

Jemio M., Luis Carlos; Andersen, Lykke E.

**Working Paper**

## La economía boliviana en el siglo XXI: Un escenario base elaborado con la ayuda de un modelo de equilibrio general computable (BOLIXXI)

Development Research Working Paper Series, No. 10/2009

**Provided in Cooperation with:**

Institute for Advanced Development Studies (INESAD), La Paz

*Suggested Citation:* Jemio M., Luis Carlos; Andersen, Lykke E. (2009) : La economía boliviana en el siglo XXI: Un escenario base elaborado con la ayuda de un modelo de equilibrio general computable (BOLIXXI), Development Research Working Paper Series, No. 10/2009, Institute for Advanced Development Studies (INESAD), La Paz

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/45663>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

# Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo



## Serie de Documentos de Trabajo sobre Desarrollo

**No. 10/2009**

### La Economía Boliviana en el Siglo XXI: Un escenario base elaborado con la ayuda de un Modelo de Equilibrio General Computable (BOLIXXI)

por:

Luis Carlos Jemio  
Lykke E. Andersen

Diciembre 2009

Los opiniones expresados en la Serie de Documentos de Trabajo sobre Desarrollo son de los autores y no necesariamente reflejan los del Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo. Los derechos de autor pertenecen a los autores. Los documentos solamente pueden ser bajados para uso personal.



# **La Economía Boliviana en el Siglo XXI: Un escenario base elaborado con la ayuda de un Modelo de Equilibrio General Computable (BOLIXI)\***

Por:

Luis Carlos Jemio  
Lykke E. Andersen

La Paz, 20 de diciembre de 2009

---

\* Este estudio forma parte del proyecto “Estudio Regional de Economía del Cambio Climático en Sudamérica” (ERECC-SA) coordinado por el CEPAL y auspiciado por el Banco Interamericano de Desarrollo, la cooperación británica y la cooperación danesa. Los autores agradecen el apoyo y los comentarios recibidos de Ruben Mamani, Fernando Méndez, Carlos de Miguel, Gustavo Nagy, Alejandra Palma, Patricia Valdez, Horacio Valencia y Jaime Villanueva.



### RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento describe la construcción del escenario macroeconómico base para la economía boliviana, como parte del proyecto ERECC-Bolivia, que tiene como objetivo evaluar los efectos económicos del cambio climático esperado hasta 2100 de acuerdo con los escenarios A2 y B2 del modelo climático PRECIS desarrollado por el Hadley Centre for Climate Research en Inglaterra. Para la construcción del escenario base se usó un Modelo de Equilibrio General Computable construido para reflejar el funcionamiento de la economía boliviana al principio del siglo XXI, con el objetivo de garantizar que el escenario base sea además de plausible y factible, internamente consistente y refleje la evolución de toda la economía boliviana durante el siglo XXI.

En la construcción del escenario base se incorporaron los grandes cambios estructurales que previsiblemente ocurran durante el siglo XXI, cómo la continuación de la transición demográfica y la migración rural-urbana, así como la educación y capacitación de la población. Estas transformaciones tienen un profundo impacto sobre el funcionamiento del mercado laboral e inciden en la trayectoria del escenario base. También se incluyó la expansión de la frontera agropecuaria ligada a la producción y a la deforestación.

Con supuestos razonables, el escenario base muestra un aumento en el PIB per cápita de 8,9 veces durante el siglo XXI, resultado de aumentos anuales del PIB per cápita de entre 1 y 3%. Esto corresponde a aumentos anuales del PIB de entre 3,5 y 2,9%, lo que es perfectamente factible considerando que el crecimiento promedio durante el periodo 1970-2007 era de 2.9% por año, incluso con el crisis muy profundo del principio de los ochentas y el crisis más moderado de 1999-2003.

Se prevé una convergencia en ingresos per cápita entre el área rural y el área urbana, igual que una convergencia entre niveles de educación en las dos áreas. El aumento en ingresos rurales de 14 veces durante el siglo XXI solamente será posible con la expansión de la frontera agropecuaria que permita a cada agricultor cultivar extensiones de tierra mucho más grandes que ahora. Por eso también se prevé una eliminación gradual de la distinción entre agricultura tradicional y agricultura industrial, ya que gradualmente los agricultores tradicionales aumentarán su producción y se integrarán en los mercados nacionales e internacionales.

Los resultados obtenidos en el escenario base fueron utilizados como insumos en los demás estudios sectoriales, como es el caso de los estudios de agua, transporte, agrícola,

Lo que no se toma en cuenta son los cambios tecnológicos y sociales que todavía no se puede prever, pero que seguramente se materializarán durante la vida de las próximas generaciones. Esto significa que el escenario base muy probablemente está sesgado hacia el *status quo*.



### 1. Introducción

El proyecto ERECC-Bolivia tiene como objetivo evaluar los efectos económicos del cambio climático antropogénico esperado hasta 2100 de acuerdo con los escenarios A2 y B2 del modelo climático PRECIS desarrollado por el Hadley Centre for Climate Research en Inglaterra.

Para poder evaluar los impactos del cambio climático durante todo este siglo, es necesario no solamente saber ¿cuáles cambios? pero también ¿impactos sobre qué? Es decir, es necesario saber cuántas personas habrá en el país, dónde estarán, qué estarán haciendo, y cómo estarán haciéndolo, durante los próximos 100 años.

Cómo Bolivia está actualmente en un proceso de cambio profundo, no es tarea fácil prever el camino de desarrollo del país los próximos 100 años. No se puede simplemente hacer extrapolaciones simples del pasado, ya que el país está haciendo un gran esfuerzo justamente para romper estos patrones viejos. Por eso se construye un escenario base factible que parte de la situación actual y que toma en cuenta las restricciones estructurales sobre la economía, pero que es más positivo - en términos de aumentos en productividad e ingresos - de lo que el país ha experimentado en los últimos 50 años.

El presente documento reporta en detalle cómo se ha construido este escenario base y justifica los supuestos que se han asumidos. La herramienta principal utilizada para la construcción de este escenario fue un Modelo de Equilibrio General Computable (MEGC) construido para la economía boliviana y adaptada para la realización de este estudio. Dado que proporciona la trayectoria detallada de toda la economía boliviana cada año desde el año 2000 hasta el año 2100, lo hemos nombrado BOLIXII. La principal ventaja de usar esta herramienta para el estudio de los impactos del cambio climático es que asegura la consistencia interna en un análisis muy complejo que engloba muchas diferentes sectores y diferentes metodologías de análisis.

En la sección 2 se analizan las principales características del MEGC utilizado, así como algunas de las características específicas más relevantes para entender su funcionamiento. También se discute en forma muy general, las adaptaciones más importantes del MEGC realizadas para el estudio específico de la deforestación y el cambio climático.

En la sección 3 se analiza en detalle la construcción del Escenario Base. Se discuten en primer lugar los principales supuestos utilizados en las simulaciones relativas al comportamiento de variables exógenas claves. Se detallan los principales cambios estructurales que se espera la economía boliviana experimente hasta el año 2100, año hasta el cual se realizan las proyecciones macroeconómicas.

En la sección 4 se analiza en detalle las proyecciones de población y las tendencias demográficas esperadas de la población boliviana. El comportamiento de la población en el futuro tendrá un efecto muy importante sobre el funcionamiento del mercado laboral, tanto urbano como rural,



por lo que muy importante entender la dinámica poblacional. El rol de la educación y grado de calificación de la población también se discute en esta sección.

La sección 5 discute las proyecciones sobre el uso de la tierra y su impacto sobre la deforestación. Es de espera que los próximos años la principal causa de la deforestación siga siendo las actividades agropecuarias, las cuales originan la ampliación de la frontera agrícola. En este sentido, en esta sección se discuten las tendencias esperadas en el futuro de la producción, el área sembrada, área deforestada y área abandonada.

En la sección 6 se explica en detalle las proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero, y las principales causas que las originan. Entre las causas principales de la emisión están los cambios en el uso de la tierra, y también la producción de algunas ramas de actividad, como es el caso de la producción de energía, manufactura y agropecuaria.

La sección 7 analiza algunos resultados de las proyecciones macroeconómicas realizados mediante el MEGC, como es el caso del crecimiento del PIB, PIB per Cápita, consumo de los hogares, consumo de agua, equilibrios macroeconómicos, etc. Se discute la razonabilidad de las proyecciones realizadas a la luz de los comportamientos históricos observados en estas variables y de los cambios estructurales esperados para el futuro.

Finalmente, la sección 8 discute algunas de las conclusiones más importantes de este estudio.

El documento también contiene dos anexos. En el anexo A se analiza algunos aspectos importantes de la estructura del modelo, sobre todo en lo referido a la estructura productiva y de la distribución del ingreso entre las diferentes categorías ocupacionales identificadas en el modelo. En el anexo B se muestran en forma detallada todas las ecuaciones del MEGC utilizado en el presente estudio.

## **2. Principales Características del MEGC**

Los MEGC permiten realizar proyecciones manteniendo la consistencia macroeconómica en cada escenario para el cual se realiza la proyección. De esta forma, en cada escenario se verifican las identidades macroeconómicas fundamentales, como es el caso de los equilibrios entre el ahorro y la inversión, las restricciones de recursos de los sectores público y privado, las restricciones externas, la identidad entre oferta y demanda de bienes y servicios, a niveles global y sectoriales. A continuación se explican las principales características del modelo BOLIXXI.



## 2.1 Características generales de BOLIXXI

BOLIXXI es un modelo multisectorial, ya que incluye una desagregación relevante en los sectores de la producción, con diferentes cierres para sectores tales como la agricultura, minería, hidrocarburos, construcción, industria manufacturera, servicios, electricidad, etc. Con el objetivo de evaluar los efectos medioambientales de la producción, el sector agrícola ha sido desagregado aún más, incluyéndose en forma separada al sector agrícola tradicional, agrícola industrial, ganadería y forestal. También el sector de electricidad, gas y agua ha sido desagregado en tres sectores, por lo que se tiene las actividades de energía hidroeléctrica, termoeléctrica y agua en forma separada dentro del modelo. Esto será explicado en más detalle más adelante en el documento.

BOLIXXI también permite evaluar los efectos de diversos escenarios de crecimiento sobre la distribución del ingreso, ya que incluye una desagregación significativa para los diferentes grupos socio-económicos que participan en el mercado laboral, como ser: trabajadores asalariados y no asalariados, trabajadores urbanos y rurales, trabajadores calificados y no calificados. También hay una desagregación institucional significativa, ya que el modelo incluye a los sectores de las empresas, gobierno, empresas públicas, microempresas, etc.

BOLIXXI es dinámico-recursivo, por lo que permite evaluar los efectos de corto, mediano y largo plazo de las políticas, estrategias, y choques externos. El modelo resuelve los equilibrios para un año  $t$ , una vez que se ha resuelto y encontrado la solución factible para el año  $t-1$ . De esta forma BOLIXXI permite la acumulación de diversas formas de capital y activos en la economía, como es el caso de capital físico (público y privado), activos financiero (depósitos, cartera, reservas externas, deuda interna y externa), capital humano (trabajadores calificados), etc.

Se ha incorporado varios cambios estructurales importantes, lo que nos permite usar BOLIXXI para realizar proyecciones para periodos muy extensos (hasta 100 años).

## 2.2 Características específicas importantes

En esta sección se discuten las principales características específicas de BOLIXXI. En el anexo A se realiza una discusión más detallada de todas las características del modelo. Sin embargo, en esta sección se esbozan algunas características fundamentales:

- a) La oferta de cada una de las actividades productivas se determinan a través de funciones de producción sectoriales de elasticidad constante tipo CES (Constant Elasticity Substitution).

$$P_j = \{ (1+tx_{ij}) \cdot [\sum (PD_i/P_j^{p_j}) \cdot a_{ij} + \beta_{CP,j} \cdot (rc_j \cdot P_j)^{1-p_j} + \beta_{UP,j} \cdot (ru_j \cdot P_j)^{1-p_j} + \beta_{LB,j} \cdot (w)^{1-p_j} + a_{MP,j} \cdot (PD_{MP})^{1-p_j}] \}^{1/(1-p_j)}$$



Donde la estructura de costos de cada actividad es función de los impuestos pagados por el sector  $(1+tx_i)$ ; del consumo intermedio de insumos proveniente de otros sectores  $(\sum(PD_i/P_j^{pj}).a_{i,j})$ ; y de cuatro factores productivos: i. capital corporativo  $(\beta_{CP,j} \cdot (rc_j \cdot P_j)^{1-p_j})$ , ii. capital no corporativo  $(\beta_{UP,j} \cdot (ru_j \cdot P_j)^{1-p_j})$ ; iii. mano de obra  $(\beta_{LB,j} \cdot (w)^{1-p_j})$ ; y iv. insumos importados  $(a_{MP,j} \cdot (PD_{MP})^{1-p_j})$ .

- b) En el sector productivo todas las actividades tienen un cierre de mercado que se da a través de variaciones de precios y de cantidades, dependiendo de la elasticidad de las curvas de oferta y de demanda.

$$P_j \cdot X_j = CI_j + DF_j$$

Es decir, un cambio en la demanda final del sector  $j$  ( $DF_j$ ) o en el consumo intermedio de insumos producidos por ese sector ( $CI_j$ ) traerá como consecuencia un incremento en la cantidad producida por este sector ( $X_j$ ) o por un aumento de los precios ( $P_j$ ).

- c) En el modelo se diferencian varios grupos e instituciones cuyos balances de acumulación tienen diferentes cierres: hogares, corporaciones, empresas públicas, gobierno, y sector externo. Cada agente debe decidir sobre la composición de sus respectivos portafolios, basados en la rentabilidad de cada activo. Esto se incluye en BOLIXXI mediante la inclusión de funciones de portafolio de elasticidad constante tipo CES :

$$ASS_k \equiv \sum AA_k + KN_k$$

Donde  $ASS_k$  es el activo total del agente económico  $k$ . Este está compuesto de las inversiones en activos financieros ( $\sum AA_k$ ) y la inversión en activos físicos ( $KN_k$ ). La cantidad que el agente  $k$  invierte en activos  $j$  dependerá de la rentabilidad relativa de ese activo en relación a la rentabilidad total de los activos. Es decir:

$$AA_{k,j} = \alpha_{k,j} \cdot (rf_{j,k}/rk_k)^\sigma \cdot A_k$$

Los agentes también invertirán parte de su portafolio en activos físicos, siguiendo la misma lógica de las rentabilidades relativas.

$$KN_k = \alpha_{k,j} \cdot (rf_{j,k}/rk_k)^\sigma \cdot A_k$$

El balance de acumulación de cada agente  $k$  sigue reglas particulares, las cuales se analizan a continuación.

- d) El ajuste de los balances de acumulación para los hogares la causalidad va desde la disponibilidad de recursos hacia la acumulación de activos. Por lo tanto, el nivel de inversión realizado y la acumulación de otros activos financieros, se ajustan a la disponibilidad de





fondos, que es determinada exógenamente a los hogares. Los hogares sin embargo pueden escoger la estructura de su portafolio siguiendo criterios de maximización de rentabilidad.

- e) Las compañías también invierte de acuerdo a su disponibilidad de recursos. Sin embargo, a diferencia de los hogares, las compañías tienen acceso a recursos externos y son prestatarios preferenciales por parte de los bancos. Las Compañías puede determinar la estructura de su portafolio sobre la base de las diferenciales de rentabilidad de los distintas alternativas de inversión. El nivel de inversión realizado por las Compañías puede estar restringido por la disponibilidad de financiamiento impuesto por la política monetaria a nivel macroeconómico ('budget constraint').
- f) Las Empresas Públicas y el Gobierno por otra parte, determinar sus niveles de inversión en capital físico en forma exógena y también de activos financiero, y la disponibilidad de financiamiento se ajusta a estos niveles. Parte de ese financiamiento viene del mercado financiero nacional, por lo que existe un cierto grado de “crowding-out” de las actividades del sector privado. Sin embargo, la variable de ajuste final en el balance de acumulación del sector público es el endeudamiento externo, el cual se ajusta endógenamente en el balance del sector público.
- g) El Banco Central otorga crédito a los bancos privados, cumpliendo su rol de prestamista de última instancia. El crédito al sector público, gobierno y empresas estatales, se ajusta dependiendo de la demanda de financiamiento del sector público.
- h) Los bancos comerciales prestan a las compañías de acuerdo a las necesidades determinadas por estas últimas. Contrariamente, los bancos determinan los niveles de financiamiento a los hogares basados en criterios de rentabilidad. El financiamiento de estos créditos es obtenido mediante depósitos bancarios, crédito proveniente del Banco Central y financiamiento externo.
- i) Por lo analizado anteriormente, se puede deducir que a nivel macroeconómico, el MEGC incorpora diverso tipos de ajuste para el balance ahorro-inversión para la economía en su conjunto.

$$Sh + Sc + Sg + Se = Ih + Ic + Ig$$

La inversión del gobierno ( $Ig$ ) se determina exógenamente y el ahorro de los hogares ( $Sh$ ), ahorro de las empresas ( $Sc$ ) y del gobierno ( $Sg$ ) se determinan en función de los ingresos y gastos de cada uno de estos sectores. Por lo tanto, si por ejemplo el gobierno aumenta su nivel de inversión ( $ig$ ), las variables que ajustan el balance macroeconómico son:

- i. La inversión de los hogares ( $Ih$ ) y de las corporaciones ( $Ic$ ) se reducen debido a que éstas se ajustan a la disponibilidad de financiamiento, lo cual puede generar un efecto de desplazamiento de la actividad privada (“crowding-out”).
- ii. A través del ahorro externo ( $Se$ ), ya que un incremento en la inversión pública ( $Ig$ ), traerá como consecuencia un aumento en el déficit fiscal, el cual será financiado parcialmente mediante mayor endeudamiento externo.



- iii. También puede aumentar el ahorro del gobierno y del sector privado en su conjunto, debido al mayor nivel de actividad que se genera al aumentar la inversión pública, en un ajuste al estilo keynesiano.
- iv. Finalmente, el aumento en la inversión también puede generar efectos re-distributivos en el ingreso, desde los sectores con mayor propensión a consumir, hacia sectores con menor propensión a consumir, por lo que el ahorro a nivel macroeconómico tendería a aumentar para financiar la inversión adicional.

En el Anexo A de este documento, aparecen en detalle las ecuaciones de BOLIXXI así como una explicación de cada una de las ecuaciones. El Anexo B presenta la Matriz de Contabilidad Social de 1999 utilizada como base para la construcción de BOLIXXI.

