **The Energy Journal**. Pp 1-12. Disponível em: www.imaclim.centre-cired.fr .

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1997. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. and Callander B.A. (Eds). *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories*. IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2000. Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., and Tanabe K. (Eds). *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

IBGE, 2008. **Matriz de Insumo-Produto – Brasil - 2000/2005**. Contas Nacionais, nº 23. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro. 57p.

Kooten, G. C. van, 2013. **Climate Change, Climate Science and Economics – Prospects for an Alternative Energy Future**. Springer Science+Business Media Dordrecht. Capítulo 7, pp. 221-284.

Miller, R., Blair, P. D., 1985. **Input-Output Analysis – Foundations and Extensions**. Cambridge University Press. Chapter 4, pp. 119-183. Disponível em: <http://sci-hub.org> .

Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), 2013. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima. Ministério de Ciência e Tecnologia, Brasília, 2013. Disponível em www.mct.gov.br

Nápoles, Pablo Ruiz, 2012. *Low Carbon Development Strategy for México: An Input-Output Analysis*. **Final Report**. Universidad Nacional Autónoma de México. Faculdade de Economia. 76p.

Oliveira, Marilene Silva, 2011. Análise da Intensidade de Emissão de Gases de Efeito Estufa na Demanda Final Brasileira através do Modelo de Insumo-Produto. 78p. Dissertação (Mestrado em Economia). Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia. Universidade de Brasília (UnB). Brasil.

Helfand, Steven. M., Rezende, Gervásio Castro de, 2003. "Padrões Regionais de Crescimento da Produção de Grãos no Brasil e o papel da Região Centro-Oeste". Helfand, Steven. M., Rezende, Gervásio Castro de (Org.). **Região e espaço no desenvolvimento agrícola brasileiro**. Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada – IPEA. Rio de Janeiro.

Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J., Common, M., Maddison, D., 1996. "International Environmental Problems". Chapter 9. **Natural Resource and Environmental Economics**(Inglaterra: Pearson Education Limited, 4ª edição), pp. 282-341.

Round, J., 2003. "Social Accounting Matrices and SAM-based Multiplier Analysis". In: The World Bank. **Tool kit for evaluating the poverty and distributional effects of economic policies**, Chapter 14.

Roura, J. R. C., Mancha, T., Villena, J. E.; Casares, J., González, M. **Introducción a la Política Económica**. 1997. McGraw-Hill. Cap. 4 e Cap. 5, pp. 99 – 173.

Sadoulet, E. e De Janvry, A., 1995. **Quantitative Development Policy Analysis**. *The Johns Hopkins University Press*. Baltimore e London. Capítulo 10, pp. 314-344.

Suh, S., Huppes, G., 2002. "Missing Inventory Estimation Tool Using Extended Input-Output Analysis". *International Journal of Life Cycle Assessment* 7 (3) 9A, 134-140.

Tourinho, O. A. F., Napoleão, L. C., Alves, Y. L. B., 2006. "Uma Matriz de Contabilidade Social para o Brasil em 2003". IPEA. **Textos para Discussão** nº 1242. 67p.

Tukker, A., Huppes, G., Van Oers, L., Heijungs, R., 2006. "Environmentally extended input-output tables and models for Europe". **Technical Report Series**. Institute for Prospective Technological Studies. European Commission, Espanha, 120pp. Disponível em: <http://www.jrc.es>.

UNFCCC, 2008. **Kyoto Protocol Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amount. 2008**. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 130p. Disponível em: www.ipcc.com .

UNFCCC, 2009. **Report of the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice on its thirtieth session, held in Bonn from 1 to 10 June 2009**. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) FCCC/SBSTA/2009/3. 31p. Disponível em: www.ipcc.com .

Wills, W., 2013. **Modelagem dos efeitos de longo prazo de políticas de mitigação de emissão de gases de efeito estufa na economia do Brasil**. Dissertation (PhD. In Energetic Planing). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Rio de Janeiro.

Wong, K. S. K., Azali, M., Lee, C., 2009. "Financial Social Accounting Matrix: Concepts, Constructions and Theoretical Framework". **Munich Personal Repec Archive (MPRA)** Paper N. 14757, 18p. Disponível em: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/14757/> .

