



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**POSGRADO EN ECONOMIA**

**Doctorado en Economía  
Economía de los Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable**

**“¿ESTUVO PERÚ EN LA SENDA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE? UNA  
APLICACIÓN BASADA EN LA SOSTENIBILIDAD DÉBIL: EVIDENCIA DEL  
PERIODO 1994-2012”**

**TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
DOCTOR EN ECONOMIA**

**PRESENTA:  
CARLOS ENRIQUE ORIHUELA ROMERO**

**TUTOR  
ROBERTO ESCALANTE SEMERENA  
FACULTAD DE ECONOMIA - UNAM**

**MÉXICO, D. F., JUNIO 2015**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# INDICE

<b>1. ANTECEDENTES</b>	5
<b>2. INTRODUCCION</b>	5
<b>3. MARCO TEORICO</b>	9
3.1 Conceptos básicos	9
3.2 Enfoques genéricos	11
3.2.1 Sostenibilidad fuerte	12
3.2.2 Sostenibilidad débil	12
3.3 Indicadores	14
3.3.1 Huella Ecológica	14
3.3.2 Índice de Desarrollo Humano	15
3.3.3 Regla de Hartwick y rentas	16
3.3.4 Ingreso Nacional Neto y consumo de capital natural	17
3.3.5 Inversión Genuina	18
3.3.6 Inversión Genuina y Ahorro Genuino	24
3.4 Ingreso, Desarrollo y Riqueza	25
3.4.1 Ingreso y riqueza	25
3.4.2 Ingreso y desarrollo	27
<b>4. REVISION BIBLIOGRAFICA</b>	30
<b>5. METODOLOGIA</b>	31
5.1 Capital Artificial	31
5.2 Capital Natural	32
5.2.1 Suelo Agropecuario	33
5.2.2 Capital Minero	34
5.2.3 Capital Pesquero	40
5.2.4 Capital Hidrocarburos	43
5.3 Capital Humano	45
5.4 Drift Term	48
5.5 Capital Financiero	48
<b>6. RESULTADOS</b>	49
6.1 Capital natural agropecuario	49
6.1.1 Cuentas físicas	49
6.1.2 Cuentas monetarias	50
6.2 Capital natural minero	51
6.2.1 Cuentas físicas	51
6.2.2 Cuentas monetarias	51
6.3 Capital natural pesca	62
6.4 Análisis de resultados	67
6.5 Discusión	69
6.5.1 Eficiencia en el manejo de los activos	69
6.5.2 Fronteras de expansión	74
6.5.3 Población en zonas frágiles	75
6.6 Perspectivas de desarrollo futuro	77
<b>7. CONCLUSIONES</b>	79
<b>8. LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES SOBRE ESTE ESTUDIO</b>	80
<b>9. RECOMENDACIONES DE POLITICA</b>	80
<b>REFERENCIAS</b>	82

Dedicado a la motivación de mi vida: mi familia

## **AGRADECIMIENTOS**

A toda mi familia: quienes siempre me han mostrado su apoyo incondicional.

A Roberto Escalante por sus consejos y su apoyo en las distintas etapas de este documento.

A aquellas instituciones que me apoyaron para realizar diversas investigaciones, cuyos resultados -directa o indirectamente- fueron utilizados en esta tesis.

A todos aquellos quienes de una u otra forma, directa o indirectamente apoyaron en la realización de este documento.

## 1. ANTECEDENTES

El crecimiento de las economías puede reflejar un nivel de bienestar humano agregado en un momento dado. Por ello, los gobiernos frecuentemente están interesados en utilizar indicadores para medir este crecimiento. Diversos indicadores han sido propuestos en la literatura, siendo quizá el más utilizado y de mayor consenso, el producto interno bruto (PIB).

Desde los años 80s ha sido costumbre utilizar el PIB para evaluar la sostenibilidad de las economías. El problema de este indicador es que no permite inferir mucho sobre el desarrollo futuro. Por ello, la literatura económica está interesada en evaluar el desarrollo sostenible de las economías como medida alternativa de crecimiento/desempeño económico.

Evaluar el desarrollo sostenible es un tema controversial y normativo puesto que existen diferentes y numerosos puntos de vista no solo por el significado en sí de los términos “desarrollo”, “sostenibilidad” o incluso “desarrollo sostenible”, sino también por las implicancias -en la forma de evaluar- sobre el destino de las sociedades. Los enfoques que evalúan el desarrollo sostenible son diversos aunque pueden agruparse en dos grupos básicos: económicos y ecológicos, de ahí que la discusión genere normalmente antagonismos.

En este estudio se propone, desde la perspectiva económica o *sostenibilidad débil* utilizar el indicador *Inversión Genuina* para evaluar el desarrollo sostenible de la economía peruana. Las contribuciones de Lange (2004), Atkinson y Gundimeda (2006), Arrow et al (2007), Kumar (2013), Ollivier y Giraud (2011) para evaluar el desarrollo sostenible Botswana-Namibia, India, Estados Unidos-China, Mozambique e India, respectivamente, refuerzan el consenso en la literatura económica para utilizar este indicador.

En tal sentido, este estudio pretende contribuir a la discusión sobre el desarrollo sostenible mediante la aplicación del indicador inversión genuina no solo como un aporte a la literatura sino además para corroborar que el criterio *inversión genuina* realmente constituye una buena opción para evaluar la sostenibilidad de la economía peruana.

## 2. INTRODUCCIÓN

A raíz de la coyuntura mundial de altos precios del petróleo y algunos metales (a partir del año 2005), el Perú inició un proceso de crecimiento económico nunca antes experimentado, lográndose incluso tasas de crecimiento superiores al 7%. Esto ha conllevado a una mayor dinámica en la economía.

Tal fue este crecimiento que incluso ante la crisis mundial del año 2010, la rápida mejora en los precios de exportación, aunado a las fortalezas de la

economía peruana y las acertadas políticas macroeconómicas implementadas, se logró que la velocidad de recuperación de la economía peruana fuera más rápida que la de sus pares de la región (MEF, 2011). Más aun, las expectativas para los próximos años fueron alentadoras. Según esta fuente:

*“El Perú tiene amplio espacio para seguir creciendo gracias a las oportunidades de inversión con elevados retornos al capital, asociadas a la abundancia de recursos naturales y a la brecha de infraestructura. Además, el Perú tiene posibilidades de generar elevadas ganancias en productividad a medida que se incorpore el sector informal a la economía formal. En este escenario, al 2014 la inversión privada alcanzaría niveles de 22,7 del PBI (el nivel más alto desde 1958), el PBI puede alcanzar los US\$ 229 mil millones y el PBI per cápita se ubicaría cercano a los US\$7 500, un incremento acumulado de casi 40% respecto al 2010”.*

Incluso, otra institución pública como el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014) fue más lejos y asegura que Perú está en la senda del desarrollo sostenible:

*“Las prioridades ambientales contenidas en la AgendAmbiente Perú 2013 - 2014, responden a la situación del país, signada por acontecimientos y tendencias que confirman al Perú en una senda de desarrollo sostenible, con un ritmo de inversiones públicas y privadas que se debe mantener, con políticas y programas de inclusión social, y por el relativo cumplimiento de los estándares ambientales en las diversas actividades productivas en todo el ámbito territorial”.*

### *Problema de Investigación*

Las anteriores expectativas *oficiales* están basadas en el reciente crecimiento económico (medido por la tasa de crecimiento del PIB). Sin embargo, este crecimiento podría estar generando no solamente una falsa señal de bienestar humano futuro sino incluso un desarrollo (si lo hubiere) que no es ni será sostenible. Esto conllevaría a la adopción e implementación de equivocadas medidas de política.

Si bien la tasa de crecimiento del PIB per-cápita es vista como el indicador clásico de crecimiento económico, no necesariamente es el más apropiado para evaluar el desempeño de una economía. Cuando un país rico en recursos naturales no renovables extrae tales recursos (por ejemplo, metales), eventualmente incrementa su dinámica económica y PIB, pero al mismo tiempo reduce su stock de capital natural, pudiendo mermar su capacidad para generar ingresos en el futuro (incluso a pesar de los nuevos descubrimientos).

En consecuencia, un país como Perú puede registrar, *ceteris paribus*, niveles crecientes del PIB durante un corto periodo y luego presentar una tendencia decreciente. De esta forma, las tradicionales medidas de ingreso (como el PIB) no permiten inferir mucho sobre el bienestar humano futuro. Simplemente constituyen la imagen de un momento particular de la economía.

Por ello, Dasgupta y Mäler (2001) propusieron el indicador *Inversión Genuina* como el más apropiado para evaluar si una economía ha estado en la senda del *desarrollo sostenible* durante un periodo dado. Este indicador económico consiste en medir el cambio del valor de la base productiva o riqueza de una economía durante un periodo dado.

Si una economía acumula riqueza, entonces tendrá la capacidad para enfrentar o satisfacer las necesidades futuras, de manera que estaría en capacidad de alcanzar su nivel de desarrollo deseado.

### *Relevancia*

Evaluar el *desarrollo sostenible* de una economía es fundamental para los países altamente dependientes de la venta de sus recursos naturales, en donde los bajos niveles de reinversión de rentas pueden poner en peligro la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras. En otras palabras, el bienestar de una economía depende -en gran medida- de la asignación de sus recursos.

Esta investigación propone evaluar la estancia del Perú en la senda del desarrollo sostenible. Esto es importante puesto que si no fue el caso, el Estado peruano debería replantear y/o reforzar sus políticas hacia el logro de este objetivo social.

Asimismo, esta investigación propone mejorar los resultados de la evaluación de la riqueza peruana por el World Bank (2006; 2011). Para ello se propone el uso de: i) información proveniente de fuentes locales en lugar de fuentes externas; ii) estimaciones de costos marginales de extracción de recursos naturales; y iii) valorar el capital humano usando información de retornos a la educación. Los resultados de este estudio deberían ser más precisos.