### **2.3 Las variables medioambientales de BOLIXXI**

BOLIXXI ha sido adaptado para evaluar los efectos del comportamiento macroeconómico sobre variables medioambientales, tales como la deforestación y la emisión de gases de efecto invernadero. El modelo también permite evaluar los efectos y costos económicos de implementar políticas dirigidas a reducirla la deforestación y las emisiones de gases. Estas también pueden variar si se producen shocks externo, como ser un incremento en el precio de los alimentos en los mercados internacionales, o un cambio tecnológico que incrementa la productividad de la tierra.

BOLIXXI también permite evaluar y medir los costos de implementar políticas dirigidas a reducir la deforestación y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Las políticas pueden estar dadas en la forma de impuestos a la producción de sectores que tengan un mayor efecto sobre estas variables medioambientales, como es el caso de la agricultura agro-exportadora o la producción de energía termoeléctrica. También permite evaluar los efectos de aplicar políticas de incentivos y compensaciones, aplicadas con el objeto de incentivar una reducción en la producción y en la deforestación.

Los costos económicos de aplicar políticas dirigidas a reducir la deforestación y emisión de gases pueden ser evaluados en términos de los valores presentes netos de la producción no materializada, de exportaciones que se dejaron de realizar, del empleo no generado, etc. También se pueden determinar los costos fiscales de cada una de las alternativas de políticas o estrategias adoptadas; los costos incurridos en términos de mayor inflación o apreciación cambiaria; los impactos distributivos de estas políticas.

## **3. Cambios estructurales de largo plazo**

Para la construcción del escenario base, es necesario especificar de antemano, los principales supuestos sobre los cuales se basarán las proyecciones. Estos supuestos incluyen las tendencias



demográficas observadas, las tasas de inversión estimadas, los cambios estructurales esperados en el futuro, los cuales condicionarán los resultados de las proyecciones, etc.

Para analizar los cambios estructurales de largo plazo que una economía como la boliviana puede experimentar en un periodo de 100 años, un MEGC se constituye en una herramienta muy valiosa.

Como se dijo anteriormente, el MEGC nos garantiza que las proyecciones realizadas mantengan una coherencia y consistencia macroeconómica interna, ya que se verifican las identidades macroeconómicas y se respetan las restricciones de recursos internas y externas existentes. Sin embargo, es necesario definir claramente los supuestos sobre los cuales se realiza las proyecciones y se definirá los diferentes escenarios, los cuales comprenden los supuestos adoptados sobre los cambios estructurales que esperaríamos que se produzcan en Bolivia, en las áreas económica, demográfica, social, medioambiental, tecnología, etc. Algunos de los cambios importantes esperados, y que están siendo incluidos en las proyecciones de largo plazo son los siguientes:

- i. Las tendencias demográficas de la población boliviana prevén un crecimiento de la población a tasas decrecientes, así como una creciente urbanización de la misma en el largo plazo.
- ii. El nivel de ingreso per cápita se incrementará en forma importante, convirtiendo a Bolivia en un país de ingresos medios-altos.
- iii. Para que suceda lo planteado en el punto ii, es necesario que se produzca un incremento sostenido en la productividad del trabajo y consecuentemente en los salarios reales.
- iv. También es necesario que se incremente en forma sostenida las tasas de inversión y de innovación tecnológica, lo cual permitirá alcanzar los incrementos en la productividad mencionados. Este aumento en la productividad es también necesario, dado que la tasa de crecimiento de la población se irá reduciendo paulatinamente.
- v. El progreso tecnológico también permitirán incrementar la productividad de la tierra y por lo tanto también reducir el área deforestada.
- vi. Será necesario también crear mayor empleo en sectores que generen un mayor valor agregado y por lo tanto permitan absorber el elevado desempleo y subempleo que caracterizan en la actualidad el mercado de trabajo en Bolivia.
- vii. Es importante que los diferentes escenarios construidos sean consistentes con las restricciones de recursos internas y externas, por lo que en cada escenario se verificarán la consistencia de las proyecciones de los balances fiscales y externos, la acumulación de deuda pública y la tasa de inflación.



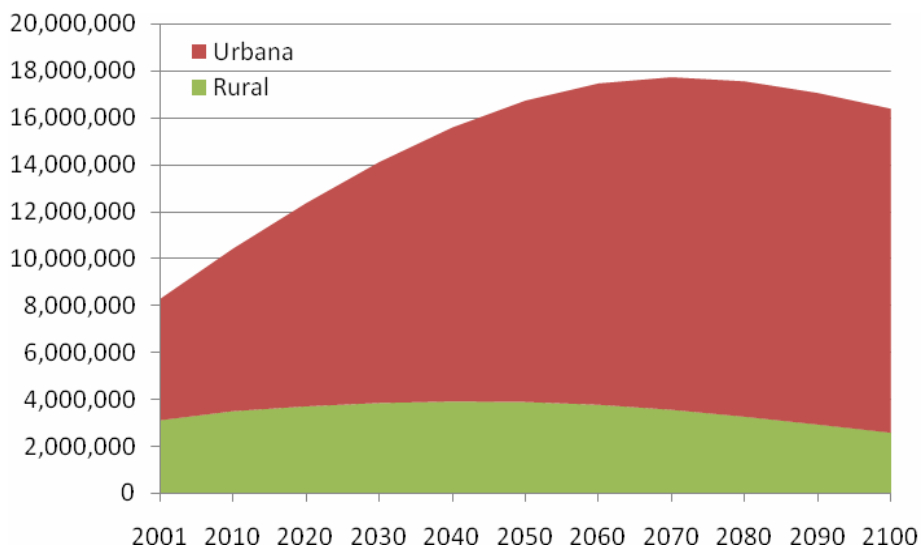
## 4. Tendencias Demográficas y el Mercado Laboral

### 4.1 Crecimiento poblacional

La tendencia demográfica futura del país tendrá un impacto significativo sobre el desempeño económico, ya que este incide directamente sobre el comportamiento del consumo y del mercado laboral. En la construcción del escenario base se incluyeron las proyecciones de población elaboradas por la CEPAL, las cuales consideran que la población boliviana crecerá a tasas decrecientes hasta el año 2070, aumentando de 10,2 millones en 2009 a 17,7 millones en 2070. A partir de ese año, la tasa de crecimiento poblacional se volverá negativa, llegando la población para el año 2100 a 16,4 millones (ver el Gráfico No. 1).

Otra característica importante de las proyecciones demográficas es que éstas asumen que la población boliviana tenderá a ser crecientemente urbana, pasando la tasa de urbanización de 62,3% en 2001 a 84,2% en 2100. Esta tendencia también tendrá efectos significativos sobre el funcionamiento del mercado laboral, ya que existirá una mayor presión sobre la generación de empleo en el mercado laboral urbano, y necesariamente deberá producirse un significativo incremento en la productividad del trabajo rural, especialmente en las actividades agropecuarias, para de esta forma garantizar el incremento en la producción de alimentos y productos de exportación agro-industriales.

**Gráfico No. 1: Proyecciones de población rural/urbana en Bolivia**



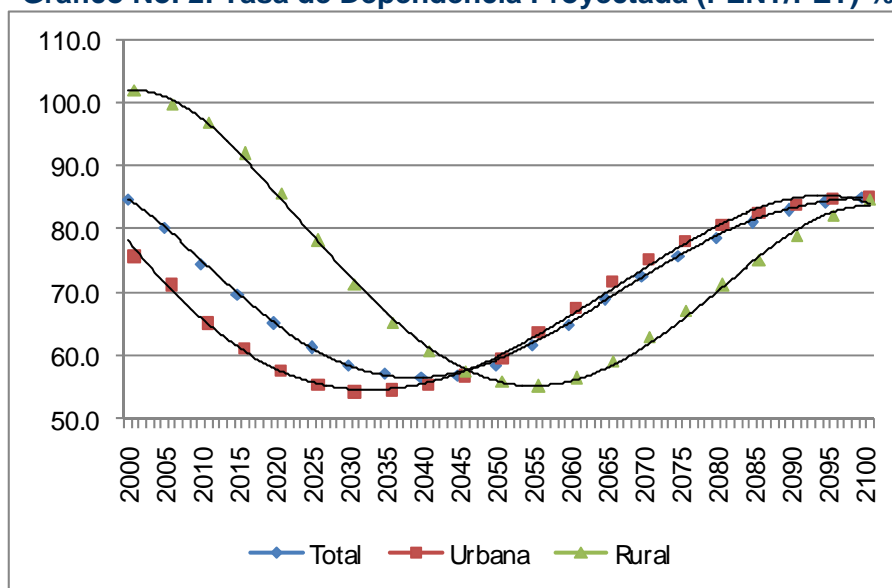
**Fuente:** Elaboración propia, en base a proyecciones de población de CEPAL.



Debido a las características actuales de la población boliviana, la cual tiene una alta proporción de población joven, se espera que en los próximos años se produzca un elevado ingreso de nuevos participantes a la fuerza de trabajo, por lo que la Tasa de Dependencia (TD), definida como la razón entre Población en Edad de No Trabajar (PENT), dividida entre la Población en Edad de Trabajar (PET), a nivel nacional caería de 80,4% en 2005 a 56,6% en 2040, lo cual hará que la tasa de crecimiento de la población económicamente activa sea mayor que la tasa de crecimiento de la población. Posteriormente, la Tasa de Dependencia tiende a aumentar hasta situarse alrededor del 85% para el año 2100. El Gráfico No. 2 muestra la evolución estimada para la Tasa de Dependencia a nivel nacional, urbano y rural.

En el área rural, la tasa de dependencia es en la actualidad mucho más elevada que en el área urbana, por lo que se proyecta que la tendencia descendente inicial tienda a ser más pronunciada, pero a su vez ésta tome un periodo mayor de tiempo en relación a la del área urbana. Al final del periodo de análisis, las tasas de dependencia urbana y rural, y por lo tanto nacional, tienden a converger al nivel de 85%.

**Gráfico No. 2: Tasa de Dependencia Proyectada (PENT/PET) %**



Fuente: Elaboración propia, en base a proyecciones de población de CEPAL.

### 7.3 Población en edad de trabajar (PET) y población económicamente activa (PEA)

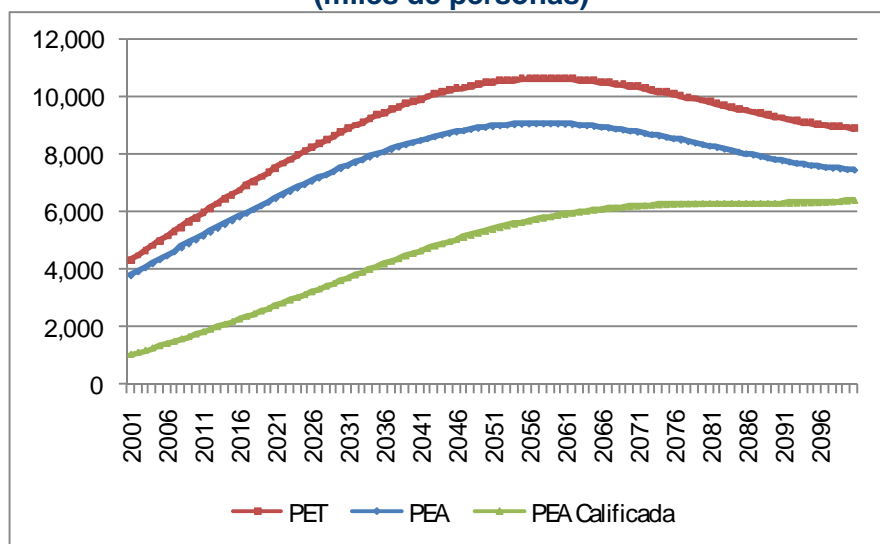
Las tendencias demográficas descritas, tanto en términos de la tasa de crecimiento de la población, la creciente urbanización y la mayor participación de la población en el mercado laboral, tienen efectos significativos en el funcionamiento del mercado laboral, tanto urbano como rural.



A nivel nacional, se observa que la PET crece hasta el año 2058 a tasas decrecientes. Para ese año, la PET a nivel nacional llega a ser de 10,6 millones de personas. Debido a las tendencias demográficas descritas, a partir de del año 2059 la PET empieza a decrecer a tasas crecientemente negativas, llegando en el año 2100 a un nivel de 8,9 millones (Gráfico No. 3).

El comportamiento de la PET tiene un efecto directo sobre el comportamiento de la Población Económicamente Activa (PEA), la cual sigue un comportamiento muy similar al de la PET.

**Gráfico No. 3: Proyecciones de PET, PEA y PEA calificada (miles de personas)**



**Fuente:** Elaboración propia, en base a proyecciones de población de CEPAL.

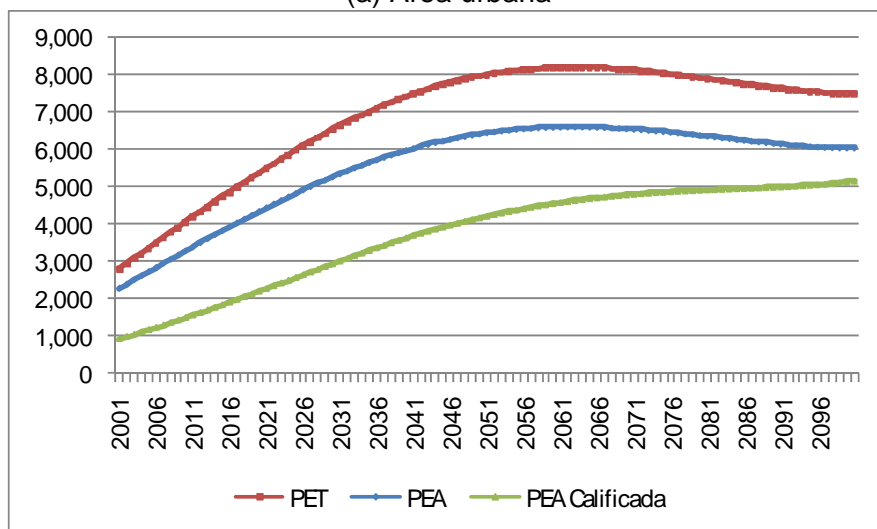
Debido a las tendencias demográficas analizadas, existen diferencias significativas entre el comportamiento de la oferta laboral en las áreas urbana y rural. En el área urbana la PET aumenta, también a tasas decrecientes, hasta el año 2063, debido a la mayor migración desde el área rural hacia el área urbana. Ese año la PET urbana llega a ser de 8,2 millones de personas. A partir de 2064 la PET urbana se reduce hasta llegar en 2100 a un número de 7,5 millones (Gráfico No. 4(a)).

La PET en el área rural por otra parte, el crecimiento de la PET se da solamente hasta el año 2050, cuando ésta alcanza un nivel de 2,5 millones. Posteriormente ésta experimenta un significativo descenso, llegando para el año 2100 a un nivel de 1,4 millones, inferior al nivel de la PET existente el año 2000. Debido a que se mantiene el supuesto que en el área rural prácticamente todas las personas que están en la PET también pertenecen a la PEA, esta última sigue prácticamente la misma tendencia de la PET (Gráfico No. 4(b)).

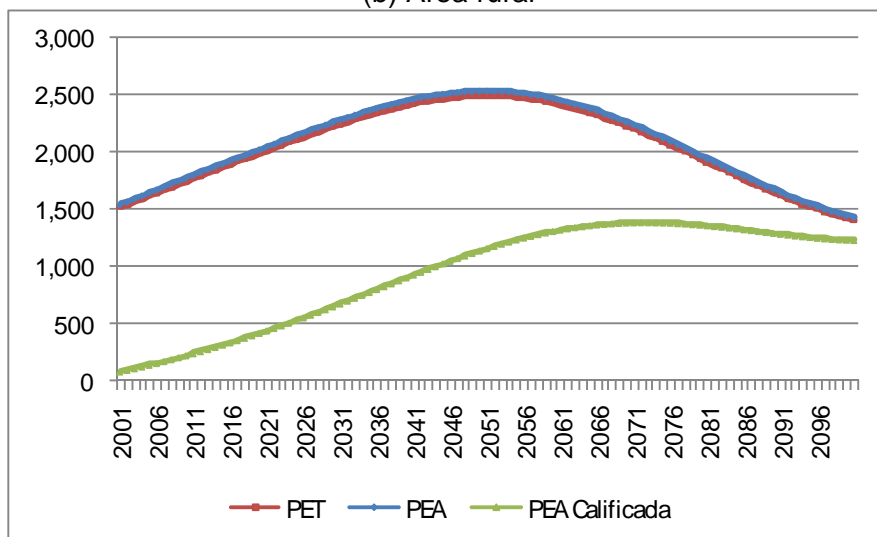


**Gráfico No. 4: Proyecciones de PET, PEA y PEA calificada, por área**  
**(miles de personas)**

(a) Área urbana



(b) Área rural



**Fuente:** Elaboración propia, en base a proyecciones de población de CEPAL.

Finalmente, dado que el modelo diferencia el comportamiento del mercado laboral según la calificación de la mano de obra (calificados y no calificados) fue necesario realizar proyecciones de la PEA tanto urbano como rural, considerando el grado de calificación de la misma. En primer lugar, se asume que los trabajadores calificados son aquellos que han completado la enseñanza secundaria o tienen enseñanza superior, mientras que los trabajadores no calificados son los que no han podido completar la enseñanza secundaria. El modelo también asume que la oferta de trabajo calificado es inelástica en la actualidad, por ser esta relativamente escasa. Por el contrario, la oferta de trabajadores no calificados es más elástica por ser esta más abundante. Por



lo tanto, la oferta de trabajo calificado en BOLIXXI actúa como una restricción al crecimiento, dada su baja elasticidad. Sin embargo, a través del tiempo se espera que la mayor parte de la población y fuerza laboral boliviana sea calificada, por lo que la restricción impuesta al crecimiento por el trabajo calificado tenderá a volverse menos crítica.

A nivel nacional, la PEA ocupada calificada para el año 2008 alcanza a 860 mil personas, equivalentes al 15,8% de la población ocupada. La PEA calificada por otra parte, ha estado creciendo a una tasa de 8% promedio anual durante el periodo 2001-2007, lo que ha permitido incrementar la incidencia de los trabajadores calificados de 11,7% el año 2000 a 15,8% en 2007. El crecimiento futuro de la fuerza laboral calificada dependerá de las políticas públicas y del gasto en educación, por lo que en el escenario base se asume que la oferta de mano de obra calificada se incrementará a una tasa superior a la tasa de crecimiento de la fuerza laboral y por lo tanto mayor a la tasa de crecimiento de la población.