Apéndices

Apêndice I. Compatibilidade de Sectores y Actividades en Inventarios de emisión de GEI del IPCC y la estructura de sectores de la SAM de Brasil.

| IPCC Source Sector's Categories (1996 Guidelines) | Setores do IPCC em MCT (2013) | | Compatibility with account emissions in a MIP Sector's (2009) |
|---|--|---------------------------------|---|
| Fuel Combustion | Energy | Oil and Gás | Energy - Oil and Gas and Refining and Coke |
| | | Centrals Electric and Charcoal | Energy - Electricity |
| | | Autoproductive Central Electric | Energy - Electricity |
| | Industry | | Industry |
| | Transport | Air | Transport |
| | | Road | |
| | | Railroad | |
| | | Waterway | |
| | Residential | | Energy - Home and Trade Gas |
| | Agriculture | | Agriculture, livestock and Forestry |
| Trade | | Services | |
| Government | | Services | |
| Fugitive Emissions | - | | Energy - Oil and Gas |
| Industry | Cement production Lime production Other uses of lime Caustic soda use Chemistry Pig iron and steel production Aluminum production HFCs and SF6 use Acid production | | Industry |
| Agriculture and livestock | Enteric fermentation | | Agriculture and livestock |
| | Manure management | | Agriculture and livestock |
| | Rice cultivation | | Agriculture and livestock |
| | Cane and cotton burning | | Energy - Ethanol |
| | Agricultural soils | Direct emissions | Agriculture and livestock |
| Indirect emissions | | Agriculture and livestock | |
| LULUCF | Amazon Biome | | Forestry |
| | Cerrado Biome | | Agriculture and livestock |
| | Atlantic Biome | | Agriculture and livestock |
| | Caatinga Biome | | Agriculture and livestock |
| | Pantanal Biome | | Agriculture and livestock |
| | Liming | | Agriculture and livestock |
| Waste treatment | Trash | | Water and Sewage Suply |
| | Sewage | Industry | Water and Sewage Suply |
| | | Domestic | Water and Sewage Suply |
| | Trash incineration | | Water and Sewage Suply |

Fuente: Adaptado de UNFCCC (2008), retirándose apenas las subcategorías "Otros" en cada sector.

Apéndice II. Matriz de Contabilidad Social – SAM 2009 agregados a Compatible con inventarios IPCC.