Todo esto constituye el aporte y relevancia de esta investigación.

### **Hipótesis**

La hipótesis de esta investigación es: Perú ha estado en la senda del desarrollo sostenible durante el periodo 1994-2012. La elección del periodo dependió de la disponibilidad de información.

### **Objetivo**

El objetivo del presente estudio es determinar si un país rico en recursos naturales pero con bajos niveles de PIB per-cápita como el Perú puede mantener sus posibilidades de desarrollo en el futuro. En otras palabras, corroborar que el indicador *Inversión Genuina* realmente constituye una buena opción para evaluar la sostenibilidad de la economía peruana.

El objetivo secundario es determinar qué factores han incidido significativamente en la permanencia de la economía peruana en la senda del desarrollo sostenible, de ser el caso. Esto es relevante para el establecimiento de futuras políticas públicas.

Se eligió el indicador Inversión Genuina, por cuatro motivos:

- Está basado en el mantenimiento no decreciente del bienestar humano, criterio fundamental en economía del bienestar. Este indicador, en teoría, ofrece información sobre el bienestar humano inter-temporal. Dada la cantidad de indicadores que evalúan la sostenibilidad, para un estudio económico, debería utilizarse un indicador basado en el paradigma económico de sostenibilidad (sostenibilidad débil). Inversión Genuina encaja en este esquema.
- Una de sus variantes, Ahorro Genuino, (el cual será comentado en la Sección 4) es empleada por el Banco Mundial para evaluar - gruesamente- la sostenibilidad de las economías de sus países miembros. De esta forma, la inversión genuina posee un consenso de la literatura económica.
- Existe una creciente literatura que utiliza tanto la Inversión Genuina como el Ahorro Genuino para las economías de diversos países, e incluso a nivel local. Esto es fundamental para comparar resultados así como aporte metodológico para futuros estudios.
- Además, es un indicador basado en información física y económica la cual es en gran parte accesible. No se requiere indicadores de capacidad de carga ni asumir que la economía esta optimizando recursos.

Para el desarrollo del estudio, en la sección 3 se comenta el marco teórico enfatizando en los conceptos básicos para este estudio. La sección contiene un análisis de estudios similares. La metodología (y sus limitaciones) es comentada en la sección 5 mientras que en la sección 6 se presentan los resultados. En las secciones 7, 8 y 9 se señalan las conclusiones, limitaciones y recomendaciones.

### 3. MARCO TEÓRICO

A continuación se comentan los conceptos que serán utilizados a lo largo de la investigación.

#### 3.1 Conceptos básicos

*Crecimiento económico* es definido generalmente como la creciente capacidad para producir bienes y servicios y a menudo es medido por el crecimiento del PIB per-cápita (UNU-IHDP y UNEP, 2012). Este indicador brinda una idea del ingreso de una economía. El término *crecimiento económico sostenible* será equivalente a un nivel de crecimiento económico real que pueda mantenerse en el futuro o que sea decreciente en el tiempo.

Sobre *desarrollo económico* no hay una definición general consensuada. Bosh y Chiessa (2006) estudiaron este significado llegando a la conclusión que *desarrollo económico* es un concepto político, un proceso de cooperación y dirigido por los Estados, y básicamente construido sobre los valores de la civilización occidental a fin de lograr la prosperidad económica y el bienestar general.

No es objetivo de este estudio profundizar sobre el concepto de desarrollo económico, de manera que se asumirá como un proceso dinámico y continuo de mejoras (conforme a los patrones occidentales) en diversos indicadores de la sociedad, no solo económicos, culturales, institucionales, sino también aquellos relacionados a la mejora en aspectos básicos como acceso a servicios básicos (salud, agua potable, alimentación, empleo, etc.), libertades y otros componentes del bienestar social.

*Sostenibilidad*<sup>1</sup> es un concepto que sugiere que algo deba ser mantenido. En un contexto biológico, la extracción sostenible de una especie será aquella extracción que permita a la biomasa vinculada mantenerse en un nivel dado de forma indefinida. Un ejemplo constituye la Captura Máxima Sostenible (traducción de: maximum sustainable yield”), equivalente al número o biomasa de individuos que puede extraída de un ecosistema sin poner el peligro su nivel de población (Gordon, 1954).

Si bien este término fue diseñado para un contexto biológico, en un contexto económico podría atribuírsele a la mantención de un cierto nivel de bienestar u otro indicador.

Inicialmente, el concepto de sostenibilidad exploraba la relación entre desarrollo económico, calidad ambiental y equidad social. Este concepto surgió el año 1972 en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente Humano en Suecia (Rogers et al, 2008). No fue hasta el año 1987, en que la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, más conocida como “Comisión Brundtland” definió el término *desarrollo sostenible*:

---

<sup>1</sup> En la literatura anglosajona se usa el término *sustainable* para referirse a sostenibilidad o sustentabilidad, traducciones en español del término anglosajón. Por ende, ambas traducciones españolas son equivalentes.

*“Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs” (United Nations, 2013)*

La traducción propia en español es:

*“aquel desarrollo capaz de satisfacer las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”*

Si bien esta definición se basa en objetivos sociales y económicos (y no necesariamente en la noción de salud ambiental), termina siendo vaga para un uso práctico: ¿Cuáles son o deben ser las necesidades de las generaciones presentes? ¿Cuáles son las necesidades de las futuras generaciones? ¿Cuáles son esas capacidades a las que se refiere la definición? Puesto que la Comisión Brundtland no propuso una metodología o indicador para evaluar dicho desarrollo, se generó la aparición de numerosas propuestas en la literatura.

Una forma de interpretar este concepto es mediante un equilibrio al conflicto de intereses de los ambientales, económicos y de equidad intergeneracional. Esta es la propuesta de Barbier (1987) quien plantea la necesidad de obtener al mismo tiempo una sostenibilidad económica, ecológica y social. No queda claro si esta combinación es realmente la mejor para la generación presente y/o para las futuras generaciones.

Otra forma de interpretar el concepto es que *desarrollo sostenible* trata sobre el potencial daño de las elecciones de desarrollo de la presente generación sobre las capacidades de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades de desarrollo.

El desafío entonces es determinar un tipo de desarrollo de la generación actual de manera que no afecte la capacidad de las generaciones futuras para que puedan lograr el suyo.<sup>2</sup> La literatura actual parece consensuar en que este tipo de desarrollo tiene que ver con lo que debe ser preservado para las futuras generaciones.<sup>3</sup>

Esto es en cierta forma lo que señala Ruta y Hamilton (2007)<sup>4</sup>:

*“Ecologistas y profesionales de las ciencias naturales posiblemente responderían a esta pregunta afirmando que la capacidad del ecosistema es la que debe ser mantenida. Conceptos como resiliencia y diversidad serían los indicadores apropiados.*

---

<sup>2</sup> Nótese que el consenso no trata sobre determinar el tipo de desarrollo que debe gozar una generación a fin de que no afecte el desarrollo de las generaciones futuras, sino de las *capacidades* que deben preservarse para que las futuras generaciones tengan el *potencial* de lograrlo. De esta forma, no es tan relevante establecer un concepto de desarrollo económico, lo que interesa es qué debe preservarse para que las siguientes generaciones tengan la capacidad de alcanzar su propio desarrollo, cualquiera que fuere su tipo, lo cual dependerá de las preferencias de las generaciones futuras.

<sup>3</sup> El lector puede revisar a Pierri (2005) quien elabora una minuciosa revisión de la historia del concepto de desarrollo sustentable.

<sup>4</sup> Traducción propia

*“Un enfoque más amplio relacionaría el término desarrollo sostenible con la mantención de un nivel no-decreciente de un número de indicadores ecológicos, sociales y económicos. El problema es que sería difícil determinar algún éxito en la sostenibilidad cuando algunos indicadores aumenten y otros se reduzcan: ¿una sociedad sería sostenible si la equidad ha mejorado mientras que los recursos naturales se estén agotando?”*

*Consideramos que las necesidades que deben ser mantenidas deberían ser un objetivo. En particular, argumentamos que el concepto de bienestar social debería ser el punto de partida. Uno puede enfatizar que el bienestar o utilidad es simplemente el resultado de diferentes elementos constituyentes del desarrollo, incluyendo un ambiente limpio, ingreso y relaciones sociales”.*

Quizá la interpretación popular de desarrollo sostenible es aquella referida al tipo de desarrollo que va en línea con un equilibrio entre crecimiento económico, uso de los recursos naturales y respeto por la sociedad en general. En otras palabras, una especie de equilibrio social, económico y ambiental. De esta forma, el término *manejo sostenible* puede implicar un manejo tal que un activo deba al menos mantenerse necesariamente en el tiempo. Este será el objetivo, por ejemplo, de un manejo forestal sostenible.

En un contexto estrictamente económico, para el caso de un recurso no renovable, se cuestiona a priori la idea de su preservación (en calidad y/o cantidad per se) siendo el manejo sostenible como aquel que brinde un determinado de bienestar no decreciente asociado al recurso. Nótese que desde una perspectiva económica interesaría el bienestar vinculado al activo y no la preservación del activo per se.

Entonces, la pregunta sobre qué debería ser mantenido conllevará a preocupaciones sobre la medición. Esto dependerá de la filosofía de lo que se entienda por desarrollo sostenible, es decir, es un tema normativo.

Esto va en línea con Bell y Morse (2008) quienes concluyen que no es factible medir lo que no puede ser medido. Los indicadores de sostenibilidad miden cosas que pueden ser medidas y no aquellas que deberían serlo, si fuera posible. Para ellos, el enfoque para medir la sostenibilidad siempre está basado en la concepción individual de su significado, que a su vez puede cambiar en el tiempo.