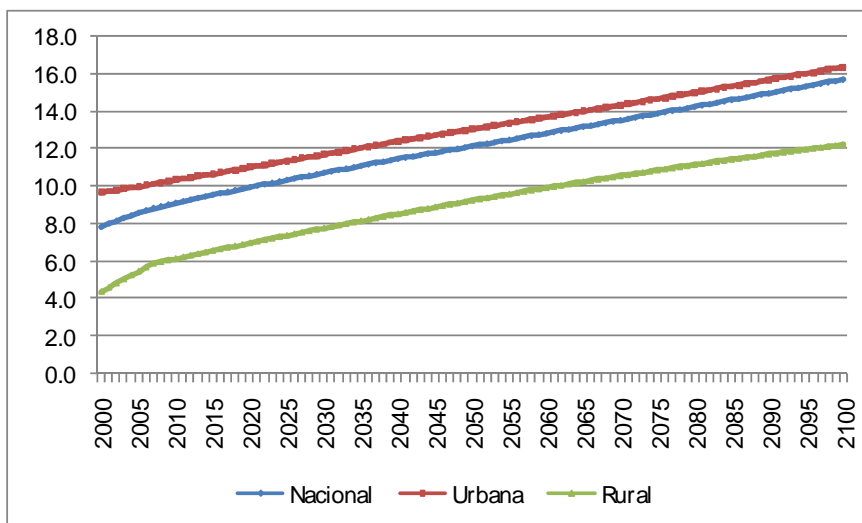
De acuerdo a las proyecciones realizadas, para el año 2100 se espera que un 85% de la PEA tanto para el área urbana como rural, y por lo tanto a nivel nacional, sea calificada. Es decir tengan por lo menos completada la educación secundaria, equivalente a 12 años de escolaridad. Debido a que se espera que existirá un mayor énfasis en las políticas públicas para que la mayor parte de la población tenga la enseñanza secundaria completa lo más antes posible, se asume una tasa de crecimiento de la PEA calificada más alta en los primeros años, la cual va descendiendo paulatinamente a través de los años. El porcentaje de PEA urbana calificada se incrementa de 41% en 2000 a 85% para el 2100, mientras que el porcentaje de PEA rural calificada aumenta de 5,5% en 2000 a 85% en 2100. A nivel nacional el porcentaje de PEA calificada sube de 26,8% en 2000 a 85% en 2100. Estas tendencias aparecen en los Gráficos No. 3 y 4.

Si bien fue importante diferenciar entre la fuerza laboral calificada y no calificada para fines de modelaje del mercado laboral en el BOLIXXI, también fue importante incluir una medida del nivel de capital humano existente, para lo cual se proyectó los años de escolaridad para cada una de las categorías ocupacionales incluidas en el modelo. De acuerdo a las proyecciones realizadas, a nivel nacional los años de escolaridad de la PEA subirán de 7,6 años para el año 2000 a 15,7 años en 2100. En el área urbana, los años de escolaridad promedio de la población se incrementarán de 9,6 años en 2000 a 16,4, mientras que en el área rural este incremento será de 4,2 a 12,3 años. Es decir, se espera que para el año 2100 la mayor parte de la población tenga al menos la enseñanza media completa (Gráfico No. 5).





**Gráfico No. 5: Años de Escolaridad de la PEA en Bolivia  
(Número Promedio de Años de Estudio Cursados)**



Fuente: Elaboración propia.

#### 7.4 Oferta y Demanda de Trabajo

La oferta de trabajo para cada uno de los sectores productivos en BOLIXXI se determina a partir de las tendencias demográficas analizadas en la sección anterior, tanto para el área urbana como rural, así como la oferta de trabajo calificado y no calificado. La oferta de trabajo ( $LS_k$ ) para cada una de las categorías ocupacionales está dada en el modelo por la PEA. Las tendencias demográficas analizadas determinan la oferta de trabajo (PEA) para cuatro grupos de trabajadores: 1) urbanos calificados, 2) urbanos no calificados, 3) rurales calificados y 4) rurales no calificados. Esta oferta de trabajo se distribuye a través de los diferentes sectores productivos, de acuerdo a una función de sustitución de elasticidad constante (CES), donde la oferta de trabajo tipo  $k$ , en la rama de actividad  $i$  está dado por la siguiente función.

$$LLS_{k,i} = \alpha_{k,i} \cdot (w_{k,i}/w_k)^{\rho_k} \cdot LS_k$$

Donde:

- $LLS_{k,i}$ : oferta de trabajo  $k$  en la rama de actividad  $i$
- $\alpha_{k,i}$ : participación de la actividad  $i$ , en el empleo de trabajo tipo  $k$ , en el año base
- $w_{k,i}$ : salarios pagados en la actividad  $i$  a la categoría de trabajo  $k$
- $w_k^{\rho_k}$ : salario promedio pagado a la categoría de trabajo tipo  $k$
- $LS_k$ : oferta de trabajo tipo  $k$  determinado por las tendencias demográficas



$\rho^k$  : elasticidad de sustitución constante

La ecuación anterior muestra que un trabajador de la categoría ocupacional  $k$ , elegirá trabajar en la actividad  $i$ , en la medida que el salario pagado en esta actividad a este tipo de trabajo ( $w_{k,i}$ ) sea mayor que el salario promedio pagado por todas las actividades económicas a esta categoría laboral.

La demanda de trabajo ( $LD_i$ ) por otra parte, se deriva en el MEGC de las funciones de producción de cada una de las ramas de actividad  $i$  incluidas en el modelo, y es igual a la función productividad marginal del trabajo en cada rama de actividad.

$$LD_i = \beta_i \cdot (P_i/w_i)^{\rho_i} \cdot X_i$$

Donde:

- $LD_i$  : demanda total de trabajo en la actividad  $i$
- $\beta_i$  : participación de la actividad  $i$  en la demanda total de trabajo en el año base
- $w_i$  : salario promedio pagado en la actividad  $i$
- $P_i$  : precio promedio de bien o servicio producido por la rama de actividad  $i$
- $X_i$  : producción de la actividad  $i$
- $\rho_i$  : elasticidad de sustitución constante en la actividad  $i$

Esta ecuación implica que las empresas van a emplear trabajadores, en la medida que el precio del bien producido ( $P_i$ ) sea mayor al salario pagado para producirlo ( $w_i$ ), suponiendo que en equilibrio, la productividad marginal del trabajo es igual al salario real, lo cual queda expresado en forma implícita en la ecuación anterior.

A partir de esta demanda por trabajo para cada rama de actividad, se derivaron demandas anidadas en cada una de las ramas de actividad para cada una de las categorías ocupacionales incluidas en el modelo, y descritas en mayor detalle en el anexo A. Es decir:

$$LLD_{k,i} = \alpha_{k,i} (w_{k,i} / w_i)^{\rho_i} \cdot LD_i$$

Donde:

- $LLD_{k,i}$  : demanda en la actividad  $i$ , por trabajo tipo  $k$
- $\alpha_{k,i}$  : participación de la categoría de trabajo  $k$ , en la demanda total de trabajo de la actividad  $i$  en el año base
- $w_i$  : salario promedio pagado en la actividad  $i$
- $w_{k,i}$  : salario pagado en la actividad  $i$  a trabajadores de la categoría ocupacional  $k$
- $LD_i$  : demanda total de trabajo en la actividad  $i$
- $\rho_i$  : elasticidad de sustitución constante en la actividad  $i$



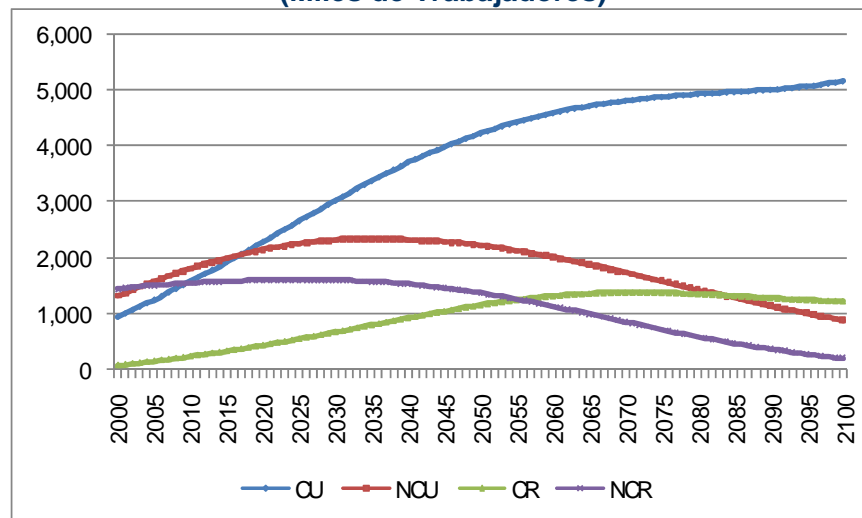
De acuerdo a esta función, las empresas que operan en la rama de actividad  $i$ , contratarán más trabajadores de la categoría laboral  $k$ , en la medida que el salario pagado a estos trabajadores ( $w_{k,i}$ ) sea menor al salario promedio pagado en esta rama de actividad ( $w_i$ ).

Finalmente, en equilibrio se verifica que la oferta de trabajo es igual a la demanda, para cada categoría ocupacional y para cada rama de actividad:

$$LLS_{k,i} = LLD_{k,i}$$

El Gráfico No. 6 muestra el comportamiento del empleo de acuerdo a las proyecciones realizadas mediante el modelo. Se observa que para el 2100, la población ocupada no calificada, urbana y rural, tiende a disminuir debido a que para este año, la mayor parte la población boliviana estará calificada. Por otro lado, la población calificada, tanto urbana como rural, tienden a aumentar, aunque el incremento de la población urbana es mayor a la de la rural, debido a la creciente migración campo-ciudad.

**Gráfico No. 6: Trabajadores por Categoría Ocupacional (Miles de Trabajadores)**



Fuente: Elaboración propia.

## 5. Uso de la Tierra, Deforestación y Actividad Agrícola

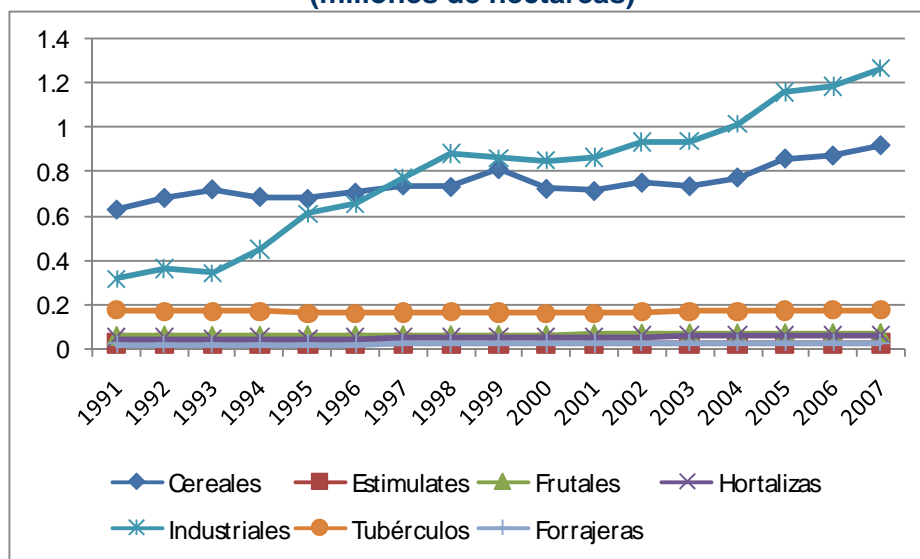
Otro de los aspectos fundamentales que fueron incluidos en el diseño del escenario base dentro de BOLIXXI fue el comportamiento de la deforestación durante el horizonte de tiempo analizado en este estudio. Se adoptaron las proyecciones de deforestación realizadas en Andersen (2009), por lo que en el modelo se modeló el vínculo existente entre producción agropecuaria, área sembrada y deforestación.



La deforestación ocurrida en Bolivia en los últimos años ha estado asociada a la expansión de la frontera agrícola, la cual a su vez ha dependido de la expansión de producción de productos industriales y de cereales. El área sembrada de productos agrícolas industriales (soya y girasol), ha experimentado el mayor incremento en los últimos 17 años, creciendo de 314,5 mil hectáreas en 1991 a 1.265 mil hectáreas en 2007. La superficie sembrada de cereales por su parte creció de 627,8 mil hectáreas en 1991 a 916,9 mil hectáreas en 2001. Ambos tipos de cultivos representaron el 86,3% del área sembrada para el 2001 (Gráfico No. 7).

El resto de los productos agrícolas: frutales, estimulantes, hortalizas, tubérculos y forrajes, solo representan un 13,7 del área sembrada para ese año y ésta ha permanecido prácticamente constante a través del tiempo. Lo anterior muestra que no todos los productos agrícolas han contribuido de igual manera a la expansión de la frontera agrícola y por lo tanto a la deforestación.

**Gráfico No. 7: Superficie Cultivada por Productos Principales (millones de hectáreas)**



Fuente: Elaboración propia en base a información de INE.

Para el cálculo del área deforestada, se utilizó el balance del área de tierra boscosa disponible en Bolivia. De esta forma, el área total de tierra disponible en el país, que tiene el potencial de ser utilizada para actividades agropecuarias, es igual al área cultivada en el periodo t, más el área abandonada por los productores agropecuarios debido a su agotamiento y depreciación, más el área que permanece como bosque. Es decir:

$$AT_t = B_t + C_t + A_t$$

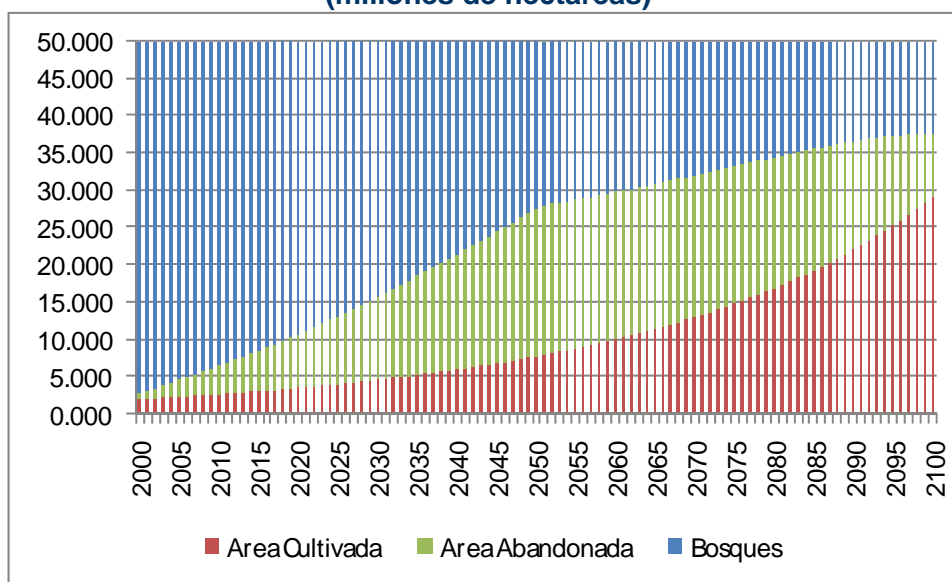
Donde:



- $AT_t$ : Área total cultivable existente en Bolivia (constante para cualquier t)
- $B_t$ : Área de bosques existente en el periodo t
- $C_t$ : Área cultivada en el periodo t
- $A_t$ : Área abandonada existente en el periodo t

Esta ecuación, que es mostrada en el Gráfico No. 8 se resuelve de la siguiente manera: El área total disponible ( $AT_t$ ) está dada exógenamente y permanece fija para todo el periodo de las proyecciones, siendo ésta igual a 50 millones de hectáreas, lo que es la mitad de la superficie total del país. No toda esta área tiene aptitud para agricultura por problemas de pendientes fuertes, inundaciones regulares, suelos no adecuados, áreas protegidas, y otros. Sin embargo, en el pasado estas razones no han sido suficientes para prevenir la conversión de bosque a usos agropecuarios.

**Gráfico No. 8: Superficie cultivada por productos principales (millones de hectáreas)**



**Fuente:** Elaboración propia en base a información de INE.

El área cultivada  $C_t$ , que es la variable referida a la utilización de la tierra por parte de las actividades agropecuarias en la producción del periodo, se calcula a partir de elasticidades área cultivada/producción agropecuaria para cada uno de los sectores agropecuarios identificados en el modelo ( $\eta_i$ ). Estas elasticidades fueron estimadas econométricamente a partir de información disponible publicada por el INE. Es decir:

$$C_t = \mu \cdot X_t^{\eta_i}$$

El Cuadro No. 1 presenta estas elasticidades, así como la información sobre la producción, superficie sembrada y rendimientos para los principales productos agrícolas: girasol, soya, trigo, maíz, arroz, cebada, y papa, para el año 2007. Estos 7 productos abarcan el 80% de la superficie



sembrada, siendo los más importantes la soya, con el 37,9% del área total, y el maíz con 14%. Los mayores rendimientos sin embargo corresponden a la papa (5.4 TM/hectárea). La soya y el girasol presentan elasticidades ligeramente mayores a la unidad, lo que muestra que la expansión de la producción de estos cultivos ha requerido la incorporación en forma proporcional, de superficie de tierra adicional, por lo que el rendimiento ha permanecido constante. Otros productos como el trigo, maíz, y arroz presentan elasticidades más bajas. La menor elasticidad es la de la papa (0,025), lo que implica que las variaciones en la producción de este producto, hacia arriba o hacia abajo, se ha dado a través de cambios en el rendimiento, permaneciendo la superficie sembrada prácticamente constante a través del tiempo.

**Cuadro N° 1: Producción, superficie sembrada, y rendimientos de los principales productos agrícolas**

	2007				Elasticidad Superficie/ Producción
	Producción TM	Area Sembrada (hectáreas)	% Superficie Total Sembrada	Rendimiento (TM/hectárea)	
Girasol	173.3	162.0	6.4	1.07	1.073
Soya	1,595.9	958.3	37.9	1.67	1.015
Trigo	165.2	144.0	5.7	1.15	0.614
Maíz	770.4	354.2	14.0	2.18	0.421
Arroz	369.1	170.0	6.7	2.17	0.414
Cebada	72.6	93.3	3.7	0.78	0.166
Papa	735.3	137.0	5.4	5.37	0.025
Otros		509.4	20.1		
Total		2,528.0	100.0		

Fuente: Elaboración propia en base a información del INE.