| Consumption and Income Circular Flown | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | Intermediary Consumption | Exportation | Government Consumption | Service Inc. Consumption | Family Consumption | Capital Investment | Stock Changes | Final Consumption | Total Consumption |
|---------------------------------------|-----------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------|------------------|------------------|--------------------------|----------------|------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|---------------|-------------------|-------------------|
| Agriculture and livestock | 1 | 20.387 | 711 | 17 | 12 | 10.134 | 0 | 4 | 1 | 4 | 129.392 | 4.401 | 165.063 | 29.932 | 0,003 | 0 | 54.657 | 13.110 | -690 | 97.009 | 262.072 |
| Florest | 2 | 711 | 446 | 1 | 1 | 556 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.097 | 241 | 9.054 | 1.642 | 0,0002 | 0 | 2.998 | 719 | -38 | 5.321 | 14.375 |
| Energy - Oil and Gas | 3 | 22 | 1 | 2.612 | 53.834 | 0 | 375 | 3.758 | 932 | 3 | 143 | 101 | 61.781 | 17.729 | 0 | 0 | 975 | 16 | 1.113 | 19.833 | 81.614 |
| Energy - Refining e CoKe | 4 | 7.293 | 400 | 662 | 20.362 | 236 | 258 | 2.583 | 640 | 33.000 | 29.474 | 13.783 | 108.692 | 8.600 | 0 | 0 | 33.318 | 173 | -678 | 41.413 | 150.105 |
| Energy - Ethanol | 5 | 121 | 7 | 3 | 4.856 | 9 | 6 | 60 | 15 | 350 | 2.504 | 3.452 | 11.383 | 1.979 | 0 | 0 | 10.352 | 100 | -1.371 | 11.061 | 22.444 |
| Energy - Home and Trade Gas | 6 | 89 | 5 | 130 | 59 | 16 | 186 | 1.862 | 462 | 215 | 2.524 | 2.862 | 8.409 | 118 | 0,002 | 0 | 4.098 | 2 | 3 | 4.220 | 12.630 |
| Energy - Electricity | 7 | 888 | 49 | 1.307 | 595 | 162 | 1.862 | 18.669 | 4.630 | 2.159 | 25.308 | 28.693 | 84.320 | 1.179 | 0,023 | 0 | 41.086 | 24 | 27 | 42.316 | 126.636 |
| Water and Sewage Suply | 8 | 220 | 12 | 324 | 147 | 40 | 462 | 4.630 | 1.148 | 535 | 6.276 | 7.115 | 20.910 | 292 | 0,006 | 0 | 10.189 | 6 | 7 | 10.493 | 31.403 |
| Transport | 9 | 4.936 | 271 | 8.454 | 2.285 | 444 | 253 | 2.537 | 629 | 23.845 | 65.403 | 47.514 | 156.570 | 11.741 | 37 | 0 | 95.581 | 7.155 | -183 | 114.331 | 270.901 |
| Industry | 10 | 48.411 | 2.655 | 10.015 | 3.631 | 1.484 | 499 | 4.999 | 1.240 | 15.902 | 548.475 | 171.597 | 808.909 | 186.406 | 2.840 | 0 | 454.056 | 408.736 | -5.405 | 1.046.633 | 1.855.542 |
| Services | 11 | 14.049 | 771 | 20.645 | 5.319 | 1.113 | 1.182 | 11.850 | 2.938 | 40.508 | 241.635 | 494.437 | 834.447 | 75.267 | 681.382 | 38.318 | 964.902 | 59.810 | -1.107 | 1.818.572 | 2.653.019 |
| National Production | 12 | 97.128 | 5.328 | 44.171 | 91.101 | 14.193 | 5.081 | 50.951 | 12.635 | 116.523 | 1.058.230 | 774.196 | 2.269.538 | 334.884 | 684.258 | 38.318 | 1.672.211 | 489.854 | -8.322 | 3.211.203 | 5.480.741 |
| Import | 13 | 8.672 | 476 | 4.827 | 19.428 | 215 | 384 | 3.852 | 955 | 8.371 | 117.501 | 46.039 | 210.720 | 0 | 897 | 145 | 92.879 | 55.292 | 914 | 150.127 | 360.847 |
| Import Tax | 14 | 262 | 14 | 121 | 41 | 13 | 9 | 89 | 22 | 224 | 6.225 | 1.049 | 8.070 | 0 | 29 | 0 | 3.970 | 3.717 | 32 | 7.747 | 15.817 |
| Flown Circulation Tax | 15 | 4.121 | 226 | 1.236 | 872 | 138 | 509 | 5.106 | 1.266 | 4.528 | 37.913 | 40.356 | 96.272 | 9.498 | 739 | 0 | 102.958 | 17.344 | 91 | 130.630 | 226.902 |
| Industry Products Tax | 16 | 155 | 9 | 123 | 35 | 13 | 10 | 97 | 24 | 107 | 4.414 | 2.994 | 7.981 | 2.060 | 5 | 0 | 12.503 | 5.105 | 66 | 19.738 | 27.719 |
| Other Indirect Taxes | 17 | 2.677 | 147 | 1.599 | 7.415 | 440 | 229 | 2.293 | 569 | 6.916 | 36.329 | 35.168 | 93.781 | 9.212 | 1.073 | 766 | 56.001 | 14.006 | -252 | 80.806 | 174.587 |
| Intermediary Consumption | 18 | 113.016 | 6.199 | 52.077 | 118.891 | 15.012 | 6.222 | 62.389 | 15.471 | 136.669 | 1.260.613 | 899.803 | 2.686.362 | 355.653 | 687.001 | 39.229 | 1.940.522 | 585.317 | -7.471 | 3.600.251 | 6.286.613 |
| Rents | 19 | 49.834 | 2.734 | 12.412 | 4.464 | 2.560 | 1.587 | 15.913 | 3.946 | 66.032 | 307.635 | 945.882 | 1.412.999 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.412.999 |
| Wages | 20 | 42.318 | 2.321 | 8.619 | 3.008 | 2.048 | 1.273 | 12.761 | 3.164 | 52.592 | 238.694 | 747.297 | 1.114.095 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.114.095 |
| Effective Social Contributions | 21 | 7.517 | 412 | 3.793 | 1.456 | 512 | 314 | 3.152 | 782 | 13.440 | 68.941 | 151.688 | 252.007 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 252.007 |
| Official Pension | 22 | 7.517 | 412 | 3.226 | 1.219 | 495 | 286 | 2.869 | 711 | 13.410 | 66.269 | 148.276 | 244.690 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 244.690 |
| Private Pension | 23 | 0 | 0 | 567 | 237 | 17 | 28 | 283 | 70 | 30 | 2.672 | 3.412 | 7.317 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.317 |
| Imputed Social Contributions | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46.897 | 46.897 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46.897 |
| GOE and Gross Mix Rent | 25 | 97.490 | 5.348 | 16.457 | 25.986 | 4.709 | 4.723 | 47.360 | 11.744 | 65.770 | 270.460 | 786.220 | 1.336.268 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.336.268 |
| Gross Mix Rent | 26 | 65.510 | 3.593 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21.554 | 45.471 | 124.296 | 260.424 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 260.424 |
| Gross Operational Surplus (GOS) | 27 | 31.981 | 1.754 | 16.457 | 25.986 | 4.709 | 4.723 | 47.360 | 11.744 | 44.216 | 224.989 | 661.924 | 1.075.844 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.075.844 |
| Added Valeu | 28 | 147.325 | 8.081 | 28.869 | 30.450 | 7.269 | 6.310 | 63.273 | 15.690 | 131.802 | 578.095 | 1.732.102 | 2.749.267 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.749.267 |
| Other Taxes on Production | 29 | 1.747 | 96 | 668 | 764 | 163 | 125 | 1.253 | 311 | 2.810 | 18.116 | 21.565 | 47.618 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 47.618 |
| Other Subsidies at Production | 30 | -16 | -1 | 0 | 0 | 0 | -28 | -279 | -69 | -380 | -1.282 | -451 | -2.506 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2.506 |
| Gross Domestic Product (GDP) | 31 | 149.056 | 8.176 | 29.537 | 31.214 | 7.432 | 6.407 | 64.248 | 15.932 | 134.232 | 594.929 | 1.753.216 | 2.794.379 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.794.379 |
| Production Value | 32 | 262.072 | 14.375 | 81.614 | 150.105 | 22.444 | 12.630 | 126.636 | 31.403 | 270.901 | 1.855.542 | 2.653.019 | 5.480.741 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.480.741 |
| Employees's People | | 15.905.378 | 872.447 | 63.803 | 24.214 | 110.415 | 30.523 | 306.059 | 75.896 | 3.960.744 | 19.238.904 | 56.058.756 | 96.647.139 | | | | | | | | |