### **3.2 Enfoques genéricos de sostenibilidad<sup>5</sup>**

Lo que debe ser preservado o mantenido para las futuras generaciones dependerá de los enfoques utilizados, los cuales pueden agruparse en dos básicos: sostenibilidad fuerte y sostenibilidad débil. Ambas propuestas difieren sobre qué dejar para el futuro.

---

<sup>5</sup> El lector puede revisar Van Kooten y Bulte (2000) y Martinet (2012) para mayor detalle de los enfoques de sostenibilidad.

### **3.2.1 Sostenibilidad fuerte**

Denominado paradigma ecológico. Se basa en que algunos recursos naturales son esenciales para la producción (y la economía, en general) y su pérdida constituiría un evento catastrófico puesto que no hay sustitutos para diversos tipos de recursos naturales, dado que la elasticidad sustitución entre el capital manufacturado y el capital natural es muchos casos es cero (Van Kooten y Bulte, 2000). En otras palabras, el capital humano/renovable no es sustituto del capital natural, más bien ambos capitales son considerados complementarios.

Algunas posiciones sobre el manejo de los stocks de capital natural pueden ser identificadas en este paradigma. Una posición es que todos los stocks naturales deben ser mantenidos (Wackernagel y Rees, 1996). Otra posición es más concreta: solo deben mantenerse ciertos y críticos stocks de capital natural, permitiéndose la sustitución de otros capitales naturales.

Para esta última opción, se requiere definir los tipos de activos naturales críticos que deben ser preservados para las futuras generaciones. Lo que debe ser preservado se define en cantidades físicas, no monetarias. Aparentemente la operatividad resultaría sencilla ya que a priori no requiere modelos ni indicadores económicos para proyectar sendas de desarrollo, sin embargo, no queda claro qué recursos o activos naturales -y en qué cantidad- deben ser preservados, lo cual termina siendo un tema normativo. Esta es la principal limitación para su implementación.

Evidentemente, algunos criterios de sostenibilidad fuerte no necesariamente son compatibles con los criterios económicos. Por ejemplo, la teoría de la economía de recursos naturales (Pearce y Turner, 1990; Hartwick y Olewiler, 1997) sostienen que el nivel eficiente (de extracción/cosecha para el caso de recursos renovables) difiere del nivel biológico. Además, la decisión de que un contaminante no exceda su capacidad de asimilación en el ambiente es discutible puesto que ello no asegura la maximización del bienestar humano.

### **3.2.2 Sostenibilidad débil**

Este paradigma es también llamado paradigma económico. Si una economía busca alcanzar una senda de desarrollo sostenible entonces el objetivo será lograr una senda de utilidad o bienestar no decreciente en el tiempo. Esta utilidad depende de los stocks de capital de la economía de manera que se requiere evaluar si la escasez de recursos naturales (básicamente, recursos naturales no renovables) será peligrosa para el crecimiento de la economía (Martinet, 2012)

Bajo este paradigma, los recursos naturales (ni la calidad ambiental) no requieren ser preservados. No interesa si hay reducciones en el *valor* de algunos stocks de capital que conforman la economía (base productiva), lo que importa es que el valor del agregado de todos los stocks de capital sea no decreciente. El valor de este agregado es lo que debe dejarse a las

siguientes generaciones. Nótese que la agregación de capital es factible debido al uso de la métrica monetaria.

Este paradigma “monetario” asume implícitamente la sustitución -en mayor o menor grado- entre el capital natural y el capital artificial o manufacturado. Al asumir una senda de utilidad descontada, se desprende que existen preferencias -de parte de la generación actual- por las generaciones presentes en lugar de las generaciones futuras, lo cual iría en contra de la equidad intergeneracional.<sup>6</sup> De esta forma, el debate entre la sostenibilidad débil y fuerte es un tema normativo.

No obstante, es claro que el criterio mínimo para lograr el desarrollo económico sostenible, desde una perspectiva económica, es asegurar que la economía satisfaga las condiciones de sostenibilidad débil: en la medida que el capital natural este siendo agotado, sea reemplazado con otros capitales (físicos y humanos) de manera que el valor del stock agregado de capital sea no decreciente en el tiempo.

Conforme a Barbier (2007), y para el caso de una economía altamente dependiente de la extracción y venta de recursos naturales, se requiere el cumplimiento de dos condiciones: eficiencia y manejo sostenible. La primera, los recursos naturales deben ser manejados eficientemente a fin de que las pérdidas de bienestar provenientes de los daños ambientales sean minimizadas y las rentas que generadas por estos recursos -luego de internalizadas las externalidades- sean maximizadas. La segunda, las rentas provenientes del agotamiento del capital natural deben ser reinvertidas apropiadamente en otros activos.

#### *Eficiencia y sostenibilidad débil*

Es claro que la sostenibilidad débil es una forma particular de evaluar la sostenibilidad desde un punto de vista económico. Si la economía tendería a funcionar como un mercado de competencia perfecta, ¿la sostenibilidad estaría garantizada? Van den Bergh (2010) señala que esto es factible siempre y cuando no hubiesen externalidades ambientales negativas o en todo caso, éstas fuesen internalizadas. Esto fue posteriormente refutado por Common (2011).

Common señala que una asignación eficiente, la cual se genera en condiciones de competencia perfecta, no garantiza la sostenibilidad. Por un lado, las implicancias de los dos teoremas fundamentales del bienestar es la separabilidad de los problemas de asignación eficiente y justicia distribucional. La primera no implica la última. La sostenibilidad, definida como utilidad/consumo no decreciente en el tiempo, es una versión particular de justicia inter-temporal.

---

<sup>6</sup> Esto es discutible puesto que la humanidad corre el riesgo de extinción y siempre existe una preferencia por el presente (Hepburn, 2007).

Además, la asignación eficiente no necesariamente garantiza el mantenimiento del capital natural, en cualquiera de sus variantes. No hay razón para suponer que las preferencias de los consumidores vayan de la mano con los requerimientos de la sostenibilidad. Por ejemplo, los consumidores -aun cuando poseen información completa- pueden no estar dispuestos a pagar por evitar la extinción de especies biológicas clave.

De esta forma, la eficiencia es apenas una condición necesaria pero no suficiente para acceder a la senda del desarrollo sostenible. Sin embargo, no solo las externalidades deberían ser corregidas, sino todas las fallas de mercado y fallas de política. Evidentemente, es muy difícil lograrlo, sin embargo, aquella economía que mejores resultados obtenga, estará en mejores condiciones de acceder a la senda del desarrollo sostenible.

### 3.3 Indicadores

Existen numerosos indicadores de sostenibilidad y desarrollo sostenible. Esto no es sorprendente puesto que Dobson (1996) ya había identificado más de 300 definiciones de sostenibilidad. Recientemente, Singh et al (2012) encontró 41 índices de sostenibilidad mientras que EUROSTAT (2013) identificó 10 indicadores *básicos* de desarrollo sostenible (a partir de más de 100 indicadores) aplicados en Europa. Ello no obstante que algunos critican incluso la posibilidad de evaluar la sostenibilidad como Bell y Morse (2008).

No es objetivo de este estudio comentar cada uno de los indicadores encontrados en la literatura y realizar una elección para aplicarla en este estudio. La atención será puesta en los indicadores generales y más conocidos/aplicados de cada enfoque señalado en los puntos anteriores.

#### 3.3.1 Huella ecológica (HE)

Quizá uno de los indicadores más conocidos de la *Sostenibilidad Fuerte* es la Huella Ecológica, el cual fue propuesto por Wackernagel y Rees (1996) y representa los requerimientos de capital natural de una economía. Otra interpretación de este indicador es mediante la superficie requerida para mantener las actividades económicas (consumo) de un lugar determinado (incluye área para asimilar desechos).

Si esta superficie excede la capacidad de carga, entonces el lugar presentará un *déficit* ecológico. Si la superficie iguala esta capacidad, entonces se entenderá que el lugar es autosuficiente, lo cual sería lo ideal según la sostenibilidad fuerte en este caso.

De esta forma, la HE constituye -de alguna forma- una medida para inferir si las futuras generaciones serán capaces de satisfacer sus necesidades, evaluando si la presión actual sobre los ecosistemas (como parte de las necesidades de consumo actual) permitirá ofrecer la misma calidad y cantidad de servicios (ecosistémicos) en el futuro. Sin embargo, este indicador no está exento de limitaciones de manera que debe ser acompañado de otros indicadores al ser utilizado en la toma de decisiones (van Kooten y Bulte, 2000).

El concepto de huella ecológica se enfoca en la sostenibilidad ambiental antes que en la equidad inter-generacional (Neumayer, 2013). Ello implica que si desarrollo sostenible es una forma de equidad ambiental, social y económica, entonces la HE no encajaría en esta definición.

Quizá la crítica más relevante radica en el hecho que un déficit ecológico no sea de real importancia para las economías abiertas. La HE sugiere que las sociedades deben vivir dentro de su capacidad ecológica. Sin embargo esto podría ir en contra de sus intereses hacia el logro de algún desarrollo futuro (o su mantención) puesto que excluye la existencia de un costo de oportunidad. Además, omite que la sociedad pueda o deba aceptar ciertos niveles de degradación ambiental.<sup>7</sup>

Hasta donde se sabe, no hay evidencia que la HE haya sido utilizada como indicador exclusivo en la toma de decisiones, la cual es realizada mayormente en términos económicos. Presumiblemente, su incompatibilidad con los criterios económicos básicos sea el motivo.

### 3.3.2 Índice de Desarrollo Humano (IDH)<sup>8</sup>

Este indicador fue construido por las Naciones Unidas en 1990 como un reemplazo al PIB como índice de calidad de vida entre los países. El IDH está basado en tres atributos: esperanza de vida al nacer, PIB per-cápita y nivel de alfabetismo. A pesar de lo atractivo que puede ser este indicador -al considerar las dimensiones salud, educación y economía- tiene algunas limitaciones.