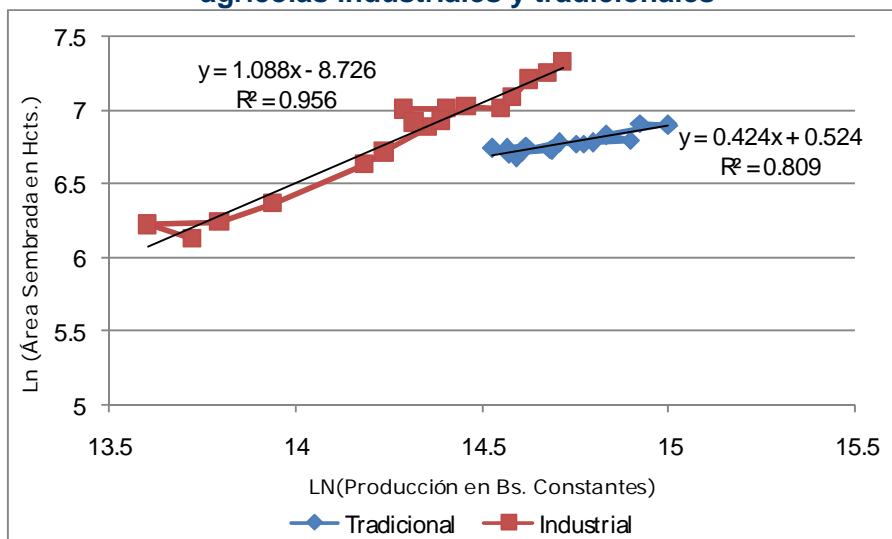
Con el objetivo de incorporar estos hechos estilizados dentro de BOLIXXI, la producción agropecuaria fue agrupada en categorías, sobre la base de la tecnología imperante en su producción: actividades agrícolas tradicionales (frutales, estimulantes, hortalizas, tubérculos, forrajeras y cereales, excluyendo la producción de trigo y sorgo) y agricultura industrial (industriales, trigo y sorgo), para lo cual se utilizaron precios constantes de 1999 con el objeto de valorar la producción y poder de esta forma agregarla, obteniéndose así series de producción constantes para la agricultura tradicional e industrial.

En base a esta clasificación se estimaron elasticidades área sembrada-producción para ambos grupos de agricultura, las cuales miden el cambio porcentual en la superficie sembrada que ocurre ante cambios porcentuales en la producción. Los valores obtenidos para estas elasticidades son de 1,088 para los productos industriales y de 0,42 para los productos agrícolas tradicionales.

El Gráfico No. 9 muestra las series obtenidas para la agricultura tradicional e industrial, así como las elasticidades estimadas a partir de ellas. Estas elasticidades fueron introducidas en el modelo, lo cual permitió proyectar el área cultivada para ambas categorías de productos agrícolas, y para la agricultura en su conjunto.



**Gráfico No. 9: Producción y área sembrada para productos agrícolas industriales y tradicionales**



**Fuente:** Elaboración propia en base a información de INE.

Para calcular el área deforestada y abandonada se adoptó el supuesto que el área deforestada acumulada ( $D_t$ ) en el periodo  $t$ , es igual a la superficie cultivada ( $C_t$ ) más la superficie abandonada ( $A_t$ ) existente en ese periodo. Es decir

$$AT_t - B_t = D_t = C_t + A_t$$

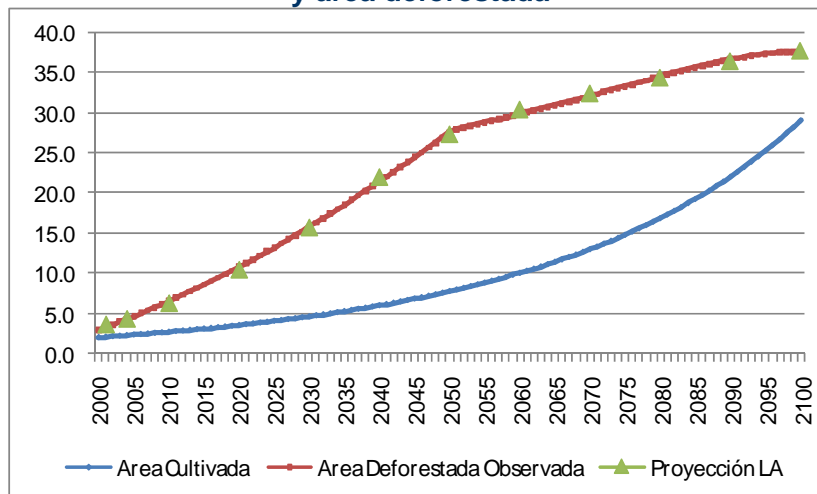
Por otra parte, el área deforestada ( $D_t$ ) fue relacionada con el área cultivada, asumiendo que la principal causa para que exista deforestación es la ampliación de la frontera agrícola. De esta forma, se estimó una función de causalidad entre el área cultivada en el periodo  $t$  ( $C_t$ ) y el área deforestada acumulada para ese mismo periodo ( $D_t$ ).

$$D_t = f(A_t)$$

Esta función se estimó a partir de las proyecciones de área cultivada resultantes del MEGC y las proyecciones de deforestación realizadas por Andersen (2009). Se utilizó una ecuación polinómica de grado 4 la que mejor refleja esta relación. Los resultados de la proyección aparecen en el Gráfico No. 10.



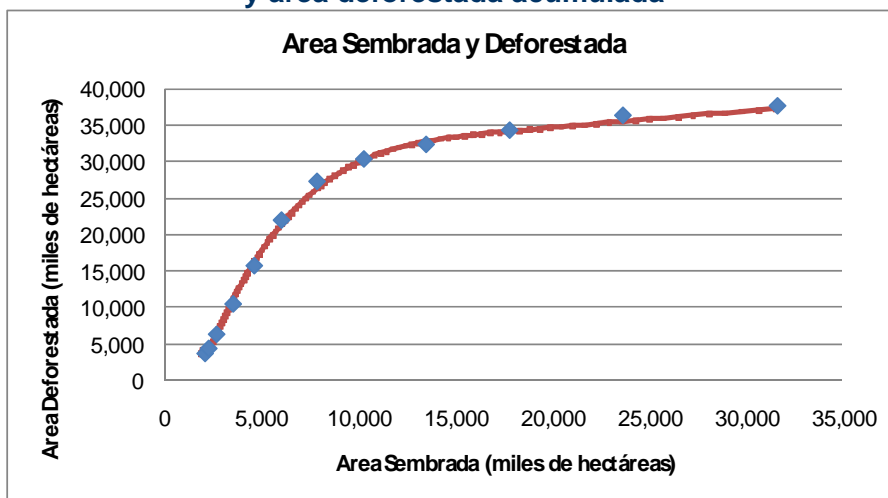
**Gráfico No. 10: Proyecciones de área sembrada total y área deforestada**



Fuente: Elaboración propia en base a información de Andersen (2009).

La relación proyectada entre la superficie sembrada y el área deforestada aparece en el Gráfico No. 11, el cual muestra que la superficie total sembrada para el año 2100 alcanzaría a 29 millones de hectáreas, mientras que el área deforestada sería de 37,6 millones. Inicialmente, la expansión de la frontera agrícola estaría asociada a una mayor deforestación. Sin embargo, en la medida que el área deforestada se aproxima al máximo disponible de bosque en el país, incrementos adicionales en el área sembrada tendrían un menor efecto sobre la deforestación, e incluso en algún momento sería mayor el área recuperada que el área deforestada, con lo que la tasa de abandono de tierra por parte de los productores agrícolas se tornaría negativa.

**Gráfico No. 11: Proyecciones de área sembrada total y área deforestada acumulada**



Fuente: Elaboración propia en base a información de Andersen (2009).

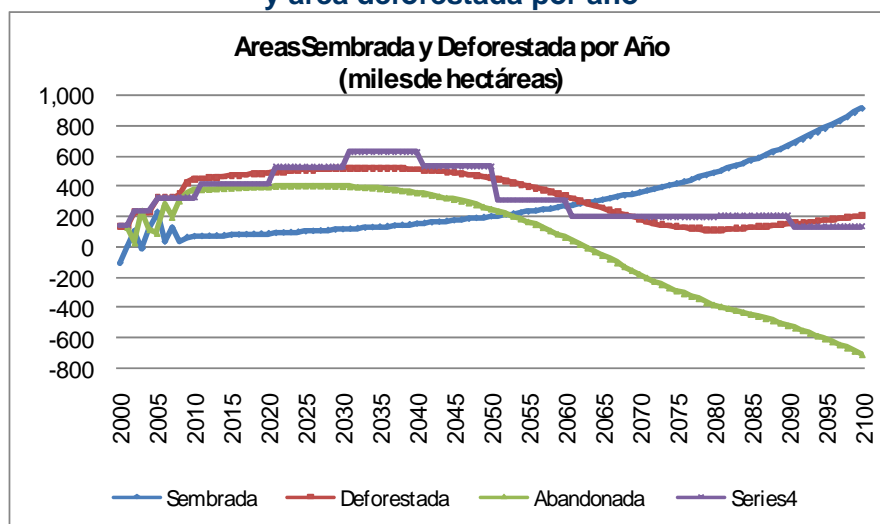




El Gráfico No. 12 muestra las variaciones anuales en el área cultivada, deforestada y abandonada. Como puede observarse, al principio del periodo analizado, los incrementos en el área cultivada traen como consecuencia incrementos en el área deforestada. Durante este periodo inicial, no existe una restricción significativa para incrementar la superficie de tierra disponible para la siembra. La superficie abandonada también se incrementa significativamente, dado que el costo de deforestación es bajo, y los productores no tienen un gran incentivo para recuperar la tierra o para realizar una agricultura más sostenible.

Al final del periodo de simulación sin embargo, el costo de deforestar es mayor, debido a que la superficie de bosque disponible para deforestación se ha reducido significativamente. Por lo tanto, el costo de oportunidad más alto obliga a los productores a recurrir a las áreas de terreno que habían sido previamente deforestadas y abandonadas.

**Gráfico No. 12: Proyecciones de área sembrada total y área deforestada por año**



Fuente: Elaboración propia en base a información de Andersen (2009).

## 6. Emisión de Gases de Efecto Invernadero

BOLIXXI también permite realizar proyecciones de emisiones de gases de efecto invernadero. Estas se realizaron utilizando la información sobre emisiones publicadas en un estudio realizado por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2009). De acuerdo a este estudio, las emisiones de gases de efecto invernadero en Bolivia se habrían incrementado de 28,7 mil Giga-gramos en año 2000 a 51,5 mil Giga-gramos para el 2004 (ver Cuadro No. 2).



**Cuadro Nº 2: Factores de Emisión (Giga-gramos de CO<sub>2</sub> por año)**

Sectores	2000	2002	2004
Energético	5,116	8,650	9,189
Procesos industriales	617	619	784
Agrícola	684	987	1,333
LULUCF	22,297	33,629	40,077
Residuos	-	71	79
<b>Emisión Total Nacional</b>	<b>28,714</b>	<b>43,957</b>	<b>51,462</b>

**Fuente:** Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2009).

La mayor parte de las emisiones y del crecimiento de las mismas es explicado por el factor de uso de tierra y cambio en el uso de la tierra (LULUCF en inglés por Land Use, Land Use Change and Forestry), el cual hace que las emisiones crezcan de 22,3 mil Giga-gramos de CO<sub>2</sub> en 2000 a 40,1 mil Giga-gramos de CO<sub>2</sub> en 2004. Este factor está básicamente asociado a la deforestación, como principal componente en explicar los cambios en el uso de la tierra y por lo tanto en la emisión.

Los otros factores que inciden en la emisión son los asociados a la producción industrial, agrícola y también a la generación de energía. Este último factor es importante en explicar las emisiones y su crecimiento, especialmente aquella vinculada a la utilización de combustibles fósiles.

A partir de esta información se calcularon coeficientes que vinculan la emisión de gases de cada uno de estos sectores a la producción para el caso de los sectores de energía, industria y agrícola. En el caso de la emisión resultante del LULUCF, se utilizó un coeficiente que vincula la emisión con la deforestación ocurrida en un año determinado. El coeficiente utilizado fue de 0,235 Giga-gramos de CO<sub>2</sub> por hectárea deforestada. El Cuadro No. 3 muestra los coeficientes utilizados para cada uno de los sectores.

**Cuadro Nº 3: Coeficientes de Emisión/Producción (Giga-gramos de CO<sub>2</sub> por millón de Bs. de 1990)**

Sectores	2,000	2,002	2,004
Energético	6.30	9.50	9.92
Procesos industriales	0.02	0.02	0.03
Agrícola	0.39	0.53	0.67
LULUCF (giga-gramos por hectárea deforestada)	0.16	0.14	0.17

**Fuente:** Estimaciones propias en base a información del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2009).

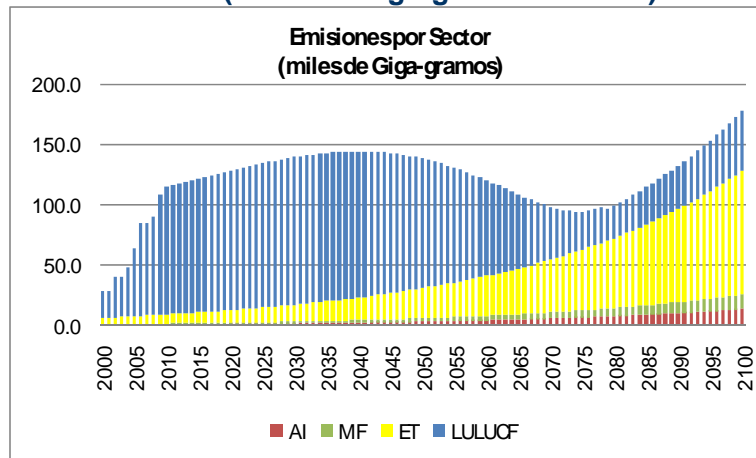
Estos coeficientes fueron introducidos en BOLIXXI para realizar las proyecciones referidas al escenario base. De acuerdo a dichas proyecciones, la emisión de CO<sub>2</sub> en Bolivia se incrementaría



de 28 mil Giga-gramos de CO<sub>2</sub> en el año 2000 a 177 mil Giga-gramos de CO<sub>2</sub> en 2100. Esto representa un incremento de 6,1 veces en la emisión de gases de efecto invernadero.

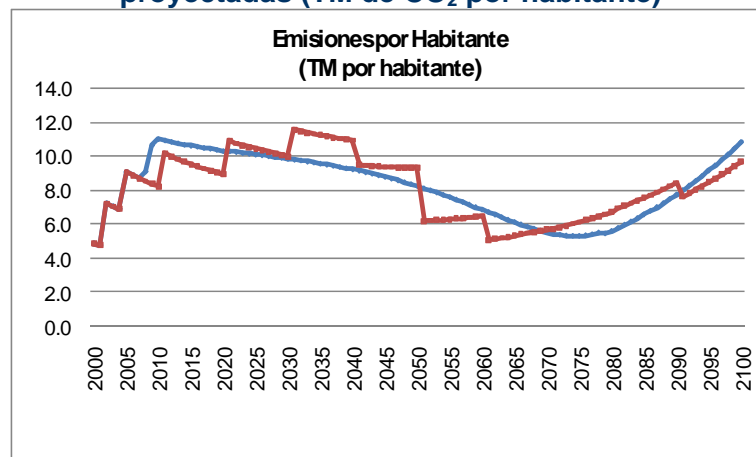
Inicialmente, el factor que contribuye más a la emisión de CO<sub>2</sub> es LULUCF, debido a la elevada deforestación que ocurre en los primeros años de la proyección (Gráfico No. 14). En los años finales, cuando se reduce el nivel de deforestación, este factor también reduce su importancia en la emisión de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, al final del periodo comienzan a cobrar importancia otros factores, como es el caso de la producción de energía a partir de combustibles fósiles, los cuales generan un aumento significativo en las emisiones. Como resultado de este proceso, la emisión por habitante aumentará de 3.6 TM por habitante en 2000 a 10 TM por habitante el 2100 (Gráfico No. 14).

**Gráfico No. 13: Emisiones de CO<sub>2</sub> Proyectadas por Sector (Miles de Giga-gramos de CO<sub>2</sub>)**



Fuente: Proyecciones realizadas con BOLIXXI.

**Gráfico No. 14: Emisiones de CO<sub>2</sub> por habitante proyectadas (TM de CO<sub>2</sub> por habitante)**



Fuente: Proyecciones realizadas con BOLIXXI.



## 7. Proyecciones Macroeconómicas

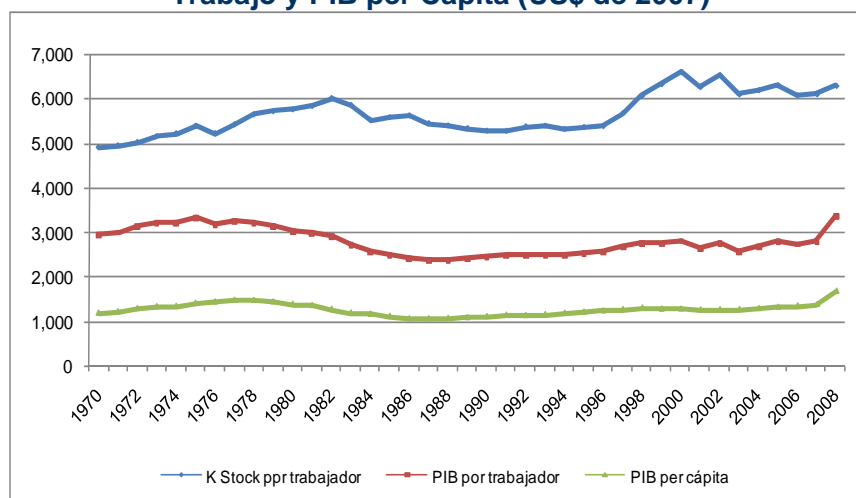
Sobre la base de los supuestos sobre cambios estructurales discutidos previamente, y las proyecciones de población y deforestación analizadas, se realizaron las proyecciones macroeconómicas preliminares correspondientes al escenario base, utilizando para este efecto el MEGC. A continuación se reportan algunos de los resultados obtenidos.

### 7.1 Crecimiento del PIB per cápita

Bolivia ha mostrado históricamente tasas muy bajas de crecimiento del PIB per cápita, por lo que el ingreso per cápita se ha mantenido históricamente en niveles muy bajos y estancados. El Gráfico No. 15 muestra que el PIB per cápita ha fluctuado apenas por encima de los US\$ 1,000, expresado en dólares constantes de 2007, para el periodo 1970 a 2008.

Una de las causas principales para que el ingreso per cápita se mantuviera durante tanto tiempo estancado en niveles tan bajos, ha sido el hecho que las tasas de inversión han sido históricamente bajas—de alrededor de 14% del PIB en promedio. Esto ha traído como consecuencia que los niveles de capitalización de la economía se mantengan también bajos y estancados. El Gráfico No. 15 muestra que el nivel de profundización del capital de la economía, que es la cantidad de capital existente por trabajador, fluctúe entre US\$ 5.000 y US\$ 6.500, expresados en dólares constantes de 2007, durante un periodo que va desde 1970 a 2008. Esto a su vez se traduce en niveles bajos de productividad por trabajador, los cuales para este periodo también se han mantenido estancados en niveles bajos, fluctuando entre US\$ 2.400 y US\$ 3.300 por trabajador durante el periodo de referencia.