Fuente: Resultados de la investigación con la manipulación de Guilhoto y Sesso Filho (2010, 2005).

1. Master en Ciencia, Economía (Gestión Económica del Medio Ambiente), Uiversidad de Brasília (UnB), técnico del Ministerio de Hacienda de Brasil. Email: edson.toledoneto@gmail.com
2. PhD Profesor Titular del Departamento de Economía, UnB, Brasil. Email: jmn0702@terra.com.br
3. PhD Estudiante de Medio Ambiente y Sociedad, Universidad de Campinas (UNICAMP), Investigador de la Empresa Brasileña de Investigación Agrícola, Embrapa, Brasil. Email: gmozzzer@gmail.com.br
5. La literatura que trata de modelos de insumo-producto ambientales están, en grande parte, relacionada al modelo de ciclo de vida de los productos como en Tukker et al. (2006), así como a lo que se refiere a los modelos en el sector de energía, conforme Wills (2013).
6. Para más detalles ver Capítulo 10, "Environmental Input-Output Analysis" Miller y Blair (2009: 446).
7. CO²eq es la cantidad de gas carbónico que equivale a la misma cantidad de fuerza radiactiva fornecida por otro GEI, obtenido por la multiplicación de emisiones de un GEI por su potencial de calentamiento global (Global Warming Potential – GWP) para dado horizonte de tiempo de permanencia del gas en la atmosfera (IPCC, 2000). De esa forma, en el presente trabajo se adoptó el factor de conversión para CO² de los gases CH₄ y N₂O de 21 CO²eq/CH₄ y 310 CO²eq/N₂O, comúnmente utilizado en los inventarios de emisiones de emisiones MCT (2013).
8. La moneda brasileña es el Real.
9. Para el caso de Brasil, como explicado adelante.
10. Kooten (2013), Grottera (2013), Halsnaes y Garg (2011) y Oliveira (2011).
11. El segundo inventario brasileño de emisiones ha llevado en consideración el GPG de 2003 (BRASIL, 2010).
12. Para más detalles ver UNFCCC (2009).
13. Países desarrollados constantes del Anexo I al Protocolo de Kioto.
14. Anexo I del Protocolo de Kioto.
15. Las reglas actualmente en vigor, entre ellas el *Revised 1996 Guidelines* y el GPG 2000, fueran jubiladas en 2014 con la revisión de los últimos inventarios relativos al primero período del compromiso de Kioto. A partir de 2015, las nuevas reglas de la guía de 2006 entrarán en vigor. En el caso del sector agropecuario fueran revisiones significativas sobre la locación (destino/localización/cuota) de las reducciones (estoques) de carbono en suelos agrícolas y las emisiones de nitrógeno.
16. *Good practice guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*.