La esperanza de vida al nacer de un año  $t$  no asegura lo que ocurrirá en el periodo  $t+1$ . Entonces, esta esperanza es un constituyente futuro sino *actual* del bienestar humano.

El PIB per-cápita es la suma agregada del consumo e inversión bruta. Aunque el primero es un determinante del bienestar humano, el segundo no lo es puesto que omite el término "neto". Es decir, debería considerarse la depreciación, tanto de capital artificial como de otras formas de capital de la economía -entre ellas, el capital natural- que puede ser relevante. Solo la inversión neta estaría disponible para las siguientes generaciones. Así, el PIB no es un componente del bienestar actual ni bienestar futuro.

El nivel de alfabetismo es una forma de capital humano y como tal se deprecia cuando mueren los individuos alfabetizados y con habilidades. Un país debe invertir constantemente en educación para compensar este agotamiento o depreciación del capital humano. Alfabetización es un constituyente y determinante del bienestar humano.

En síntesis, el IDH no evalúa correctamente el bienestar humano presente ni bienestar futuro, por lo tanto, no ofrece mucha información para evaluar el bienestar humano inter-temporal.

---

<sup>7</sup> Neumayer (2013) ofrece una discusión más amplia de este tema.

<sup>8</sup> La mayor parte de este punto está basado en Dasgupta y Mäler (2001)

### 3.3.3 Regla de Hartwick y rentas<sup>9</sup>

Hartwick (1977) identificó teóricamente una condición entre las rentas<sup>10</sup> provenientes de los recursos y la sostenibilidad económica (mantenimiento no decreciente del nivel de vida de la sociedad).

Basándose en el hipotético caso de un país que produce un único recurso no renovable, en donde sus rentas son las únicas fuentes de inversión en la economía, el autor demuestra que en este caso extremo, el país puede mantener -a perpetuidad- un nivel constante de consumo per-cápita siempre y cuando invierta una cierta fracción de las rentas en otras formas de capital.<sup>11</sup> Esta condición es conocida como la *Regla de Hartwick*.

De esta forma, para un país rico en recursos naturales, el consumo de capital natural constituye una variable crucial para evaluar la Regla de Hartwick. El supuesto crucial de la regla es asumir un alto grado de sustitución entre el capital natural y otros capitales, de ahí que la validez empírica del resultado sea cuestionable. La Regla de Hartwick es una forma de ahorro genuino igual a cero, en donde la depreciación del activo debe ser compensada mediante inversiones de la renta Hotelling total. Así, la es un patrón de referencia adicional para evaluar el consumo de corto y mediano plazo.

Aun cuando la Regla de Hartwick sea un patrón de referencia y no un indicador operativo *per se*, el World Bank (2006) realizó un ejercicio para resaltar la importancia de invertir las rentas provenientes de los recursos naturales. Para ello se hicieron la pregunta: ¿Cuán ricos hubieran sido los países pobres en el año 2000 si hubieran seguido la Regla de Hartwick?.<sup>12</sup>

El estudio asumió un escenario hipotético donde algunos de estos países siguieron esta regla a partir del año 1970. Los resultados demostraron que aun con un esfuerzo moderado en el ahorro, muchos países dependientes de los recursos naturales hubieran incrementado sustancialmente su riqueza.

Naturalmente, los resultados de World Bank (2006) serán sujetos a diversas discusiones y críticas debido a los supuestos metodológicos y de información, no obstante, esta aplicación demuestra que la riqueza puede aumentar (y con ello, la capacidad para satisfacer las próximas generaciones) si las rentas de los recursos no renovables son reinvertidas y manejadas adecuadamente.

Entonces, si bien la Regla de Hartwick no es un indicador de sostenibilidad débil *per se*, establece formalmente la condición de eficiencia (bajo ciertos supuestos, como sustitución perfecta del capital natural) que debe cumplir una economía cuyo desarrollo se basa en el enfoque de sostenibilidad débil.

<sup>9</sup> La mayor parte de esta sección está basada en Vincent y Rozali (2005).

<sup>10</sup> Estos recursos pueden no percibir esta renta si tienen problemas de libre acceso.

<sup>11</sup> Esta fracción es llamada "renta Hotelling total".

<sup>12</sup> Hasta donde se sabe, no hay estudios que hayan aplicado empírica y explícitamente la regla de Hartwick.

### 3.3.4 Producto Nacional Neto (PNN) y consumo de capital natural

Weitzman (1976) demostró que, bajo una senda óptima de una economía dinámica y competitiva, el PNN medido como la suma del consumo e inversión de un periodo dado, iguala al valor presente del consumo a lo largo de la senda.

Este producto debe incluir los cambios en todos los stocks de capital de la economía, incluyendo los recursos naturales. En otras palabras, el verdadero<sup>13</sup> producto nacional neto es simplemente la cantidad que un planificador elegiría en cada periodo a fin de maximizar el valor presente del consumo. Este valor puede ser entendido no solo como una medida de ingreso sino también de riqueza (Hamilton, 1996).

El hallazgo de Weitzman ha sido entonces el enlace entre el PNN y la medición apropiada del consumo de otros capitales. Una implicancia es que el PNN debería ser no decreciente, lo cual garantizaría un consumo sostenible o una mejora del bienestar social. Adicionalmente, el cálculo adecuado del PNN permitiría evaluar la fracción del ingreso convencional atribuido al agotamiento de recursos naturales. Esto a su vez, permite determinar una tasa de crecimiento del ingreso más precisa.

Parecería que a partir de este hallazgo hubo interés en estimar el PNN considerando el agotamiento del capital natural (llamado también "PNN verde") en diversas economías.

Conceptualmente, el PIB no contiene depreciación, no obstante este indicador ha sido al que se le ha incorporado el valor de la depreciación de los recursos naturales. Presumiblemente, ello obedezca a un tema práctico dado que el PIB es más utilizado en comparación al PNN. Una relación de aplicaciones es presentada en el Cuadro 1.

**Cuadro 1: Estudios que estimaron medidas de ingreso verde en la literatura**

País	Periodo	Sector	Sobrestimación del PIB* (%)	Autor
Brasil	1970-1988	Todos	9-89	Young y da Motta (1995)
Indonesia	1971-1984	Todos	25	Repetto et al. (1989)
Portugal	1990-2005	Todos	15	Mota et al. (2010)
Kuwait	1977-1980	Todos	60-70	Stauffer (1986)
Noruega	1978-1981	Todos	2-8	Stauffer (1986)
Chile	1985-1997	Todos	3	Figueroa y Calfucura (2002)
Chile	1977-1996	Minería	20-40	Figueroa et al. (2002)
Australia	1988-1992	Minería	29-45	Common y Sanyal (1998)
Perú	1979-1993	Minería	1-30	Pasco-Font et al. (1995)
Perú	1992-2001	Minería	26-38	Orihuela y Ponce (2004)
Perú	1992-2006	Minería	51-64	Figueroa et al. (2010)
Perú	1994-2011	Minería & Hidrocarburos	5-9	Orihuela (2013)

\* La amplia oscilación de los resultados son explicados por el método utilizado para estimar el valor económico de la depreciación natural

Elaboración propia

<sup>13</sup> El término *verdadero*, en este contexto, es equivalente a "inclusivo", en el sentido que debería considerarse todas los tipos de capital que conforman la economía

La cuarta columna del Cuadro 1 representa la diferencia (en términos porcentuales) del PIB ajustado por depreciación de recursos naturales y el PIB convencional. El amplio margen que se observa en algunos estudios (e incluso al interior del ellos) obedece a los diferentes métodos aplicados para la estimación del valor económico de la depreciación natural o de su agotamiento.

Cabe mencionar que aun cuando el PNN sea una medida inclusiva de ingreso (en el sentido que debe incorporar el agotamiento de los diversos capitales que conforman una economía), no es un buen indicador de *desarrollo sostenible* puesto que tal medida solo ofrece una corrección o ajuste del ingreso en un momento dado y no permite inferir mucho sobre el *desarrollo* futuro.<sup>14</sup> De esta forma, el PNN sería una buena medida de bienestar social, aun cuando pueda no ser un buen indicador de sostenibilidad (Aronsson et al., 1997).

### 3.3.5 Inversión Genuina

Dasgupta y Mäler (2001) proponen el indicador Inversión Genuina (I) como el más apropiado para evaluar el desarrollo sostenible de una economía. Ellos sostienen que una senda de desarrollo es sostenible si el bienestar social es no decreciente en toda la senda. El modelo parte de la función de bienestar social (V), la cual se define como el valor presente de la utilidad (agregada o social) a lo largo de la senda. Así, V equivale a un bienestar intergeneracional. Koopmans (1960; 1965) demostró que bajo condiciones generales, V debería ser entendido como:

$$V_t = \sum_{s=t}^{\infty} \frac{U_s}{(1+\delta)^{s-t}} \quad (1)$$

donde  $\delta$  es la tasa de descuento de la utilidad.<sup>15</sup> Como U no es observable, Samuelson (1961) propuso que la riqueza actual (W) debería ser igual al valor presente del consumo futuro (2): lo que se consumirá en el futuro dependerá del nivel de riqueza actual. En otras palabras, el bienestar futuro estará determinado por el nivel actual de riqueza.

$$W_t \approx V_t = \sum_{s=t}^{\infty} \frac{U(C_s)}{(1+\delta)^{s-t}} \quad (2)$$

siendo  $C_s$  el consumo del periodo s y  $U(C)$  la utilidad de ese consumo, la cual contiene todo lo que afecta al bienestar en un periodo dado. Con esta predicción es factible pronosticar el bienestar social:

$$V_t = \sum_t^{\infty} \frac{U(\alpha(s,t,K_t))}{(1+\delta)^{s-t}} \quad (3)$$

<sup>14</sup> Por ello, Dasgupta y Mäler (2001) propusieron el indicador *inversión genuina* como el más apropiado para evaluar el *desarrollo sostenible*.