**Gráfico No. 15: Profundización del Capital, Productividad del Trabajo y PIB per Cápita (US\$ de 2007)**



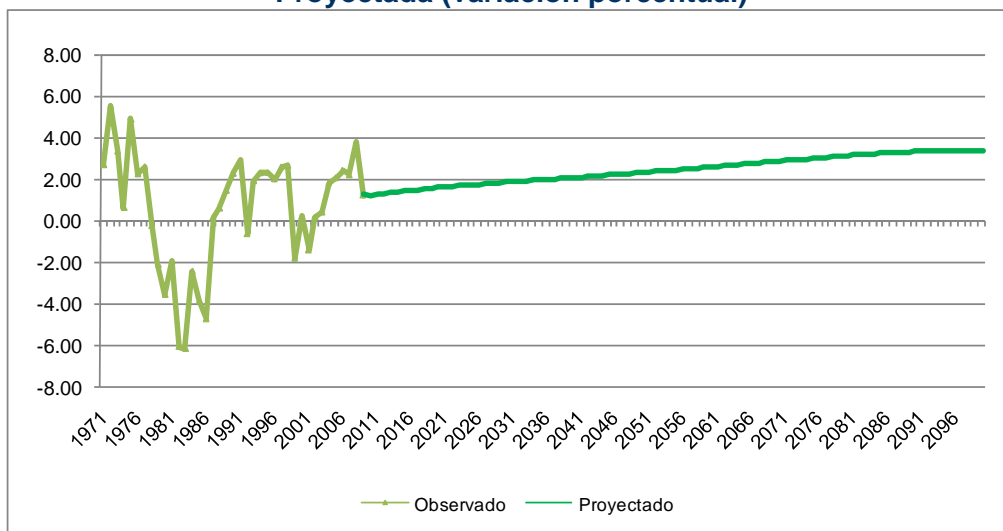
Fuente: Estimaciones propias en base a información del INE.



Para el periodo 1970 a 2008, el PIB per cápita en Bolivia solamente creció a una tasa promedio de 0.5% por año. Parte de este bajo crecimiento es explicado también por lo numerosos shocks que enfrentó la economía en algunos periodos, como ser a principios de la década de los 80 o a finales de la década de los 90 y principios de la década de los 2000.

Las proyecciones sobre el crecimiento del PIB per cápita realizadas mediante BOLIXXI sitúan la tasa de crecimiento entre 1% y 3% por año (ver Gráfico No. 16). El hecho que esta tasa tienda a aumentar a través del tiempo se debe también al comportamiento proyectado de la población, la cual tiende a crecer a tasas decrecientes e incluso negativas, como fue analizado anteriormente. Las tasas de crecimiento proyectadas están muy por encima de las tasas históricas, por lo que se espera que a futuro el país no se mantenga en una situación de estancamiento y pueda alcanzar un crecimiento estable y sostenido, que le permita alcanzar mayores niveles de bienestar.

**Gráfico No. 16: Tasa de crecimiento del PIB per Cápita Observada y Proyectada (variación porcentual)**

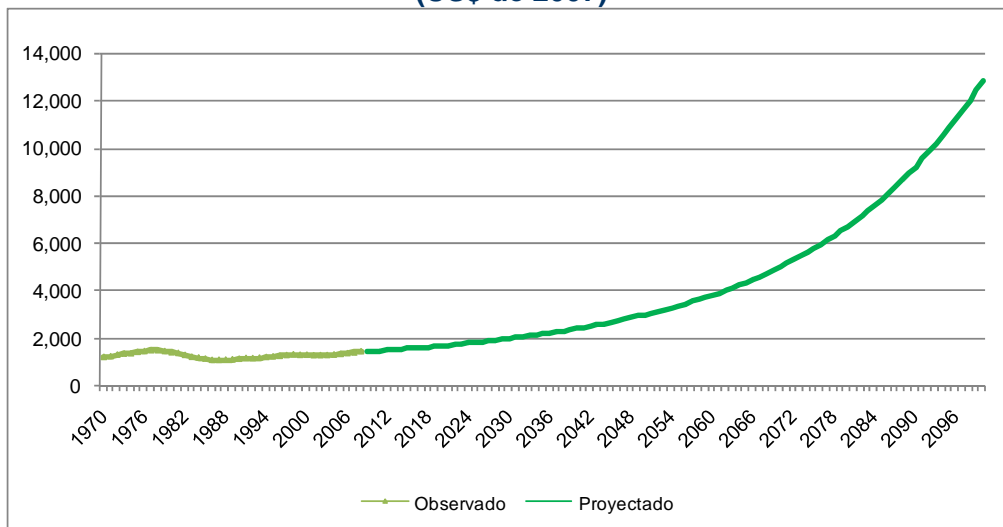


**Fuente:** Elaboración propia en base a información del INE y proyecciones realizadas con BOLIXXI.

El Gráfico No. 17 muestra que, a las tasas de crecimiento proyectadas, el PIB per cápita para el año 2100 alcanzaría a US\$ 12.800 por habitante, nivel superior en 8,9 veces al nivel observado en 2008, que fue de solo US\$ 1.400.



**Gráfico No. 17: PIB per Cápita Observado y Proyectado (US\$ de 2007)**



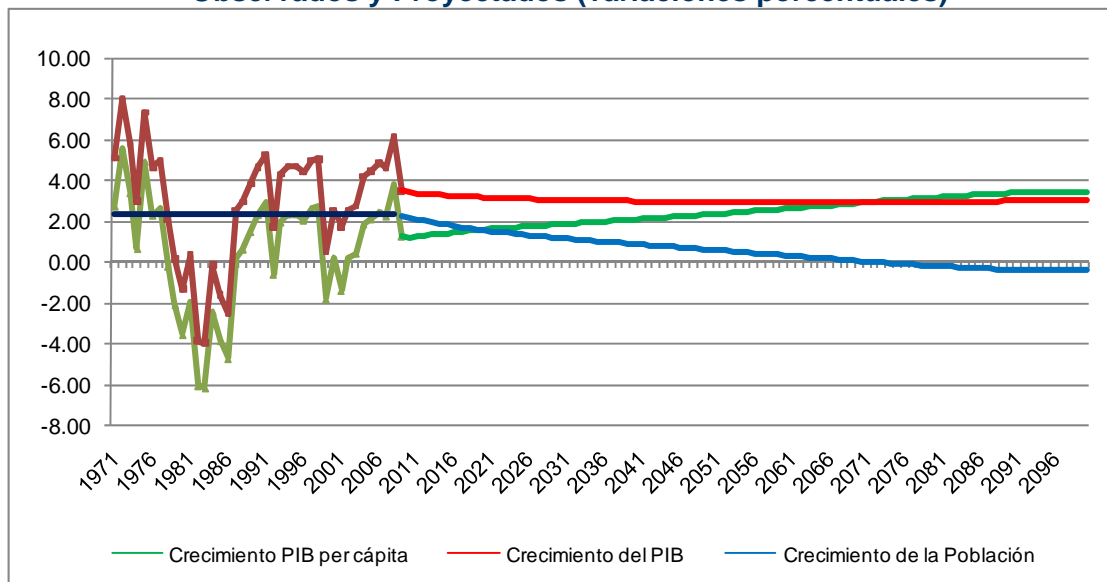
**Fuente:** Elaboración propia en base a información del INE y proyecciones realizadas con BOLIXXI.

Las tasas de crecimiento del PIB per cápita proyectadas son el resultado de las tasas de crecimiento del PIB resultantes de la simulación de BOLIXXI y de las tasas de crecimiento de la población proyectadas por la CEPAL. En lo referido a las tasas de crecimiento del PIB, éstas se sitúan entre 3,5% y 2,9% para todo el periodo de la proyección (Gráfico No. 18), tasas totalmente alcanzables tomando en cuenta que el PIB durante el periodo 1970-2008 creció en promedio a una tasa anual de 2,9%.

La tasa de crecimiento de la población por otra parte, presenta la tendencia descrita anteriormente, de tasas decrecientes hasta el año 2071 y negativas hasta el año 2100. Es este comportamiento de la población el que incide fuertemente en el aumento de la tasa de crecimiento del PIB per cápita a través del tiempo.



**Gráfico No. 18: Crecimiento del PIB per Cápita, PIB y Población Observados y Proyectados (variaciones porcentuales)**



**Fuente:** Elaboración propia en base a información del INE y proyecciones realizadas con BOLIXXI.

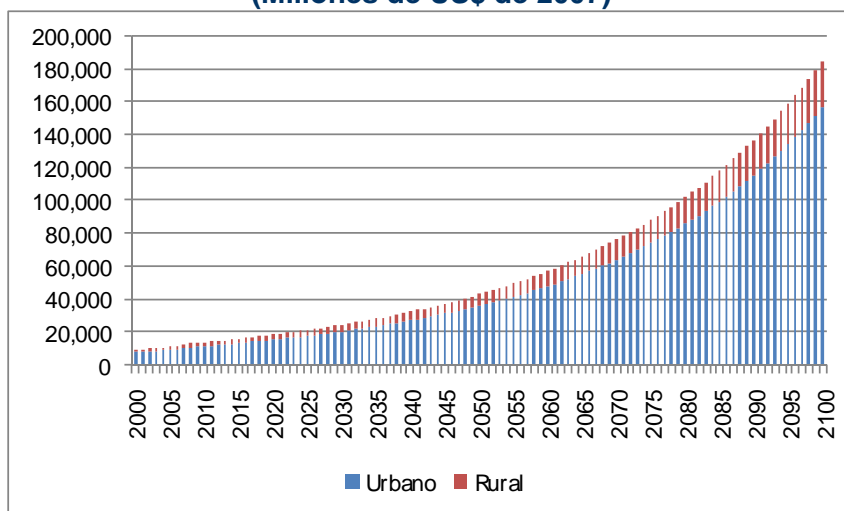
## 7.2 Ingresos Laborales y Consumo de los Hogares Urbanos y Rurales

El consumo de los hogares, urbanos y rurales, fueron estimados a partir de las simulaciones realizadas con BOLIXXI. El consumo fue estimado en base a una función que combina el ingreso corriente de los hogares, con una medida del ingreso permanente, dada por la riqueza neta de los hogares.

El ingreso corriente fue calculado en base a los ingresos laborales de los hogares, urbanos y rurales, más otras transferencias netas recibidas por los mismos. La asignación de los ingresos laborales a cada categoría de hogar fue realizada en forma directa, ya que los trabajadores aparecen separados entre urbanos y rurales en el modelo. La estimación de los ingresos, para los hogares urbanos y rurales, aparece en el Gráfico No 19.



**Gráfico No. 19: Ingresos laborales totales, urbano y rural (Millones de US\$ de 2007)**



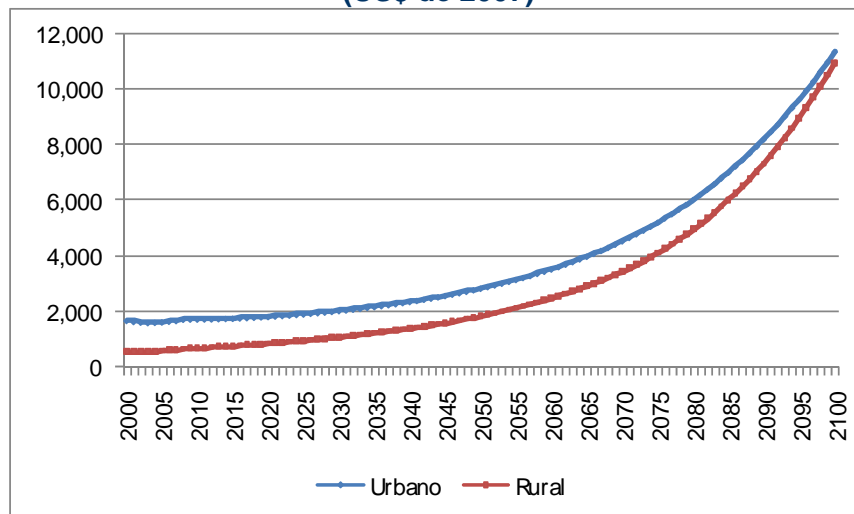
**Fuente:** Elaboración propia en base a proyecciones realizadas con BOLIXXI.

Como puede observarse, los hogares urbanos reciben una proporción mucho mayor del ingreso laboral que los hogares rurales, debido a que existe un mayor número de trabajadores en el área urbana en relación al área rural, y también a las diferencias de ingresos existente entre trabajadores urbanos y rurales. Para el año 2000, los hogares urbanos concentraban el 83% del ingreso laboral total. De acuerdo a las proyecciones realizadas, para el año 2100 la participación del ingreso en los hogares urbanos será ligeramente mayor, llegando a 85% del total. Sin embargo, debido a que las tendencias demográficas indican que la población boliviana tenderá a ser crecientemente urbana, los ingresos per cápita entre hogares urbanos y rurales tenderán a igualarse a través del tiempo (Gráfico No. 20).





**Gráfico No. 20: Ingreso Per Cápita Urbano y Rural (US\$ de 2007)**



**Fuente:** Elaboración propia en base a proyecciones realizadas con BOLIXXI.

Las proyecciones del consumo de los hogares, tanto a nivel nacional como desagregados para los hogares urbano y rural fueron realizados sobre la base de las proyecciones de ingresos, también a partir de las simulaciones de BOLIXXI. El consumo nominal de los hogares ( $NC_{HH}$ ) se calcula como una función de los ingresos disponibles del hogar ( $YD_{HH}$ ) y de una medida del ingreso permanente, dada en este caso por la riqueza o patrimonio neto de los hogares en el periodo t-1 ( $WTH_{HH(t-1)}$ ).

$$NC_{HH} = s_1 \cdot YD_{HH} + s_2 \cdot WTH_{HH(t-1)}$$

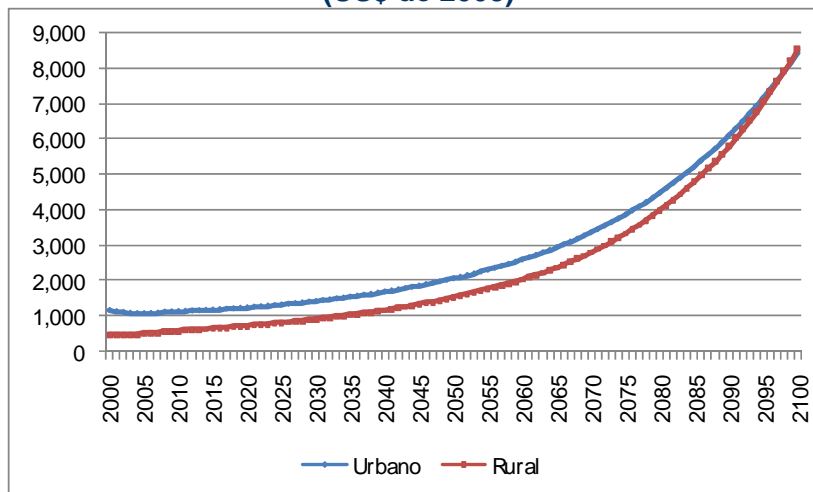
La asignación del consumo nominal entre los diferentes tipos de bienes se realiza a través de una función basada en un Sistema Lineal de Gasto (LES por Linear Expenditure System).

$$C_{i,HH} = \Theta_{i,HH} + \mu_{i,HH} \cdot ((NC_{HH} - \sum PD_i \cdot \Theta_{i,HH}) / PD_i)$$

Donde:  $\Theta_{i,h}$  = nivel base de consumo de bienes y servicios i; y  $\mu_{i,HH}$  = participaciones en el presupuesto marginal.



**Gráfico No. 21: Consumo Per Cápita Urbano y Rural (US\$ de 2008)**



Fuente: Elaboración propia en base a proyecciones realizadas con BOLIXXI.

El consumo per cápita, tanto urbano como rural, muestra una tendencia ascendente a través del tiempo, y la brecha existente entre ambos tiende a equilibrarse a través del tiempo.

### 7.3 Consumo de Agua

Cómo se explicó anteriormente, en BOLIXXI se incluyó como rama de actividad separada al sector de procesamiento y distribución de agua potable. De acuerdo a datos oficiales publicados por el Instituto Nacional de Estadísticas, la distribución y consumo de agua en las ciudades capitales para el año 2007 alcanzó a 128,2 millones de metros cúbicos. Esta cifra incluye el consumo doméstico (79% del consumo total), comercial (13.2%), industrial (2.7%) y oficial (5.1%) (ver el Cuadro No. 4). Estos datos están referidos a las ciudades capitales de departamento, ya que solamente éstas son abastecidas por empresas de agua, para las cuales se cuenta con cifras oficiales.

**Cuadro Nº 4: Consumo de Agua Potable en Ciudades Capitales (Miles de metros cúbicos)**

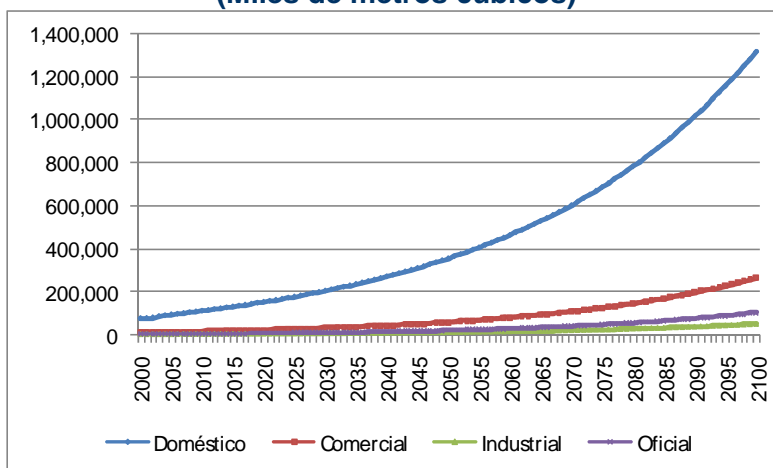
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Total Nacional	101,995	101,628	104,753	110,876	114,681	119,429	123,548	128,205
Doméstico	77,152	77,775	80,846	87,109	90,506	94,897	97,165	101,291
Comercial	16,481	15,380	15,161	15,233	15,544	15,785	16,575	16,895
Industrial	2,766	2,755	2,823	2,642	2,685	2,610	3,345	3,439
Oficial	5,596	5,718	5,923	5,892	5,946	6,137	6,463	6,580

Fuente: INE.



Las proyecciones de consumo doméstico resultantes de las simulaciones del MEGC están asociadas al consumo de los hogares, los cuales son un componente de la demanda final. De acuerdo a estas proyecciones, el consumo doméstico de agua se incrementaría de 101 millones de metros cúbicos en 2007 a 1.316 millones de m<sup>3</sup> el año 2100. Las demás categorías de consumo están asociadas a la demanda intermedia de otras actividades económicas, como es el caso de la industria manufacturera, el comercio y los servicios de la administración pública.

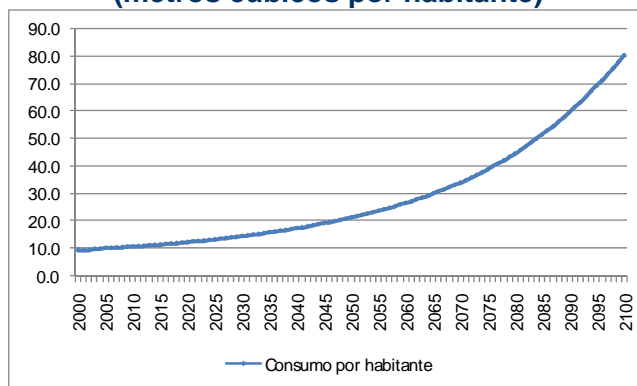
**Gráfico No. 22: Consumo de Agua por Tipo de Consumo (Miles de metros cúbicos)**



**Fuente:** Elaboración propia en base a proyecciones realizadas con BOLIXXI.

El consumo doméstico alcanzó en 2007 a 101,3 millones de metros cúbicos. Esta cifra representa en términos per cápita un consumo promedio de 9,6 metros cúbicos por habitante a nivel nacional. De acuerdo a las proyecciones realizadas por BOLIXXI, el consumo de agua crecerá a 80,3 metros cúbicos por habitante, lo que representa un incremento de 8,4 veces, superior al incremento en el consumo. Este incremento permitirá aumentar significativamente la cobertura de este servicio entre la población boliviana, tanto en el área urbana como rural (Gráfico No. 23).

**Gráfico No. 23: Consumo de Agua per cápita (metros cúbicos por habitante)**



**Fuente:** Elaboración propia en base a proyecciones realizadas con BOLIXXI.



### 8. Conclusiones

El presente documento resume los principales aspectos referidos a la construcción del escenario base realizada como parte del proyecto ERECC-Bolivia, el cual tiene como objetivo evaluar los efectos de este fenómeno sobre la economía boliviana. El horizonte de tiempo cubierto en este estudio es de aproximadamente 100 años y las proyecciones se extienden hasta el año 2100.

Para realizar las proyecciones referidas al año base, se utilizó un Modelo de Equilibrio General Computable (MEGC), el cual integra aspectos sectoriales, dentro de un marco de consistencia macroeconómica. El modelo fue adaptado especialmente para la realización de este estudio, ya que se introdujeron al modelo desagregaciones relevantes para el estudio del cambio climático, como ser una desagregación importante de las actividades agropecuarias vinculadas a la deforestación y a la emisión de gases de efecto invernadero.

Para la construcción del escenario base se adoptaron supuestos importantes sobre las tendencias demográficas esperadas, tendencias en el nivel educativo de la población, tendencias esperadas en el ahorro y en la inversión pública y privada.

En el documento se analizó en detalle las tendencias demográficas esperadas para Bolivia, y cómo éstas incidirán en el funcionamiento del mercado laboral. Se espera que para el año 2100 el 85% de la población, tanto urbana como rural, tendrá al menos completada la enseñanza secundaria. Este aspecto tendrá un impacto importante sobre la productividad y sobre el nivel de ingresos de la población.

La deforestación también se constituye en un fenómeno crítico que incide sobre el cambio climático. Esta está asociada en forma directa a las actividades productivas agropecuarias, por lo que el crecimiento futuro de la producción estará asociado a mayores niveles de deforestación. La deforestación anual sin embargo tenderá a disminuir, en la medida que el bosque disponible tienda a extinguirse, por lo que los productores deberán reducir la deforestación y recurrir a tierra previamente abandonada para alcanzar mayores niveles de producción.

En el documento también se analiza la trayectoria esperada de las emisiones de gases de efecto invernadero, y las principales causas que las originan. Entre las causas principales de la emisión están el uso de la tierra y cambios en el uso de la tierra, por lo que la deforestación contribuirá grandemente a aumentar las emisiones. El incremento en la producción de algunas ramas de actividad, como es el caso de la producción de energía, manufactura y agropecuaria también contribuirá a aumentar las emisiones.

Finalmente, el documento analiza los efectos macroeconómicos y sectoriales a partir de las proyecciones realizadas mediante el modelo. Históricamente, el crecimiento del PIB per cápita en Bolivia ha sido muy bajo, debido a las bajas tasas de inversión, crisis económicas reiteradas que significaban caídas del producto, y altas tasas de crecimiento de la población. En las proyecciones realizadas dentro del escenario base, se asume una tasa de crecimiento estable del PIB y una tasa



decreciente de la población, por lo que la tasa de crecimiento del PIB per Cápita tiende a aumentar en el tiempo. Como resultado de estas tendencias, el PIB per cápita para el año 2100 aumenta en 8,9 veces en comparación con el PIB per cápita el año 2000.

## Referencias

- Andersen, L. E. (2009) “Cambios Climáticos en Bolivia hasta 2100: Impactos sobre Bosque y Biodiversidad.” Documento de Trabajo sobre el Desarrollo No. 11/2009. Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo, La Paz, Bolivia, Diciembre.
- Corporación Andina de Fomento (2002) **Evaluación de Impactos Macroeconómicos y Sectoriales de la Limitación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Bolivia.** Programa Latinoamericano del Carbono, La Paz.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2009) **Biodiversidad y Cambios Climáticos, Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Bolivia de 2002 a 2004.** Viceministerio de Medio Ambiente, Programa Nacional de Cambios Climáticos. Documento de Evaluación.
- Frontier Economics (2008) **Modeling Climate Change Impacts using CGE models: A Literature Review.** A Report prepared for the Garnaut Climate Change Review.
- O’Ryan, R., C. de Miguel & S. Miller (2002) **A CGE Model for Environmental and Trade Policy Analysis in Chile: Case Study for Fuel Tax Increases.**



## Anexo A: Características Adicionales de BOLIXXI

En este anexo se analiza algunos aspectos importantes de la estructura del modelo, sobre todo en lo referido a la estructura productiva y de la distribución del ingreso entre las diferentes categorías ocupacionales identificadas en el modelo.

### A.1. Sectores Productivos

Con el objetivo de medir los efectos del cambio climático sobre la economía, BOLIXXI incluye una detallada desagregación de los sectores productivos de la economía boliviana, de tal forma que el modelo permita evaluar la forma en que el cambio climático afecta cada sector productivo en particular. No todas las ramas de actividad de la economía serán afectadas de la misma forma ni en la misma magnitud.

El modelo incluye las siguientes ramas de actividad:

**Cuadro Nº A1: Actividades Productivas Incluidas en el MEGC  
(información correspondiente a la MCS de 1999)**

	Participación			Empleo miles de personas	Participación Empleo porcentaje	Productividad PIB/Empleo miles Bs./ trabajador
	PIB millones Bs.	PIB porcentaje	Exportaciones millones US\$			
Agricultura Tradicional	2,999	6.9	43	1,028	28.2	2.9
Agricultura Industrial	927	2.1	85	302	8.3	3.1
Productos Pecuarios	1,588	3.7	18	109	3.0	14.6
Silvicultura, Caza y Pesca	429	1.0	7	15	0.4	29.2
Hidrocarburos	1,514	3.5	79	5	0.1	322.1
Minería	1,831	4.2	237	48	1.3	38.3
Industria Manufacturera	7,362	17.0	543	415	11.4	17.8
Energía Termoeléctrica	317	0.7	0	3	0.1	93.2
Energía Hidroeléctrica	541	1.3	0	3	0.1	180.3
Agua	166	0.4	0	2	0.1	75.5
Construcción	1,924	4.5	0	213	5.8	9.0
Transporte y Comunicaciones	4,676	10.8	85	181	5.0	25.8
Otros Servicios	18,951	43.8	186	1,315	36.2	14.4
<b>Total PIB Actividades</b>	<b>43,225</b>	<b>100.0</b>	<b>1,282</b>	<b>3,637</b>	<b>100.0</b>	<b>11.9</b>

**Fuente:** Elaboración propia en base a información de Cuentas Nacionales y Encuestas de Hogares.

El Cuadro No. A1 muestra que las actividades agropecuarias participan con aproximadamente un 14% del PIB. Debido a la importancia del sector agropecuario en la transmisión de los efectos del cambio climático, en BOLIXXI esta actividad ha sido desagregada en cuatro grupos: agricultura tradicional, agricultura industrial, ganadería y silvicultura, caza y pesca.

El peso de las actividades agropecuarias en el empleo es también significativo, especialmente de la agricultura tradicional que comprende el 28,2% del empleo total. De la misma manera, la productividad de los trabajadores del sector agrícola tradicional es la más baja de todos los sectores incluidos en BOLIXXI.



Otro sector que tiene una gran incidencia en el PIB total es el sector de servicios, el cual incluye una gran variedad de actividades, como ser: comercio, restaurantes y hoteles, servicios financieros, servicios de la administración pública, propiedad de la vivienda, servicios sociales, comunales y personales, etc. Esta categoría representa un 43,8% del PIB y agrupa a un 36,2% de la población ocupada.

La industria manufacturera también tiene una significativa ponderación en el PIB (17%) y agrupa una amplia variedad de actividades, como es el caso de la producción de alimentos, bebidas y tabaco, textiles y prendas de vestir, productos de cuero, productos de madera, productos de refinación de petróleo, productos minerales no metálicos y otras industrias de manufacturas. Las actividades de la industria manufacturera absorben a un 11,4% de la población ocupada del país. La productividad de la industria boliviana es baja, lo que evidencia que ésta es esencialmente un sector intensivo en trabajo y tiene un bajo nivel de capital por trabajador.

### **A.2. Distribución del Ingreso**

El MEGC utilizado en este estudio, incluye una significativa desagregación de grupos socio-económicos que participan en el mercado laboral y en la distribución del ingreso. El objetivo es el de medir en detalle los efectos distributivos del cambio climático, y de las políticas aplicadas para reducir sus efectos.

De esta forma, la Matriz de Contabilidad Social (MCS) utilizada como base para la construcción del MEGC, incluye diferentes criterios para desagregar a la fuerza laboral, de acuerdo a características que son importantes en determinar las diferencias de ingresos laborales existentes. Estas características son:

- Rama de actividad económica donde trabajan y obtienen sus ingresos.
- Área geográfica de residencia (urbano-rural).
- Categoría ocupacional de los trabajadores (asalariados-no asalariados). Un trabajador es considerado como asalariado si corresponde a las categorías de obrero, empleado, patrón o socio que recibe remuneración y empleada(o) del hogar de la Encuesta de Hogares. Por otra parte, será no-asalariado si corresponde a las categorías de trabajador por cuenta propia, patrón o empleador que no recibe remuneración, trabajador familiar o aprendiz sin remuneración, incluidas en la Encuesta de Hogares.
- Grado de calificación de los trabajadores (calificados-no calificados). Un trabajador es considerado calificado cuando ha completado al menos la enseñanza secundaria.

Dado que el año base de BOLIXXI y de la MCS fue el de 1999, se utilizó la Encuesta de Hogares correspondientes a ese año para obtener la estructura de la distribución de ingreso del modelo.

La EH para 1999 muestra que la Población Económicamente Activa (PEA) para ese año fue de 3,8 millones de personas, de las cuales 2,2 millones (57% del total) se encontraban en el área urbana y 1,6 millones (43%) en el área rural (Cuadro No. A2).



Existen importantes diferencias entre las características de la fuerza laboral urbana y rural que son mostradas en la Encuesta de Hogares y que fueron incorporadas en la MCS. En primer lugar, el nivel de ocupación es más alto en el área rural que en el área urbana, ya que la tasa de desocupación rural es de solo 0,4% de la PEA, mientras que en el área urbana llega a 7,2%. A nivel nacional, la tasa de desempleo es de 4,3% de la PEA.

Segundo, a nivel nacional la mayor parte de la PEA es considerada no calificada. En efecto, de los 3,8 millones de personas que conforman la PEA, 2,8 millones (75% del total) corresponde a la categoría de no-calificados, mientras que solamente 0,9 millones son calificados. Existe una mayor concentración de trabajadores calificados en el área urbana, ya que un 40,9% de la PEA urbana es considerada como calificada, mientras que en el área rural este porcentaje es de solo 4,7%.

**Cuadro N° A2: Estructura de la Población Económicamente Activa (PEA) Encuesta de Hogares año 1999 (Miles de Personas)**

	<b>Población Económicamente Activa</b>	<b>Población Ocupada</b>	<b>Población Desocupada</b>	<b>Tasa de Desempleo</b>
<b>Urban</b>	2,173	2,017	156	7.2%
<b>Calificada</b>	891	825	66	7.4%
<b>No Calificada</b>	1,282	1,192	90	7.0%
<b>Rural</b>	1,628	1,621	7	0.4%
<b>Calificada</b>	77	77	0	0.0%
<b>No Calificada</b>	1,551	1,544	7	0.5%
<b>Total Nacional</b>	3,800	3,637	163	4.3%
<b>Calificada</b>	967	901	66	6.8%
<b>No Calificada</b>	2,833	2,736	97	3.4%

Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta de Hogares 1999.

También en base a los datos de la Encuesta de Hogares 1999, se observa que de los 3,6 millones de ocupados existentes ese año, 2,5 millones (68% del total de la PO) correspondían a la categoría de no asalariado, mientras que solamente 1,1 millones (32%) son considerados asalariados (Cuadro No. A3). Existe una mayor concentración de asalariados en el área urbana, ya que 48,9% de la PO urbana es asalariado. En el área rural, este porcentaje es de solamente 9,9% y el 90.1% de la PO es no asalariada.





**Cuadro N° A3: Estructura de la Población Ocupada  
Encuesta de Hogares año 1999 (Miles de Trabajadores)**

	Calificados	No Calificados	Total
<b>Urbano</b>	825	1,192	2,017
Asalariados	404	584	987
No Asalariados	421	609	1,030
<b>Rural</b>	77	1,544	1,621
Asalariados	8	153	161
No Asalariados	69	1,391	1,460
<b>Total Nacional</b>	902	2,736	3,638
Asalariados	411	737	1,148
No Asalariados	490	2,000	2,490

Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta de Hogares 1999.

Las categorías laborales identificadas en la Encuesta de Hogares presentan diferencias de ingresos, las cuales deben ser reflejadas en el modelo. De acuerdo a los datos obtenidos a partir de la Encuesta de Hogares de 1999, el grupo ocupacional que presenta los mayores ingresos lo constituye el de asalariados urbanos calificados, que en promedio obtienen un ingreso anual de Bs. 23.527 por trabajador (US\$ 4.042 de ese año), mientras que la categoría laboral con menores ingresos son los no asalariados rurales no calificados, que perciben ingresos anuales, que en promedio alcanzan a Bs. 1.641 por trabajador (US\$ 283 de ese año) (Cuadro No. A4).

**Cuadro N° A4: Ingresos Promedio Anuales de la Población  
Ocupada Encuesta de Hogares año 1999  
(Bolivianos)**

	Calificados	No Calificados	Total
<b>Urbano</b>	18,337	8,663	12,618
Asalariados	23,527	11,114	16,189
No Asalariados	13,363	6,313	9,196
<b>Rural</b>	9,971	2,355	2,716
Asalariados	18,116	8,783	9,225
No Asalariados	9,075	1,648	2,000
<b>Total Nacional</b>	17,624	5,104	8,206
Asalariados	23,427	10,630	15,214
No Asalariados	12,758	3,068	4,976

Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta de Hogares 1999.



En base a la información sobre empleo e ingresos obtenida a partir de la Encuesta de Hogares de 1999, se calculó la curva de Lorenz y el coeficiente de Gini para medir el grado de desigualdad en la distribución del ingreso laboral entre las diferentes categorías de trabajadores identificadas e incluidas en la MCS y en BOLIXXI. A partir de la información tabulada en el Cuadro No. A5, se obtiene un coeficiente de Gini de 0.46.

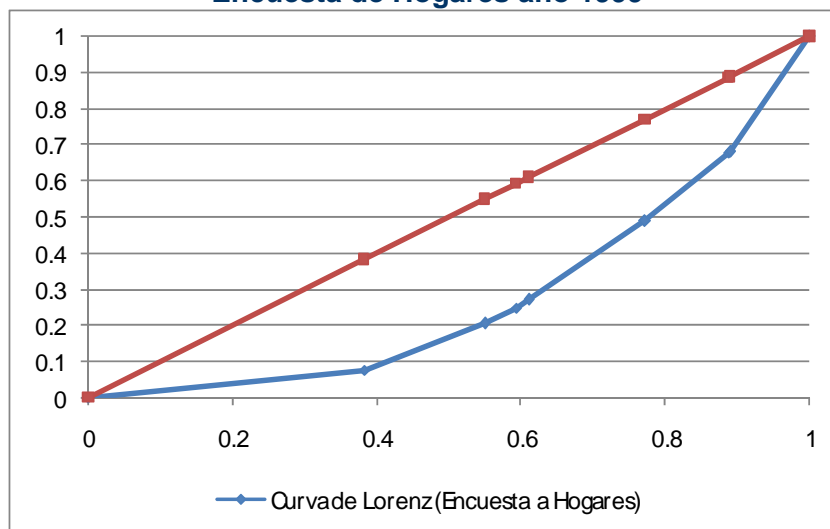
**Cuadro N° A5: Cálculo de la Curva de Lorenz y Coeficiente de Gini para la Población Ocupada, Encuesta de Hogares año 1999**

	Ingreso Promedio Anual	Miles de Personas	%	% Acumulado	Ingreso Total	%	% Acumulado
				0			0
No Asal. Rurales No Calificados	137	1,391	0.382	0.382	190,972	0.077	0.077
Asal. Rurales No Calificados	526	609	0.167	0.550	320,288	0.129	0.206
No Asal. Urbanos No Calificados	732	153	0.042	0.592	112,033	0.045	0.251
Asal. Urbanos No Calificados	756	69	0.019	0.611	52,350	0.021	0.272
No Asal. Rurales Calificados	926	584	0.160	0.771	540,461	0.217	0.489
Asal. Rurales Calificados	1,114	421	0.116	0.887	468,944	0.188	0.677
No Asal. Urbanos Calificados	1,510	8	0.002	0.889	11,501	0.005	0.682
Asal. Urbanos Calificados	1,961	404	0.111	1.000	791,308	0.318	1.000

Fuente: Estimaciones propias en base a la Encuesta de Hogares 1999.