<sup>15</sup> Para la convergencia de V se requiere que  $\delta > 0$ . El lector puede revisar Hepburn (2007) y Dasgupta (2001) quienes ofrecen una excelente discusión al respecto.

Obviamente,  $V$  es una función del stock de capital inicial y de su mecanismo de asignación. El patrón de consumo (y el bienestar intertemporal) depende de la evolución de la base productiva de la economía, de manera que en algún momento la producción generada por esta base es asignada entre consumo e inversión en diferentes formas de capital.

Tal asignación está determinada por dos tipos de mecanismos: autónomo y no-autónomo. Una pequeña economía abierta generalmente tiene un mecanismo de asignación no-autónomo ya que sus decisiones dependen también de factores externos. Asumiendo un mecanismo de asignación no-autónomo,  $V$  será una función explícita del tiempo y para el caso de un solo tipo de capital,  $K$ :

$$V_t = V(K(t), t) \quad (4)$$

Calculando el diferencial total de (4):

$$dV_t = \frac{\partial V}{\partial K} dK + \frac{\partial V}{\partial t} dt \quad (5)$$

Aplicando la derivada total con respecto a  $t$ , (5) puede ser re-expresado como:

$$\frac{dV}{dt} = p_t \frac{dK}{dt} + \frac{\partial V}{\partial t} \quad (6)$$

Donde  $p_t = \partial V / \partial K$ . El miembro del lado izquierdo de la expresión (6) equivale a la inversión genuina ( $I_t = dV/dt$ ) la cual se define como la variación del bienestar intertemporal, variación de la riqueza o cambio en la base productiva. Si esta variación es no decreciente en el tiempo entonces la generación futura tendría al menos las mismas oportunidades para generar bienestar tal como las tuvo la generación predecesora.

De esta forma, si  $I_t > 0$  entonces la riqueza aumento en el periodo  $t$ . En otras palabras, la economía se encontró en la senda sostenible durante el periodo señalado, puesto que generó los recursos (en valor social) necesarios satisfacer el desarrollo futuro. Caso contrario, la economía no se encontró en la senda sostenible en el periodo  $t$ .

El primer miembro del lado derecho de la expresión (6) representa la variación del capital  $K$  valorado por su respectivo precio cuenta constante,  $p_t$ . Este precio se define como el valor presente de los futuros beneficios netos de un capital resultante de una perturbación en su stock inicial o como la contribución de una unidad adicional de capital al bienestar social (7). Entonces, la correcta estimación de este precio sombra es clave (UNU-IHDP y UNEP, 2012).

$$p_t = \frac{\partial V_t}{\partial K_t} = \sum_t^{\infty} \frac{\left[ \frac{\partial U(\alpha(s,t), K_t)}{(1+\delta)^{s-t}} \right]}{(1+\delta)^{s-t}} \quad (7)$$

El segundo miembro ( $\partial V/\partial t$ ) es conocido como el “drift term” el cual es independiente de la base productiva y representa el efecto de los cambios exógenos tales como cambios tecnológicos e institucionales, productividad y bienes públicos globales. Es usual estimarlo mediante el Factor de Productividad Total (TFP) o residual de Solow. Nótese que el TFP es en realidad un tipo de capital.

Extendiendo (6) en tiempo discreto y para el caso de tres tipos de capital: manufacturado (K), natural (N) y humano (H) se obtiene (8):

$$I_t = \Delta W = \sum_i \left( p_{K_{it}} \frac{dK_{it}}{dt} \right) + \sum_j \left( p_{N_{jt}} \frac{dN_{jt}}{dt} \right) + \sum_m \left( p_{H_{mt}} \frac{dH_{mt}}{dt} \right) \quad (8)$$

En este caso, la inversión genuina será equivalente a la sumatoria de las variaciones de los diversos tipos de capital valorados por su precio cuenta. Para un periodo t,  $K_{it}$  es la cantidad del i-ésimo capital manufacturado,  $N_{jt}$  la cantidad de la j-ésima forma de capital natural y  $H_{mt}$  el m-ésimo tipo de capital humano, siendo sus respectivos precios sombra  $p_{K_i}$ ,  $p_{N_j}$ , y  $p_{H_m}$ .

Operacionalmente, la inversión genuina puede evaluarse también mediante la evolución de la riqueza medida a precios sombra constantes (9).

$$W = \sum_i p_{K_{it}} dK_{it} + \sum_j p_{N_{jt}} dN_{jt} + \sum_m p_{H_{mt}} dH_{mt} \quad (9)$$

Cuando la tasa de crecimiento de la población es significativa y exógena entonces debería calcularse el valor del cambio del capital per-cápita (10), el cual depende del ratio capital/población (L) y de las tasas de crecimiento del capital y de la población. Debe resaltarse que (10) no equivale a una inversión genuina per-cápita.

$$I_t = p \Delta \left( \frac{K}{L} \right) = p \frac{K}{L} \left[ \frac{\Delta K}{K} - \frac{\Delta L}{L} \right] \quad (10)$$

Nótese que este criterio no asume que el Estado maximiza el bienestar social ni requiere optimizar los recursos o capital, ya que simplemente se basa en el pronóstico o mapeo del capital inicial hacia otro conjunto de programas económicos.

Aunque la degradación ambiental no es considerada explícitamente en el modelo, lo es implícitamente. Es de esperar que esta degradación incida en los activos de la economía y por ende debería ser capturada en el precio sombra y por ende, en su valor social (riqueza).

Dado que la inversión genuina utiliza información ex–post, simplemente evalúa si una economía ha estado en la senda hacia el desarrollo sostenible. En otras palabras, el indicador no garantiza que la economía haya presentado un desarrollo sostenible: simplemente indica si la economía ha estado acumulando (o reduciendo) su base productiva para enfrentar un futuro desarrollo que pueda ser sostenible.

Utilizar el cambio en la riqueza hace que la inversión genuina sea operacionalmente factible. Sin embargo, se requiere que los precios sombra sean estimados adecuadamente (Newmayer, 2013; Martinet, 2012). No deberían utilizarse precios eficientes (aquellos que inducen a la asignación eficiente de los recursos) sino precios de sostenibilidad, es decir, aquellos que inducen a una senda sostenible de utilidad (Pezzey y Toman, 2005). De esta forma, la estimación del precio sombra constituye una especie de “Talón de Aquiles” de la inversión genuina (Smulders, 2012).

Al margen de todo, quizá la fortaleza más significativa de la inversión genuina es proveer mucha información para los analistas y/o tomadores de decisión sobre los cambios en los activos identificados y por lo tanto, proveer una guía para futuras inversiones (UNU-IHDP y UNEP, 2012).

#### *Fronteras de expansión y desarrollo sostenible*

Queda claro que una inversión genuina positiva *per se* no es condición suficiente para determinar si una economía permanecerá en la senda del desarrollo sostenible. Posiblemente, la economía este acumulando capital a costa de una expansión de fronteras. En otras palabras, la economía no necesariamente puede estar manejando eficientemente sus recursos, sino puede estar aumentando sus recursos naturales mediante el hallazgo y extracción de nuevas reservas.<sup>16</sup>

Como Barbier (2005) señala, existen cuatro efectos estilizados del uso de los recursos naturales por las cuales la expansión de frontera no lleva a un desarrollo económico sostenible en países en desarrollo. Estos son:

- La mayoría de países de ingreso medio y bajo (PIMB) son altamente dependientes de las exportaciones de productos primarios.
- Dependencia de los recursos, normalmente medida como las exportaciones de productos primarios como fracción del total de exportaciones.
- Desarrollo en los PIMB está asociado con una creciente conversión de la tierra.
- Una fracción significativa de la población en los PIMB está asentada en tierras frágiles.

---

<sup>16</sup> En realidad, la expansión de fronteras por sí sola no es alarmante ya que puede ser el punto de partida para emprender un proceso real de desarrollo, lo cual debería comprobarse. Nótese que estas condiciones no necesariamente deben ser probadas por todas las económicas. A una menor escala, por ejemplo, una región, no tendría sentido evaluar las exportaciones.

El primer efecto confirma que el capital natural es el insumo fundamental en el proceso de producción de los países en desarrollo. Las rentas de los recursos naturales son las principales fuentes de inversión en capital físico y humano y los ingresos por exportaciones financian las importaciones necesarias de bienes de capital y tecnología que son críticas para el desarrollo de largo plazo.

El segundo efecto tiene que ver con la evidencia que los PIMP tienden a tener bajos niveles de PIB real per-cápita, bajas tasas de crecimiento y altos niveles de pobreza. El tercer efecto señala que la expansión de la base agrícola está ocurriendo rápidamente debido conversión de bosques, humedales y otros hábitats naturales en zonas agrícolas (FAO, 1995; 2001)

El cuarto efecto es el resultado de dos tendencias en el crecimiento poblacional rural en países en desarrollo. Por un lado, el crecimiento de la población rural será mayor para aquellas economías que son altamente dependientes de los recursos naturales. Por otro lado, la mayor parte de las poblaciones rurales están concentradas en zonas pobres o tierras frágiles.<sup>17</sup>

Sin embargo, esta condición esta conclusión no es concluyente, puesto que no está relacionada directamente con la eficiencia ni equidad, sino más bien con un comportamiento característico de algunas economías subdesarrolladas.

### *Instituciones*

Una economía altamente dependiente de la extracción y venta de sus recursos naturales podría beneficiarse de una coyuntura favorable de precios mundiales de tales recursos. El grado de repercusión de esta bonanza en la sociedad dependerá no solamente de las condiciones de los mercados, sino fundamentalmente de las instituciones locales.