La Curva de Lorenz asociada a la información sobre distribución de ingreso presentada en el Cuadro No. A5 aparece en el Gráfico No. A1.

**Gráfico No. A1: Curva de Lorenz para la Población Ocupada Encuesta de Hogares año 1999**



Fuente: Estimaciones propias en base a la Encuesta de Hogares 1999.



Finalmente, el Cuadro No. A6 presenta los ingresos promedios de año base para cada una de las categorías laborales incluidas en BOLIXXI.

**Cuadro N° A6: Ingresos Promedio Anuales Ajustados de la Población Ocupada, Matriz de Contabilidad Social año 1999 (Bolivianos)**

	Calificados	No Calificados	Total
<b>Urbano</b>	21,083	9,964	14,510
Asalariados	22,613	10,687	15,563
No Asalariados	19,615	9,271	13,500
<b>Rural</b>	13,769	3,014	3,524
Asalariados	17,590	8,440	8,874
No Asalariados	13,348	2,417	2,935
<b>Total Nacional</b>	20,459	6,042	9,615
Asalariados	22,520	10,220	14,627
No Asalariados	18,731	4,504	7,305

**Fuente:** Estimaciones propias en base a la Encuesta de Hogares 1999.



## Anexo B: Ecuaciones de BOLIXI

### I. Notación Básica

#### i) Sectores Productivos:

- notación general (i o j)
- notación individual: agricultura tradicional (AT), agricultura industrial (AI), arroz (AZ), soya (SY), minería (MN), hidrocarburos, (HD), manufactura (MF), construcción (CT), servicios modernos (SM) y servicios informales (SI).

#### ii) Factores de producción:

- notación general (f)
- notación individual: trabajo (LB), utilidades no-corporativas (NC), utilidades corporativas (CP).

#### iii) Instituciones:

- notación general (k)
- notación individual: hogares (HH), empresas corporativas (EC), empresas públicas (EP) y gobierno (GB).

#### iv) Instituciones Financieras:

- notación general (k)
- notación individual: Banco Central (BC), bancos comerciales (BP) bancos especializados (BE) y fondos de pensiones (FP).

#### v) Resto del Mundo (RM).

### II. Ecuaciones del Modelo

El modelo comprende 407 ecuaciones que resuelven 407 variables endógenas. Las ecuaciones son:

#### 1. Balances de Oferta y Demanda

$$X_i \equiv XD_i + E_i$$

La producción por rama de actividad ( $X_i$ ) es igual a la absorción interna ( $XD_i$ ) más las exportaciones ( $E_i$ ). (para todos los sectores productivos (10)).



$$XD_i \equiv \sum a_{ij} \cdot X_j + \sum C_{i,k} + G_i + \sum \lambda_{i,k} \cdot IR_k + \Delta SK_i$$

Especificación de la absorción interna (para t.s.p. (10)).

$$E_i = E_{i0} \cdot (PE_i/PD_i)^{\eta_i}$$

Las exportaciones son sensibles a cambios en los precios relativos.  $E_{i0}$  es el nivel de exportaciones en el año base y  $\eta_i$  son las elasticidades de exportación (para todos los sectores (10)).

$$IMP \equiv \sum M_j + \sum C_{m,k} + \sum \lambda_{m,k} \cdot IR_k + \Delta SK_m$$

Absorción interna de productos importados (1).

## 2. Ecuaciones de precios para todos los sectores

$$P_j = (PD_j \cdot XD_j + PE_j \cdot E_j) / X_j$$

Precio compuesto (para t.s.p. (10)).

$$PE_j = e \cdot PW_j$$

Precios de exportación (para t.s.p. (10)).

$$PD_{MP} = (1+t_m) \cdot m_{MP} \cdot e \cdot PW_{MP}$$

Precio doméstico de importación (1).

## 3. Capital corporativo y no-corporativo

$$KC = K_{EC} + K_{EP} + K_{GB}$$

El capital corporativo se define como aquel perteneciente a las compañías, empresas públicas y gobierno (1).

$$KU = K_{HH} + K_{GB}$$

El capital no-corporativo es aquel que pertenece a los hogares, aunque la inversión del gobierno puede contribuir a incrementar la productividad de este sector (1).



#### 4. Ajuste de precios y cantidades

Existen dos tipos de sectores productivos en el modelo (i.e. sectores con funciones de producción y sectores con precios fijados vía la regla del "mark-up") cada uno de ellos con sus propias reglas de ajuste.

En cada una de estas categorías de actividades productivas, intervienen diferentes factores de producción (i.e. insumos intermedios nacionales e importados (M), trabajo (L), capital corporativo (KC) y no-corporativo (KU). Cada uno de estos factores tiene su propio precio específico (i.e. precios de insumos nacionales ( $PD_j$ ), de insumos importados ( $e.PW_{MP}$ ), tasa de salarios ( $w$ ), tasa de rentabilidad del capital corporativo ( $rc_j$ ) y tasa de rentabilidad del capital no corporativo ( $ru_j$ ).

El sistema de ecuaciones especificado para cada sector debe resolver las cantidades (X) y precios (P) para los bienes y servicios producidos; y los precios y cantidades para cada uno de los factores de producción demandados. Algunas de estas variables son determinadas fuera del sistema en alguna otra parte del modelo; en todos los casos, KC y KU son determinados dentro de los balances de acumulación de los agentes; el tipo de cambio (e) es una variable exógena de política, los precios externos de los insumos importados ( $PW_{MP}$ ) son variables exógenas y la tasa de salario es determinada en el mercado laboral (ver la sección xx). Las variables que son determinadas dentro del sistema de ecuaciones de los sectores productivos son: producción y precios ( $X_j$  y  $P_j$ ), empleo ( $L_j$ ) e insumos intermedios ( $M_j$ ) utilizados, y la rentabilidad sectorial del capital corporativo ( $rc_j$ ) y no-corporativo ( $ru_j$ ).

##### 4.1 Sectores con funciones de producción

En los sectores con funciones de producción, hay substitución entre los factores de producción. Esto se especifica mediante una función de substitución de elasticidad constante (CES). La función CES comprende un sistema consistente de ecuaciones, incluyendo la función de costos CES y las funciones de demanda individuales de factores productivos e insumos que son derivadas al aplicar el lema de Shepard (cf. Varian 1984, 54-57), que sostiene que la relación de factores utilizados como insumos es igual a la derivada parcial de la función de costos.

En términos del modelo CEG discutido en este documento, la función de costos CES, junto con las funciones de demanda explicadas en la sección 7.1, determinan  $P_j$  y  $X_j$ ; mientras que las funciones de demanda individual determinan  $ru_j$ ,  $rc_j$ ,  $L_j$  and  $M_j$ .

$$P_j = \{(1+tx_{ij}).[\sum(PD_i/P_j^{p_j}).a_{i,j} + \beta_{CP,j}.(rc_j.P_j)^{1-p_j} + \beta_{UP,j}.(ru_j.P_j)^{1-p_j} + \beta_{LB,j}.(w)^{1-p_j}]\}$$



$$+ a_{MP,j} \cdot (PD_{MP})^{1-\rho_j} \}^{1/(1-\rho_j)}$$

Función de costos CES para los sectores con función de producción (7).

$$KU = \beta_{UP,j} \cdot (r_{Uj})^{-\rho_j} \cdot X_j$$

Demanda por capital no-corporativo (donde:  $\beta_{UP,j}$  es la ponderación de las utilidades no corporativas en el valor de la producción del sector  $j$ ,  $r_{Uj}$  es la rentabilidad del capital no corporativo en la actividad  $j$ , y  $\rho_j$  es la elasticidad de sustitución CES en la función de producción del sector  $j$ ) (7).

$$KC = \beta_{CP,j} \cdot (r_{Cj})^{-\rho_j} \cdot X_j$$

Demanda por capital corporativo en el sector  $j$  (7).

$$L_j = \beta_{LB,j} \cdot (w/PD_j)^{-\rho_j} \cdot X_j$$

Demanda por trabajo en el sector  $j$  (7).

$$M_j = a_{MP,j} \cdot (PD_{MP}/PD_j)^{-\rho_j} \cdot X_j$$

Demanda por insumos importados en el sector  $j$  (donde  $a_{MP,j}$  es el coeficiente de insumo-producto para insumos importados en el sector  $j$ ) (7).

$$\Gamma_j = (r_{Cj} \cdot KC + r_{Uj} \cdot KU) / (KC + KU)$$

Rentabilidad total del capital físico en el sector  $j$  como un promedio ponderado de  $r_{Uj}$  y  $r_{Cj}$  (7).

$$(\tau_j / ((1 + \tau_j) \cdot (1 + tx_{ij}))) = [\Gamma_j \cdot (1 + tx_{ij})] \cdot [(KU + KP) / X_j]$$

Determinación de la tasa de "Mark-up" en el sector  $j$  (7).

#### 4.2 Sectores "mark-up"

El ajuste en los sectores con mark-up, en principio este se da vía cambios en los niveles de producción ( $X_j$ ); por lo tanto, los precios son determinados siguiendo la regla del "mark-up".

$$P_j = (1 + tx_{ij}) \cdot (1 + \tau_j) \cdot [\Sigma PD_i \cdot a_{i,j} + w \cdot b_j]$$

Funciones precio para los sectores con mark-up (3).

$$L_j = \beta_{LB,j} \cdot X_j$$

Demanda por mano de obra en el sector  $j$  (3).

$$M_j = a_{MP,j} \cdot X_j$$

Demanda por insumos intermedios importados (3).

$$\Gamma_j = (\tau_j / ((1 + \tau_j) \cdot (1 + tx_{ij}))) \cdot (X_j / (KU + KP))$$

Rentabilidad del capital físico total en el sector  $j$  (4).



$$r_{uj} = \frac{[(\phi_{uj} \cdot KU) / (\phi_{uj} \cdot KU + \phi_{cj} \cdot KC)]}{[(KU + KC) / KU] \cdot \Gamma_j}$$

Determinación de la rentabilidad sectorial del capital no-corporativo (donde  $\phi_{uj}$  es coeficiente utilidades/capital no corporativos en el sector j) (4).

$$r_{cj} = \frac{[(\phi_{cj} \cdot KC) / (\phi_{uj} \cdot KU + \phi_{cj} \cdot KC)]}{[(KU + KC) / KC] \cdot \Gamma_j}$$

Determinación de la rentabilidad del capital corporativo (4).

## 5. Distribución del Ingreso

### 5.1 Distribución factorial del ingreso

$$Y_{LB} = \Sigma w \cdot L_j + e \cdot NFP$$

Ingreso del factor trabajo (salarios y remesas del exterior) (1).

$$Y_{UP} = \Sigma (r_{uj} \cdot P_j \cdot KU)$$

Ingreso por utilidades no corporativas (1).

$$Y_{CP} = \Sigma (r_{cj} \cdot P_j \cdot KC)$$

Ingreso por utilidades corporativas (1).

### 5.2 Distribución institucional del ingreso

$$GY_k = [\gamma_k \cdot K_k / (\Sigma \gamma_k \cdot K_k)] \cdot Y_{CP}$$

La distribución de las utilidades corporativas a las instituciones k (k = EC y EP), se realiza de acuerdo a sus respectivas dotaciones de capital físico (donde  $\gamma_k$  es la relación utilidades/capital para el agente k) (2).

## 6. Tasas de retorno para los diferentes activos

Cinco tipos de activos/pasivos se identifican en el modelo, cada uno de ellos con una tasa de retorno distinta (exceptuando el circulante): (1) capital físico (K); (2) activos y pasivos del gobierno (incluyendo los bonos y letras del gobierno, depósitos en el y créditos del Banco Central); (3) circulante (billetes y monedas) (CU); (4) activos y pasivos privados (incluyendo los depósitos en y los créditos del sistema financiero privado; y (5) activos y pasivos externos (incluyendo los depósitos en el exterior y la deuda externa).

Con el objeto de "calibrar" el modelo, las rentabilidades de los distintos activos y pasivos se expresan como índices, siendo el valor de estos en el año base igual a uno; por lo tanto,





## 6.1 Tasas de rentabilidad básicas

$$rpc_c = [1 + ((\sum rc_j.P_j)/\sum P_j)] / [1 + ((\sum rc_{0j}.P_{0j})/\sum P_{0j})]$$

Rentabilidad del capital físico corporativo (1).

$$rpc_u = [1 + ((\sum ru_j.P_j)/\sum P_j)] / [1 + ((\sum ru_{0j}.P_{0j})/\sum P_{0j})]$$

Rentabilidad del capital físico no corporativo (1).

$$rg = (1+ia)/(1+ia_0)$$

Rentabilidad de los activos y pasivos del sector público (bonos y letras del gobierno, créditos del Banco Central) ( $ia$  = tasa de interés administrada) (1).

$$rp = (1+i)/(1+i_0)$$

Rentabilidad de los activos y pasivos privados (depósitos en y créditos de los bancos comerciales) ( $i$  = tasa de interés determinada en el mercado) (1).

$$re = (1+i^*)/(1+i_0^*)$$

Rentabilidad de los activos y pasivos externos (i.e. depósitos en el exterior, reservas bancarias y deuda externa) (1).

## 6.2 Asignación de las tasas de retorno básicas a las distintas transacciones financieras y al capital físico

$$rf_{RM,k} = (e/e_{t-1}).re$$

El tipo de cambio oficial ( $e$ ) se aplica a todos los pasivos externos de todas los agentes (e.g. deuda externa) (9).

$$rf_{k,RM} = (e/e_{t-1}).re$$

y para los activos externos de todos los agentes (e.g. reservas bancarias, depósitos en el exterior) (8).

$$rf_{ks,k} = rg$$

$rg$  se aplica a los pasivos de las instituciones gubernamentales (e.g. certificados de depósito del Banco Central, letras del gobierno) ( $ks$  = GB y BC) (16).

$$rf_{k,kx} = rp$$

$rp$  se aplica a los pasivos de las instituciones privadas no financieras y financieras (e.g. depósitos bancarios) ( $kx$  = HH, EC y EP, BP, BE y FP) (48).



$$rk_{HH} = rpc_u$$

la tasa de retorno del capital no corporativo se aplica a la inversión de los hogares en capital físico (1).

$$rk_{kk} = rpc_c$$

la tasa de retorno del capital corporativo se aplica para la inversión de las compañías, empresas públicas y el gobierno (3).

### 6.3 Rentabilidad promedio ponderada del portafolio de cada uno de los agentes

$$ra_{kw} = [\sum \alpha_{kw,k} \cdot (rf_{kw,k})^{\sigma_k}]^{(1/\sigma_k)}$$

Rentabilidad ponderada del portafolio de las instituciones financieras y del sector externo (kw = RM, BC, BP, BE y FP) (5).

$$ra_{kd} = [\sum \alpha_{kd,k} \cdot (rf_{kd,k})^{\sigma_k} + \alpha_{k,K} \cdot (rk_{kd})^{\sigma_k}]^{(1/\sigma_k)}$$

Rentabilidad promedio del portafolio de las instituciones no financieras (kd = HH, EC, EP y GB) (4).

## 7. Balances de acumulación sectoriales comunes

Todos los agentes económicos mantienen un balance entre sus stocks, por un lado de sus activos, y por el otro de sus pasivos y patrimonio neto.

$$ASS_k \equiv LBT_k + WTH_k$$

Balance (8).

Los distintos comportamientos de los agentes en sus procesos de acumulación, se modela al diferenciarse la forma en la que los distintos balances de acumulación de los agentes cierra. Para aquellos sectores donde el enfoque de "inversión determina el ahorro" se aplica (i.e. compañías, empresas públicas y el gobierno)  $ASS_k$  es determinado completamente por los agentes (i.e. dentro de su balance de acumulación); esto implica que al menos una de las variables en el lado derecho del balance de acumulación (i.e.  $LBT_k$ ) será el cierre del balance. Contrariamente, para el ajuste del balance de los hogares, donde rige el principio de "ahorro determina la inversión",  $LBT_{HH}$  es determinado fuera del control de los hogares (i.e. en el balance de otros agentes); por lo tanto, una de las variables dentro de  $ASS_{HH}$  debe ser la que cierre el balance de los hogares (i.e. la inversión de HH).

### 7.1 Cierres de los balances para las instituciones no financieras (kd = HH, EC, EP y GB)

#### 7.1.1 Activos



$$ASS_{kd} \equiv \sum AA_{kd,l} + KN_{kd}$$

Estructura de activos (4).

$$KN_{kd} \equiv KN_{kd(t-1)} + IN_{kd} + STK_{kd}$$

Definición del capital físico en términos nominales (4).

$$IN_{kd} \equiv \sum (\lambda_{i,k} \cdot PD_{kd}) \cdot IR_{kd}$$

Inversión en términos nominales (4).

$$K_{kd} \equiv (1-dr) \cdot K_{kd(t-1)} + IR_{kd}$$

Stock de capital físico mantenido por cada agente al final del periodo. (i.e. dr = tasa de depreciación) (4).

### 7.1.2 Pasivos

$$LBT_{kd} \equiv \sum AA_{K,kd}$$

Estructura de pasivos (4).

### 7.1.3 Patrimonio neto

$$WTH_k \equiv WTH_{k(t-1)} + SV_k + REV_k$$

Definición de patrimonio neto (4).

$$REV_k = \frac{(e - e_{t-1})}{e_{t-1}} \cdot \sum (AA_{k,L(t-1)} - AA_{L,k(t-1)})$$

Revalorización el patrimonio de los HH, EC, EP y GB (4).

## 7.2 Cierres de los balances para las instituciones financieras (k = BC, BP, BE y FP)

### 7.2.1 Activos

$$ASS_{kb} \equiv \sum AA_{kb,K}$$

Estructura de activos (4).

### 7.2.2 Pasivos

$$LBT_{kb} \equiv \sum AA_{K,kb}$$

Estructura de pasivos (4).

### 7.2.3 Patrimonio neto

$$WTH_{kb} \equiv WTH_{kb(t-1)} + REV_{kb}$$

Definición de patrimonio neto (4).



$$REV_{kb} = \frac{(e - e_{t-1})}{e_{t-1}} \cdot \Sigma(AA_{kb,L(t-1)} - AA_{L,kb(t-1)})$$

Revalorización neta de las stocks de activos y pasivos de las instituciones financieras k (4).

### 7.3 Sector externo

#### 7.3.1 Activos

$$ASS_{RM} \equiv \Sigma AA_{RM,l}$$

Estructura de activos (1).

#### 7.2.2 Pasivos

$$LBT_{RM} \equiv \Sigma AA_{l,RM}$$

Estructura de pasivos (1).

#### 7.2.3 Patrimonio neto

$$WTH_{RM} \equiv WTH_{RM(t-1)} + SAV_{RM} + REV_{RM}$$

Definición de patrimonio neto (1).

$$REV_{RM} = \frac{(e - e_{t-1})}{e_{t-1}} \cdot \Sigma(AA_{RM,L(t-1)} - AA_{L,RM(t-1)})$$

Revalorización de los activos y pasivos externos (1).

## 8. Balance de los hogares (HH)

### 8.1 Ingresos y ahorro de los hogares

$$GY_{HH} = \Omega_{LB,HH} \cdot Y_{LB} + Y_{UP} + DIV_{HH} + CT_{GB,HH}$$

Ingreso bruto de los hogares incluyendo el ingreso salarial, las utilidades no corporativas, las utilidades distribuidas (DIV) y las transferencias corrientes recibidas (CT<sub>GB,HH</sub>) del gobierno (1).

$$YD_{HH} = (1 - t_{xd,HH}) \cdot GY_{HH} - CT_{HH,EC}$$

Ingreso disponible de los de los hogares después de impuestos y transferencias corrientes a las compañías (CT<sub>HH,EC</sub>) (i.e. pago de intereses) (1).



$$CT_{HH,EC} = rf_{EC,HH} \cdot \xi_{h,EC} \cdot AA_{BP,HH(t-1)}$$

Pago de intereses de los hogares a las compañías por concepto de deudas contraídas (i.e. con los bancos privados) (1).

$$SH_{HH} = \Lambda_1 \cdot YD_{HH} - \Lambda_2 \cdot (WTH_{HH(t-1)} + REV_{HH})$$

Ahorros de los hogares, determinado como un intento de ajuste incompleto por parte de los hogares de adaptar su patrimonio neto a una proporción  $\Lambda_1$  de sus ingresos disponibles ( $\Lambda_1 > 0$ ; y  $\Lambda_2 < 0$ ) (1).

$$NC_{HH} = YD_{HH} - SH_{HH}$$

Consumo nominal de los hogares como una función de su ingreso disponible (1).

$$C_{i,HH} = \Theta_{i,HH} + \mu_{i,HH} \cdot ((NC_{HH} - \sum PD_i \cdot \Theta_{i,HH}) / PD_i)$$

Función de demanda tipo LES (incluyendo el consumo de bienes importados) donde:  $\Theta_{i,h}$  = nivel base de consumo de bienes y servicios  $i$ ; y  $\mu_{i,HH}$  = participaciones en el presupuesto marginal (8).

### 8.2.2 Determinación del portafolio

$$AA_{HH,k} = \alpha_{HH,k} \cdot (rf_{HH,k} / ra_{HH})^\sigma \cdot ASS_{HH}$$

Los hogares pueden determinar la composición de sus activos. La demanda de los HH por activos financieros se determina mediante este conjunto de ecuaciones. La demanda de los hogares por activos físicos, es implícitamente determinada y no necesita ser especificada explícitamente (9).

## 9. Balance de las compañías (EC)

El comportamiento del balance de acumulación de las compañías depende en forma crítica de su acumulación de capital físico, que está determinada por la función demanda de inversión de las ECs ( $IR_{EC}$ ) que depende del nivel de actividad económica (el factor acelerador).

### 9.1 Ingreso y ahorro de las Compañías

$$YBT_{EC} = GY_{EC} + CT_{HH,EC} + CT_{EP,EC} + CT_{GB,EC} - DIV_{HH} - CT_{EC,RM}$$

Ingreso de las compañías antes de impuestos (1).



$$DIV_{HH} = \zeta_{HH} \cdot GY_{EC}$$

Dividendos distribuidos a los hogares, como función de las utilidades brutas de las compañías (1).

$$CT_{EC, RM} = r_{f_{RM, EC}} \cdot \xi_{EC, RM} \cdot \Sigma AA_{RM, kc(t-1)}$$

Pago de intereses debido a la deuda externa de las compañías (1).

$$SV_{EC} = YBT_{EC} - tx_{d_{EC}} \cdot GY_{EC}$$

Ahorro de las compañías (1).

## 9.2 Demanda por inversión

$$IR_{EC} = \overline{IR}_{EC} + \chi_1 \cdot IR_{EC(t-1)} + \chi_2 \cdot (GDP - GDP_{t-1})$$

La función de demanda por inversión de las ECs depende del nivel de inversión en el año precedente y del factor de acelerador que depende de los cambios observados en el PIB (1).

## 9.3 Determinación del portafolio de las compañías

$$AA_{EC, k} = (\alpha_{EC, k} / \alpha_{EC, K}) \cdot (r_{f_{EC, k}} / r_{k_{EC}})^{\sigma} \cdot KN_{EC}$$

La estructura de portafolio de las ECs se determina mediante una función del stock de capital ( $KN_{EC}$ ). En esta forma, los cambios en  $KN_{EC}$  (dados por la inversión de las ECs) producirán cambios en el nivel de capital de trabajo requerido por las compañías (9).

## 10 Balance de acumulación de las Empresas Públicas (EP)

Como en el caso de las compañías, el comportamiento del balance de acumulación de las empresas públicas, depende en forma crucial de la inversión de las EPs y de su acumulación de capital físico.

### 10.1 Ingreso y ahorro de las Empresas Públicas

$$YBT_{EP} = GY_{EP} + e \cdot CT_{RM, EP} - CT_{EP, HH} - CT_{EP, RM}$$

Ingreso de las EPs antes de impuestos (1).

$$CT_{EP, EC} = r_{f_{BP, EP}} \cdot \xi_{EP, EC} \cdot \Sigma \Sigma AA_{kc, kg}$$

Las transferencias corrientes de las empresas estatales (i.e. empresas públicas y banco central (kg)) a las compañías (i.e. empresas y bancos privados (kc)) comprenden principalmente el pago de intereses (1).



$$CT_{EP,RM} = r_{RM,EP} \cdot \xi_{EP,RM} \cdot \Sigma AA_{RM,kg}$$

El pago de intereses debidos a la deuda externa de las empresas públicas (1).

$$SV_{EP} = YBT_{EP} - txd_{EP} \cdot GY_{EP}$$

Ahorro de las empresas públicas (1).

## 10.2 Demanda de inversión

$$IR_{EP} = \overline{IR}_{EP}$$

La función de inversión para las EPs está dado por la inversión programada para las empresas públicas como parte de la política pública (1).

## 10.3 Determinación del portafolio de las empresas públicas

$$AA_{EP,k} = (\alpha_{EP,k} / \alpha_{EP,K}) \cdot (r_{EP,k} / r_{kEP})^\sigma \cdot KN_{EP}$$

La estructura de portafolio financiero de las EPs se determina en función al stock de capital físico de las mismas ( $KN_{EP}$ ) (8).

## 11. Balance del Gobierno

Como en los dos casos anteriores, el balance de acumulación del gobierno está determinado por el comportamiento de la inversión y de la acumulación de capital físico.

### 11.1 Ingresos y ahorro del Gobierno

$$SV_{GB} = GRV - GEX$$

Los ahorros del gobierno se determinan como la diferencia entre sus ingresos y gastos corrientes (1).

$$GRV = \Sigma (txi_j / (1 + txi_j)) \cdot P_j \cdot X_j \\ + txm \cdot cif \cdot e \cdot P^* \cdot M \\ + txd_{HH} \cdot GY_{HH} + txd_{EC} \cdot GY_{EC} \\ + txd_{EP} \cdot GY_{EP} + e \cdot CT_{RM,GB}$$

Ingresos del gobierno (1).

$$GEX = PD_{SM} \cdot G + CT_{GB,HH} \\ + CT_{GB,EC} + CT_{GB,RM}$$

Gastos del gobierno (1).

$$CT_{GB,HH} = \Psi_{HH} \cdot PD_{SM} \cdot G$$

Transferencias corrientes a los hogares (1).



$$CT_{GB,EC} = \Psi_{EC} \cdot PD_{SM} \cdot G$$

Transferencias corrientes a las empresas corporativas (1).

$$CT_{GB,RM} = r_{f_{RM,GB}} \cdot \xi_{GB,RM} \cdot AA_{RM,GB}$$

Pagos de intereses debido a la deuda externa del gobierno (1).

## 11.2 Demanda de inversión

$$IR_{GB} = \overline{IR}_{GB}$$

La función de inversión para el GB está dado por la inversión programada para el gobierno como parte de la política pública (1).

## 11.3 Determinación del portafolio del Gobierno

$$AA_{GB,k} = (\alpha_{GB,k} / \alpha_{GB,K}) \cdot (r_{f_{GB,k}} / r_{k_{GB}})^{\sigma} \cdot KN_{GB}$$

La composición del portafolio de activos del GB se determina en base al nivel de stock de capital físico del gobierno ( $KN_{GB}$ ) (9).

## 12. Bancos Comerciales (BP)

$$AA_{BP,ka} = \alpha_{BP,ka} \cdot (r_{f_{BP,ka}} / r_{a_{BP}})^{\sigma} \cdot ASS_{BP}$$

Como fue explicado anteriormente, las BP tienen control sobre todos sus activos excepto sobre el crédito a las compañías ( $AA_{BP,EC}$ ) el cuál es implícitamente determinado en el cierre del balance de acumulación de las ECs. El cierre del balance de las BPs sin embargo tiene lugar mediante variaciones en  $LBT_{BP}$  (i.e. crédito proveniente del Banco Central) ( $ka =$  todos los agentes excepto EC) (8).

## 13. Bancos Especializados (BE)

$$AA_{BE,ka} = \alpha_{BE,ka} \cdot (r_{f_{BE,ka}} / r_{a_{BE}})^{\sigma} \cdot ASS_{BE}$$

Los BE no pueden determinar el nivel de los fondos prestables disponibles, pero si deciden sobre la estructura de su portafolio. En este sentido, la variable de ajuste es el crédito a los hogares ( $AA_{BE,HH}$ ) ( $ka =$  todos los agentes excepto HH) (8).





#### 14. Fondos de Pensiones (FPs)

$$AA_{FP,kq} = \alpha_{FP,kq} \cdot (rf_{FP,kq}/ra_{FP})^\sigma \cdot ASS_{FP}$$

Los Fondos de Pensiones invierten su portafolio en activos domésticos (bonos del gobierno, CDs del Banco Central, certificados de depósitos) y activos externos. Sin embargo, la colocación de recursos en bonos del gobierno es determinado por este último. (7).

#### 15. Banco Central (BC)

$$AA_{BC,kq} = \alpha_{BC,kq} \cdot (rf_{BC,kq}/ra_{BC})^\sigma \cdot ASS_{BC}$$

Como se discutió anteriormente, el BC puede determinar la composición de su portafolio en forma parcial ya que el crédito a los bancos privados son determinados previamente dentro del balance de estos agentes. (El ajuste del balance del BC tiene lugar mediante cambios en el nivel de reservas internacionales como será explicado con mayor detalle en la sección 14.3 (kq = HH, EC, EP, GB, BC, BE y FP) (7).

#### 16. Balance Externo

##### 16.1 Cuenta Corriente

$$SV_{RM} = RMRV - RMEX$$

Ahorro externo (saldo en la cuenta corriente de la balanza de pagos) (1).

$$RMRV = m \cdot e \cdot PW_{MP} \cdot IMP + \sum CT_{k,RM} + \Omega_{LB,RM} \cdot Y_{LB}$$

Pagos al resto del mundo (1).

$$RMEX = \sum PE_i \cdot E_i + e \cdot NFP + e \cdot \sum CT_{RM,k}$$

Pagos provenientes del resto del mundo (1).

##### 16.2 Cuenta de capital

$$AA_{RM,k} = (e/e_{t-1}) \cdot AA_{RM,k(t-1)} + e \cdot \Delta F_k$$

Los activos del RM equivalen a los pasivos externos de la economía. Los inlfujos de capitales del periodo ( $\Delta F$ ) son determinados exógenamente (9).



### 17. Cambio de existencias

$$\Delta SK_i = \Phi_i \cdot X_i$$

Los cambios de stocks por actividades dependen de los niveles de producción de cada sector ( $i =$  todos los sectores productivos exceptuando las importaciones) (10).

$$\Delta SK_{MP} = \Phi_{MP} \cdot (\Sigma M_j + \Sigma C_{MP,h} + \Sigma \Theta_{MP,k} \cdot IR_k)$$

Los cambios de stocks para las importaciones dependen del total de importaciones (1).

$$\Delta STK_k = \gamma_k \cdot \Sigma PD_i \cdot SK_i$$

Los cambios de stocks son asignados a los agentes de acuerdo a una proporción fija  $\gamma_k$  (4).

### 18. Mercado laboral

$$w = cw_0 + cw_1 \cdot CPI - cw_2 \cdot U + cw_3 \cdot w_{t-1}$$

La tasa nominal de salario es una función del índice de precios al consumidor (CPI), la tasa de desempleo (U) y la tasa salarial en el periodo anterior ( $w_{t-1}$ ) (1).

$$TLD = \Sigma \lambda_i \cdot L_i$$

Demanda total de mano de obra (1).

$$TLS = TLS_0 \cdot (1+n)^t$$

Oferta de mano de obra (1).

$$U = (TLS - TLD) / TLS$$

Tasa de desempleo (1).

$$CL = TLS - \Sigma \lambda_{iq} \cdot L_{iq}$$

Oferta de trabajo máxima a los sectores mark-up ( $iq =$  sectores con funciones de producción) (1).

## V. Lista de variables, parámetros y coeficientes

### 1. Variables Endógenas

Existen 407 variables endógenas:

<u>Variable</u>	<u>No de casos</u>	
$X_i$	10	producción total por actividad.



$XD_i$	10	absorción interna.
$E_i$	10	exportaciones por actividad.
$P_i$	10	precio compuesto por actividad.
$PE_i$	10	precio de exportación por actividad.
$PD_i$	8	precio doméstico por actividad y para bienes importados.
$KC$	1	stock de capital corporativo.
$KU$	1	stock de capital no corporativo.
$K_k$	4	stock de capital por agente.
$ru_i$	10	rentabilidad del capital no corporativo por actividad.
$rc_i$	10	rentabilidad del capital corporativo por actividad.
$L_i$	10	empleo por actividad.
$M_i$	10	demanda de insumos importados por actividad.
$\Gamma_i$	10	rentabilidad del capital por actividad.
$\tau_i$	4	tasa de mark-up por actividad.
$Y_f$	3	ingreso total por categoría de factor de producción.
$GY_k$	2	asignación de utilidades corporativas a instituciones.
$rpc_f$	2	rentabilidad por categoría de capital físico.
$rg$	1	rentabilidad de bonos públicos.
$rp$	1	rentabilidad de activos domésticos privados.
$re$	1	rentabilidad de activos externos.
$rf_{k,l}$	81	rentabilidad de activos financieros.
$rk_k$	4	rentabilidad del capital por agente.
$ra_k$	9	rentabilidad promedio del portafolio por agente.
$ASS_k$	9	activos totales por agente.
$LBT_k$	9	pasivos totales por agente.
$WTH_k$	9	patrimonio total por agente.
$KN_k$	4	valor nominal del capital físico por agente.
$AA_{k,l}$	81	activos financieros emitidos por el agente l y demandado por el agente k.
$IN_k$	4	inversión nominal por el agente k.
$IR_k$	4	inversión real por el agente k.
$SV_k$	5	ahorro del agente k.
$REV_k$	9	revalorización neta de activos por agente.
$GY_{HH}$	1	ingresos brutos de los hogares.
$YD_{HH}$	1	ingreso disponible de los hogares.
$NC_{HH}$	1	consumo nominal de los hogares.
$C_{HH,i}$	8	consumo real de bienes y servicios por los hogares.
$YBT_k$	2	ingreso de las compañías antes de impuestos (CR y EP).
$DIV_{HH}$	1	dividendos distribuidos a los hogares.
$CT_{k,l}$	17	transferencias corrientes del agente k al agente l.
$IRF_k$	3	demanda de inversión por agente.
$GRV$	1	ingresos del gobierno.



GEX	1	gastos del gobierno.
G	1	consumo final del gobierno.
RMRV	1	ingresos del resto del mundo.
RMEX	1	gastos del resto del mundo.
$\Delta SK_i$	8	variación de inventarios por tipo de bien
$STK_k$	4	variación de inventario por agente.
w	1	tasa de salario nominal.
TLD	1	demanda total por trabajo.
TLS	1	oferta total de trabajo.
U	1	tasa de desempleo.

## 2. Variables exógenas

E	1	tipo de cambio.
$PW_i$	7	precio mundial de bienes.
RFA	1	remesas del exterior.
ia	1	tasa de interés de los bonos del gobierno.
i	1	tasa de interés interna.
$i^*$	1	tasa de interés externa.
$\Delta F_k$	6	influjo de capitales recibido por el agente k en el período.
$CT_{RM,k}$	1	transferencias corrientes del exterior.

MIRES 1 nivel de reservas internacionales mínimo (objetivo).

$K_{k(t-1)}$	4	stock de capital al comienzo del período.
$WTH_{k(t-1)}$	8	patrimonio neto por agente al comienzo del período.
$AA_{RM,k(t-1)}$	6	deuda externa por agente.
$e_{(t-1)}$	1	tipo de cambio en el período anterior.
$IR_{EC(t-1)}$	1	inversión por agente en el período anterior.
$w_{t-1}$	1	salario nominal en el período anterior.

## 3. Parámetros

$\eta_i$	7	elasticidad de exportación por actividad.
$\lambda_{i,k}$	28	coeficientes de inversión por agente y por tipo de bien.
$\rho_i$	2	elasticidad de sustitución constante entre factores de producción entre las actividades con función de producción.
$a_{i,j}$	42	coeficientes de insumo-producto.
$b_i$	6	coeficientes trabajo-producto por rama de actividad.
$txi_i$	6	tasa de impuestos indirectos por actividad.



$\tau_{i0}$	4	tasa de mark-up en el año base en los sectores de mark-up.
$\Phi_{u,j}$ y $\Phi_{c,j}$	12	coeficientes utilidad-capital para el capital corporativo y no-corporativo.
$\gamma_k$	4	coeficiente utilidad-capital por agente económico.
$\alpha_{k,l}$	64	coeficientes de estructura de portafolio por agente económico.
$\sigma_k$	7	elasticidades de sustitución de portafolio por agente económico.
$t\alpha d_k$	4	tasa de impuestos al ingreso.
$\Lambda_{h,1}$ and $\Lambda_{h,2}$	2	propensión a ahorrar de los ingresos y de patrimonio para los hogares.
$\Theta_{i,h}$	21	consumo básico de los hogares por tipo de bien.
$\mu_{i,h}$	21	participaciones marginales de presupuesto por tipo de bien.
$\xi_{k,l}$	8	tasa de interés implícita por agente.
$\zeta_h$	3	coeficiente de distribución de utilidades a los hogares.
$\Psi_h$	3	transferencias corrientes a los hogares como porcentaje de los gastos del gobierno.