Esta es la hipótesis de Acemoglu y Robinson (2013), quienes intentan explicar las diferencias de ingresos y nivel de vida que separan a los países ricos y pobres. Luego de analizar numerosos casos a lo largo de la historia, los autores concluyen que los países fracasan -desde el punto de vista económico- debido a las instituciones extractivas, las cuales mantienen en la pobreza a los países pobres, impidiéndoles emprender el camino hacia el crecimiento económico.

Conforme a los autores, los países pobres poseen una elite que diseña instituciones económicas para enriquecerse y perpetuar su poder a costa de la mayor parte de la sociedad. La prosperidad de los países radica en la adopción de instituciones económicas y políticas inclusivas. Así, las instituciones tienen un papel fundamental en la asignación de recursos en las sociedades, y por ende, en su desarrollo.

Puesto que el aporte de otros capitales en la inversión genuina es considerado explícitamente en el *drift term* (expresión (6)), la contribución del capital institucional debe ser incluido en el indicador. Cualquier cambio significativo a

---

<sup>17</sup> World Bank (2003) define como "tierras frágiles" aquellas áreas que contienen importantes restricciones para una agricultura intensiva y donde las conexiones a la tierra son críticas para la sostenibilidad de las comunidades, pasturas, bosques y otros recursos.

nivel institucional podría peligrar las expectativas futuras de la economía, aun en el corto plazo. Así, la inversión genuina puede capturar el efecto de un cambio institucional durante el periodo de análisis, pero no del efecto futuro, y por ende, no garantiza la sostenibilidad en un periodo posterior.

Esto sugiere que el factor institucional deba ser analizado con información adicional para evaluar la sostenibilidad.

### *A manera de conclusión...*

La inversión genuina positiva per se (o la evolución creciente de la riqueza per cápita), no implica que una economía pueda continuar en la senda del desarrollo sostenible, puesto que debe cumplir las condiciones de eficiencia y manejo sostenible de sus recursos naturales<sup>18</sup> (en el caso de países que son altamente dependiente de éstos).

Sin embargo, aun cumpliendo estas condiciones, la economía solo tendría altas o mayores posibilidades de mantenerse en esa senda. Por *senda* debe entenderse que la economía ha estado cumpliendo los requisitos para poder lograr el desarrollo sostenible, y no que lo ha estado logrando. Nótese que el escenario es pasado ya que la inversión genuina es un indicador *expost*.

De esta forma, una economía que durante un periodo presentó magros indicadores de salud, educación e incluso de instituciones, puede haber logrado una inversión genuina positiva. No obstante, surge una paradoja: una economía puede estar en la senda del desarrollo sostenible aun cuando sus indicadores sociales (o de “desarrollo humano”) no demuestren que se haya logrado incluso algún tipo de desarrollo.

Entonces, una debilidad de la inversión genuina es no asegurar si la economía se encontrará en la senda del desarrollo sostenible en un futuro -incluso- muy cercano. Incluso, no es condición que la economía haya logrado mejoras en sus indicadores sociales.

En realidad, no hay condición suficiente que garantice la sostenibilidad futura. Es imposible que exista un indicador cuya predicción sea perfecta. Lo que hay son condiciones que garantizan que la economía estuvo o no en la senda del desarrollo sostenible en un periodo dado. Sin embargo, es posible inferir si la economía *potencialmente* puede mantenerse en tal senda.

Si una economía posee instituciones adecuadas y acumula la suficiente riqueza (la cual proviene de la innovación y eficiencia), entonces es más probable que esta economía continúe en la senda sostenible en comparación a otra economía que no lo hace así. Si una economía solo acumula riqueza en un periodo y no presenta mejoras en sus instituciones y/o manejo eficiente de sus recursos, entonces estaría *fugazmente* en la senda del desarrollo.

---

<sup>18</sup> La inversión genuina puede no ser solida en el sentido que la acumulación de capitales haya sido lograda no por el uso eficiente de los recursos sino, por ejemplo, a costa de la deforestación (para ampliar la frontera agrícola y lograr más producción) o revalidación de sus reservas metálicas. Bajo estas condiciones, la economía solo estaría *fugazmente* en la senda del desarrollo sostenible. Por ello debe evaluarse paralelamente si esta economía presentó o no fronteras de expansión.

### 3.3.6 Inversión Genuina y Ahorro Genuino<sup>19</sup>

El Ahorro Genuino (AG) también es un indicador basado en riqueza y ha sido propuesto por el World Bank (2006; 2011) para evaluar el desarrollo sostenible de todos sus países miembros. Las diferencias -en comparación al indicador *Inversión Genuina*- radican tanto en el marco conceptual como en la parte operacional.

El AG se basa en la expresión (10), en la cual asume que la riqueza es el flujo descontado del consumo. La formulación asume que el consumo se encuentra sobre una senda sostenible. Esto implica que los ahorros serán suficientes para compensar la depreciación del capital. Se calculan tres tipos de valores de capital: natural, humano e intangible, siendo éste último obtenido como un residual, luego de estimar el valor del capital total.

En el caso de la inversión genuina, no hay supuestos sobre la sostenibilidad del consumo: los cambios en la riqueza son obtenidos directamente a partir de cambios en el valor de los activos. Mientras que la I utiliza (5) para estimar el cambio en la riqueza en un periodo  $t$ , el AG lo hace a partir del (11), siendo  $e$  la base de logaritmo neperiano y  $r$  la tasa social de retorno de la inversión.

$$W_t = \int_t^{\infty} C(s) \cdot e^{-r(s-t)} ds \quad (11)$$

Operativamente, mientras la I requiere información de los stocks de capital de la economía (de un periodo dado) y sus respectivos precios cuenta, el AG actualiza (valor presente) los hipotéticos niveles de consumo proyectados hacia un periodo predeterminado.

En la literatura, cuando la riqueza es obtenida mediante (11) se denomina *comprehensive wealth*, mientras que si es estimada a partir de (10) será *inclusive wealth*. Hasta donde se conoce, no hay traducciones en la literatura de estas expresiones, las cuales podrían interpretarse como: patrimonio y riqueza inclusiva, respectivamente.

Es evidente que la I posee mayores ventajas sobre el AG no solo desde el punto de vista operacional sino también desde una perspectiva teórica: i) no requiere asumir consumo se encuentra en una senda sostenible; ii) tampoco asume que los ahorros futuros serán suficientes para compensar la depreciación que debería ocurrir en el futuro. La I puede generar trayectorias no sostenibles lo cual permite resaltar los tipos de capital que están reduciéndose y por ende, proponer las medidas correctivas.

---

<sup>19</sup> También llamado "comprehensive wealth" y "net savings".

### 3.4 Ingreso, Desarrollo y Riqueza

A continuación se comentan los aspectos teóricos fundamentales relacionados a los conceptos de ingreso, desarrollo y riqueza así como sus relaciones, con énfasis en el caso peruano.

#### 3.4.1 Ingreso y Riqueza

El ingreso, en este caso el PIB, es la suma agregada del consumo e inversión bruta. La riqueza es el valor social de los activos de una economía. Estos activos no se limitan a los activos hechos por el hombre (artificiales) sino a todas las formas de capital que puedan ser identificables en la economía (capital humano, capital social o institucional y capital natural).

Es de esperar que una economía pueda mantener niveles crecientes del PIB en la medida que su base productiva (riqueza) sea no decreciente. Sin embargo, esto también dependerá de la brecha entre el crecimiento de la riqueza y el crecimiento del ingreso. Si la riqueza crece a una tasa menor con respecto al ingreso, entonces en largo plazo podría restringirse el aumento del ingreso. Nótese que esto también dependerá de la productividad del capital.

Una economía puede mantener altos niveles de crecimiento del PIB aun cuando su riqueza se reduzca aceleradamente. Si esta tendencia persiste, la situación será insostenible en el largo plazo, puesto que la ausencia o prácticamente nula base productiva conllevaría al colapso de la economía.

Asimismo, una economía puede tener bajos, nulos o incluso negativos niveles de crecimiento del PIB aun cuando mantenga un crecimiento de su riqueza. Esta situación puede presentarse mayormente en economías sensibles a eventos externos. Es de esperar que este estancamiento del PIB sea coyuntural y pasajero.

Estos posibles escenarios permiten concluir que no existe -a priori- una relación y dirección concreta entre ingreso y riqueza puesto que ambos términos dependen de diversos eventos externos (shocks de intercambio, precios del petróleo, etc.) como internos (condiciones de mercado, instituciones, productividad de factores, etc.).

En el caso peruano, el crecimiento del PIB ha dependido mayormente de factores externos (Aparicio et al., 2011; MEF, 2012). Es de esperar que la riqueza haya contribuido en cierta forma. Estudios adicionales deberían identificar cuan relevante ha sido la riqueza en la generación de ingresos.

Lo único claro es que una economía que mantenga niveles crecientes de riqueza debería estar en una situación mejor con relación a una economía que no lo haga. En otras palabras, tendrá un mayor *potencial* para generar niveles crecientes de PIB. Sin embargo, el cumplimiento o realización de este potencial dependerá al mismo tiempo de otros factores los cuales pueden ser incluso más relevantes que la generación de riqueza.

### *¿Qué factores han explicado el crecimiento del ingreso en el Perú?*

Al ser una economía basada mayormente en la extracción y exportación de sus recursos naturales, es de esperar que el PIB peruano sea muy sensible a los shocks internacionales. Esto se evidenció cuando la economía peruana creció hasta 8% mientras los precios de los commodities que exporta alcanzaron altos niveles nunca antes registrados.

Sin embargo, es necesario corroborar formalmente esta relación de causalidad o en todo caso, determinar qué factores han afectado en mayor medida al crecimiento del PIB peruano para tiempos recientes.

Aparicio et al (2011) intentan responder esta pregunta para el periodo 1995-2010. Para ello desarrollan un modelo de equilibrio general cuya calibración considera las principales variables macroeconómicas peruanas, introduciéndose distintos shocks externos (sobre la tasa de interés internacional y los términos de intercambio) y domésticos (sobre el mercado laboral y la productividad).

Los resultados muestran que los factores que determinan en mayor medida el crecimiento del PBI peruano son de naturaleza externa. Los shocks de términos de intercambio explican el 62% del crecimiento de la economía peruana de los últimos quince años, mientras que los shocks sobre la tasa de interés internacional explican solo el 34% de tal crecimiento.

Con respecto a los shocks de naturaleza doméstica, los shocks de productividad del sector de producción no-transable y dentro del mercado laboral explican apenas el 3 y 1% del crecimiento de la economía peruana, respectivamente.

Resultados similares fueron obtenidos por el MEF (2012), en donde concluyeron que los factores externos explicaron el 52% de la variabilidad del PIB peruano. De ese porcentaje, la mayor parte recayó en los términos de intercambio, tasa LIBOR y PIB mundial.

De esta forma, existen evidencias para señalar que el crecimiento del PIB peruano es altamente dependiente de los shocks externos.

#### *Productividad total de factores (TFP)*

En el caso de una función tradicional de Solow, el TFP es aquel término que contiene aquellos factores de la producción diferentes al capital y trabajo que indican en el producto. Por lo general, el TFP es atribuido a la productividad.

En el Perú se han realizado diversos estudios sobre la contabilidad del crecimiento, el cual tiene por objetivo evaluar la contribución de la productividad en la economía para el largo plazo.

Paredes (2009) exploró la relación entre crecimiento económico y las mejoras en la productividad del Perú. El autor señala que el escaso crecimiento del

PIB (hasta aquel entonces) era la falta de crecimiento del TFP el cual fue negativo en los años 70-80s aunque positivo en los 90s, no obstante aun por debajo de los niveles alcanzados en los años 50 y 60s. Más aún, al ajustar el nivel de la TFP por el nivel de desarrollo de cada país, el Perú ocupó el último lugar de los 21 países de América Latina y el Caribe en los años noventa

Asimismo, en base a un análisis econométrico, el autor concluye que la eficiencia de la inversión (por ende, productividad el capital y crecimiento del TFP) ha estado inversamente relacionada con la inversión pública en el país, lo cual sugiere la escasa productividad de las inversiones públicas.

Conforme a IPE (2001), en el periodo 1994-2000 la tasa de crecimiento promedio del TFP fue 1.3%, lo cual ha explicado cerca del 27% del crecimiento del PIB en ese lapso. Los autores sospechan que tal crecimiento de la productividad está vinculado básicamente a la estabilidad macroeconómica y reformas estructurales emprendidas por el Estado durante la primera mitad de los 90s, las cuales facilitaron la formación de capital humano y artificial necesario para expandir las capacidades productivas de la economía.

Ledesma (2010) concluye algo similar para el periodo 2000-2009, en donde el TFP contribuyó significativamente al crecimiento del PIB, aunque el autor señala que es tarea pendiente averiguar qué factores y arreglos institucionales permitieron tal expansión.

A partir de Orihuela y Nolazco (2013), los autores actualizaron sus resultados para el periodo 1994-2012, encontrando que la tasa de crecimiento anual promedio del PIB fue 5.20%, de donde el capital artificial, capital humano y TFP contribuyeron con 2.07, 1.01 y 2.12%, respectivamente. La contribución acumulada del TFP en el periodo de análisis fue 47%. Nótese la menor contribución relativa del crecimiento del capital humano en el crecimiento del ingreso.

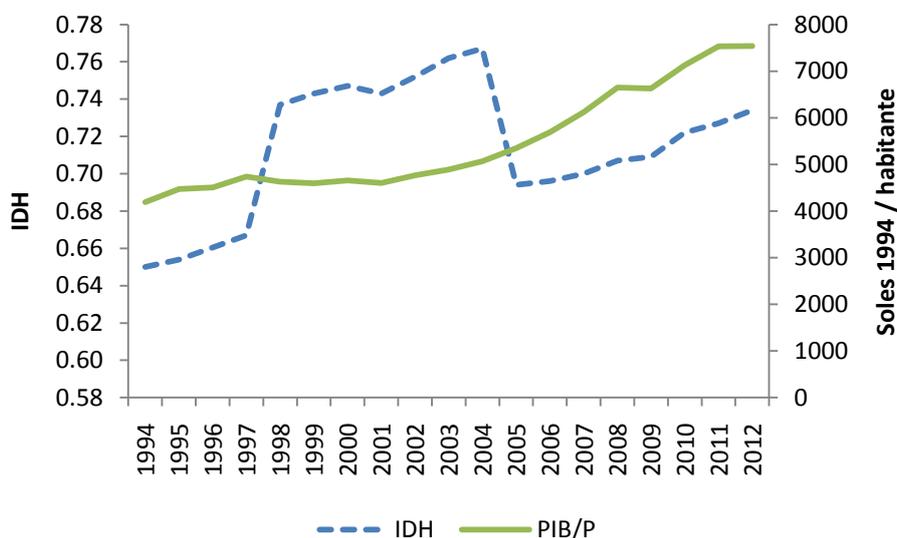
Presumiblemente la reducida inversión en educación pública y los escasos logros tecnológicos en el Perú sean el motivo por el cual los autores sospechan que el TFP estuvo vinculado a las reformas institucionales implementadas en la sociedad peruana a inicios de los 90s.

### 3.4.2 Ingreso y Desarrollo

No existe un consenso sobre el significado de desarrollo y mucho menos un acuerdo sobre el indicador apropiado para evaluarlo. Si el desarrollo es interpretado como una mejora en los diversos indicadores la sociedad, entonces tampoco queda claro cuáles (y cómo) deberían ser utilizados para evidencia la presencia o no de un cierto nivel de desarrollo. Por ello se utilizará el IDH como proxy del desarrollo humano. Si bien este indicador no es apropiado para evaluar el bienestar inter-temporal, puede serlo como evidencia de algún nivel de desarrollo en la actualidad.

Usando el IDH como indicador de desarrollo humano se aprecia que existe una relación positiva con el ingreso per-cápita al menos durante el periodo de estudio (Gráfico 1). Esto sugiere que la sociedad peruana experimentó no solo niveles crecientes del ingreso sino también un cierto nivel de desarrollo durante el periodo de análisis.

**Gráfico 1: PIB per-cápita vs IDH**



Elaboración propia en base a BCRP (2013) e INEI (2014)  
 IDH: Índice de Desarrollo Humano; PIB/P: PIB per-cápita

Si bien el IDH está constituido por apenas tres atributos (esperanza de vida al nacer, ingreso per cápita y nivel de alfabetismo), otros constituyentes del desarrollo tales como pobreza y desigualdad han mejorado en el periodo de análisis en el Perú.

En el periodo 2004-2010 la pobreza monetaria se redujo de 59 a 31%<sup>20</sup>, respectivamente. El 80% de esta reducción es atribuible al crecimiento de la economía y el resto a la mejora en su distribución o la combinación de ambas (Vásquez, 2012). Un resultado similar fue obtenido por Yamada et al (2012) para el periodo 2006-2010 en donde los autores encontraron que la evolución de los ingresos laborales contribuyó en 75% a la reducción de la pobreza monetaria.

Con el Índice de Gini se midió la desigualdad nacional del ingreso, la cual se redujo de 0.49 a 0.45 en el periodo 2004-2012. Esta reducción parece ser el resultado combinado de la disminución tanto de la desigualdad en la capital como de las brechas de ingresos entre la capital y el resto del país se han reducido a lo largo de este período de fuerte crecimiento del ingreso (INEI, 2014).

<sup>20</sup> Conforme a INEI (2014) esta cifra se redujo a 26% en el año 2012.

Esta relación no permite distinguir los canales que vinculan el crecimiento y el desarrollo humano: el ingreso genera los recursos necesarios para alcanzar el desarrollo pero al mismo tiempo, el desarrollo mejora el capital humano el cual es una fuente de productividad y crecimiento del ingreso.

Para ello, fue necesario analizar la dinámica de la evolución de ambas variables. Vásquez (2012) concluyó, en base a la evidencia reciente en el Perú, que existe un círculo virtuoso entre ingreso y desarrollo (en términos del IDH). Es decir, los lazos entre las dos variables van en ambas direcciones.

De esta forma, debería esperarse que un crecimiento del ingreso refleje una mejora en al menos algunos atributos del desarrollo, y éste último debería retroalimentar ese crecimiento. Sin embargo, no queda claro si el impulso mutuo corresponde a los niveles esperados en comparación a los estándares internacionales, lo cual es un tema que requiere mayores estudios. En otras palabras, no se sabe si una mejora en los niveles de desarrollo inducirá niveles crecientes o decrecientes de ingreso/desarrollo.

## 4. REVISION BIBLIOGRÁFICA

Diversos estudios han estimado el AG e I para diversas economías (Cuadro 2). Quizá el estudio más conocido fue el realizado por el World Bank (2011) para todos sus países miembros. En base a supuestos heroicos de este estudio, los resultados sugieren que el principal activo en la economía mundial es el denominado “intangible”, el cual es obtenido como un residual y equivale básicamente al capital institucional.

En un reciente artículo, Hamilton (2012) compara las estimaciones de riqueza para Estados Unidos realizados por Arrow et al (2012) y World Bank (2011), quienes utilizan el indicador I y AG, respectivamente. Hamilton encuentra grandes diferencias en los resultados de ambos estudios (Cuadro 3).

**Cuadro 2: Estudios de Inversión Genuina y Ahorro Genuino**

Autor	Indicador utilizado	Periodo	Lugar de aplicación
Arrow et al (2012)	I	2000-2005	Estados Unidos, China, Brasil, India, y Venezuela
UNU-IHDP y UNEP (2012)	I	1990-1998	20 países
World Bank (2011)	AG	1995, 2000, 2005	Países que forman parte del World Bank
Ferreira y Moro (2011)	I	1995-2005	Irlanda
Ollivier y Giraud (2011)	AG	2000-2005	Mozambique
Walker et al (2010)	I	1991-2001	Australia
Mota et al (2010)	AG	1990-2005	Portugal
Arrow et al (2007)	I	2000-2005	Estados Unidos y China
Lange (2004)	I	1980-1998	Botswana y Namibia

IG: inversión genuina; AG: ahorro genuino  
Elaboración propia

**Cuadro 3: Riqueza de Estados Unidos en el año 2000 (US\$ per cápita)**

Tipo de capital/Autor	Arrow et al (2012)	% Riqueza	World Bank (2011)	% Riqueza
Capital artificial	56423	0.8	81423	13.7
Capital natural	20205	0.3	12847	2.2
Capital humano	229614	3.4	339608	57.0
Residual intangible			166817	28.0
Activos netos externos			-4999	-0.8
Salud	6356761	95.4		
Riqueza total	6663003		595696	

Fuente: Hamilton (2012)

Las diferencias entre capital artificial y natural están asociadas a la fuente de datos, y supuestos de los cálculos (horizonte, tasa de descuento, etc.). Las diferencias más significativas recaen en la salud y el residual intangible. Arrow et al (2012) utiliza el método de valor de la vida estadística. Por su parte, el World Bank (2011) obtiene implícitamente el valor de este capital dentro del residual intangible, el cual es obtenido por diferencia.

Artículos como Hamilton (2012) y Solow (2012) critican las significativas diferencias en los resultados de Arrow et al (2012). Indudablemente, las diferencias recaen por las formas de cálculo empleadas.

Si bien existe un consenso de que los indicadores de riqueza ofrecen información útil para evaluar el desarrollo sostenible de las economías, sigue la controversia sobre la forma de estimación de los componentes (9) y (11), la cual dependerá del criterio y elección de cada investigador.<sup>21</sup>

Una particularidad de todos estos estudios (Cuadro 2 y 3), ya sea a nivel individual (país) o agregado (grupos de países) es que no utilizan información adicional para corroborar o inferir la permanencia de la economía en la senda del desarrollo sostenible.

## 5. METODOLOGÍA

A efectos de calcular la Inversión Genuina para el Perú durante el periodo 1994-2012 se utilizarán los principales formas de capital: i) artificial ( $K^F$ ), ii) natural ( $K^N$ ), el que comprende minería (oro, plata, cobre, zinc, plomo, hierro, y estaño), hidrocarburos (petróleo, gas natural, líquidos de gas natural), y pesca de anchoveta, y iii) humano ( $K^H$ ). Formalmente el indicador a calcular para un periodo  $t$  será:

$$I_t = p_t^F \Delta K_t^F + p_t^N \Delta K_t^N + p_t^H \Delta K_t^H + v_t \quad (12)$$

Donde:

- $I$  : Inversión genuina
- $p^F$  : Precio cuenta del capital artificial
- $p^N$  : Precio cuenta del capital natural
- $p^H$  : Precio cuenta del capital humano
- $v$  : Drift term (residual)

Nótese que se utiliza precio cuenta en lugar de precio sombra. Mientras que el primero es un precio teórico y extremadamente difícil de calcular, el segundo es una aproximación que se basa en el beneficio marginal de consumir o producir un bien o servicio.

A continuación se detalla la forma de estimación de las cuentas físicas y monetarias de cada tipo de capital.

### 5.1 Capital Artificial

El primer término de (8), equivale al stock de capital artificial del país ( $K^F$ ), el cual es estimado utilizando el Método Inventario Perpetuo (MIP), el cual es relativamente sencillo de implementar puesto que solo requiere información

<sup>21</sup> Quizá Keneth Arrow, Partha Dasgupta, y Karl-Göran Mäler sean los economistas más reconocidos que aplican y justifican el uso de la inversión genuina mientras que Kirk Hamilton, John Hartwick, Giles Atkinson y Robert Solow, entre otros, prefieren el ahorro genuino.

de la inversión en precios constantes ( $I$ ), horizonte de vida de los activos ( $n$ ) y tasa anual de depreciación ( $\alpha$ ). Formalmente (13):

$$K_t^F = \sum_{i=0}^n I_{t-i}(1-\alpha) \quad (13)$$

Los resultados  $K$  para la economía peruana fueron obtenidos de Seminario (2012) quien utilizó el MIP.

## 5.2 Capital Natural

El capital natural está a su vez conformado por numerosos sub-tipos de capital, siendo los más conocidos minería, petróleo, gas natural, bosques, pesquerías, suelo agrícola, entre otros. UNU-IHDP y UNEP (2012) sugiere la inclusión de otras formas de capital natural en el cálculo de la riqueza, como por ejemplo, ecosistemas y recursos hídricos, no obstante dificultad en la medición de ambas constituye una gran limitación para tal inclusión. El caso peruano no es la excepción.

Para priorizar los tipos de capital natural que serán incluidos en este estudio se tendrán en cuenta la información disponible y la contribución del capital natural al PIB total. Según este criterio, minería, hidrocarburos, y pesquería serán considerados como los capitales naturales comerciales más relevantes en el Perú, al menos durante el periodo en estudio. No se incluye el sector forestal, puesto que su contribución al PIB es mínima<sup>22</sup> y tampoco hay información disponible que permita calcular precios cuenta ni la evolución de sus stocks.

El capital natural comprende a su vez los siguientes capitales: suelo agropecuario ( $K^A$ ), minero ( $K^M$ ), hidrocarburos ( $K^H$ ) y pesquero ( $K^P$ ), siendo los respectivos precios cuenta:  $P^A$ ,  $P^M$ ,  $P^H$  y  $P^K$ . Para un periodo  $t$ , el stock de capital natural total será (14)

$$K_t^N = K_t^A + K_t^M + K_t^H + K_t^P \quad (14)$$

A continuación se detalla la forma de estimación tanto de las cuentas físicas como monetarias según el tipo de capital natural.

<sup>22</sup> El Ministerio de Agricultura no ofrece información de la evolución de los stocks maderables ni costos de extracción. En las cuentas nacionales, el valor agregado de la actividad forestal está incluida en el valor agregado agropecuario puesto que la contribución de la primera es mínima, la cual -según algunas estimaciones- equivale a menos del 1% del PIB total. Por ende, es muy difícil calcular el valor del cambio del capital forestal, motivo por el cual no ha sido considerado en el presente estudio. La escasa participación del sector forestal en el PIB total tiene que ver en cierta forma con la extracción ilegal cuyo producto no logra ser registrado en las cuentas nacionales.

## 5.2.1 Suelo agropecuario

### 5.2.1.1 Cuentas físicas

El sector agropecuario comprende básicamente, la actividad agrícola y pecuaria, las cuales representan el grueso del valor bruto de la producción sectorial. El aporte de la silvicultura es mínimo y por ende no será analizado en este estudio. Por ello, se asume que el capital suelo agropecuario ( $K^A$ ) comprende básicamente el capital suelo agrícola ( $K^{AG}$ ) y el capital suelo pecuario ( $K^{AP}$ ). Formalmente, para un periodo  $t$  (15):

$$K_t^A = K_t^{AG} + K_t^{AP} \quad (15)$$

Puesto que en el Perú solo se han realizado censos agropecuarios los años 1994 y 2012 (INEI, 2013a; INEI y MINAGRI, 2013), solo existe información física agropecuaria para ambos años.

### 5.2.1.2 Cuentas monetarias

Los precios cuenta del sector agropecuario no están disponibles por ende tuvieron que ser estimados. El precio cuenta equivale a un beneficio marginal social, el cual puede ser estimado mediante la diferencia del precio de mercado menos el costo marginal de extracción, incluyendo además las externalidades positivas y negativas.

El sector agrícola peruano comprende numerosos cultivos. Si bien los precios de mercado de todos los productos agrícolas están disponibles, los costos de producción no lo están. Por ello se decidió utilizar el excedente de explotación agropecuario ( $EE^A$ ) como una aproximación del beneficio bruto agropecuario. Esto ahorra la tarea de estimar el beneficio para cada cultivo.

Para descomponer este excedente en el excedente de explotación agrícola ( $EE^{AG}$ ) y excedente de explotación pecuario ( $EE^{AP}$ ), se requiere los factores de contribución del sector agrícola y pecuario ( $\alpha$  y  $(1-\alpha)$ , respectivamente) al excedente de explotación agropecuario. Formalmente para un periodo  $t$  (16):

$$EE_t^A = \alpha(EE_t^{AG}) + (1-\alpha)(EE_t^{AP}) \quad (16)$$

Claramente,  $\alpha + \beta = 1$ . La estimación de todas estas variables es detallada en el Anexo 1. Una vez estimados los excedentes agrícola y pecuario, se procede a calcular los correspondientes precios cuenta para el horizonte en estudio (17) y (18):

$$P_t^{AG} = \alpha \frac{EE_t^A}{S_t^{AG}} \quad (17)$$

$$P_t^{AP} = (1-\alpha) \frac{EE_t^A}{S_t^{AP}} \quad (18)$$

Nótese que los precios cuenta -dada la forma de estimación propuesta- equivalen a beneficios promedio y no beneficios marginales.

No hay estudios a nivel local que hayan evaluado los retornos de escala del sector agrícola y/o pecuario. Conforme a INEI y MINAG (2013), la mayor parte de las unidades de producción agropecuarias en el Perú son relativamente pequeñas (menores a 5 ha) cuyo número ha sido creciente en el periodo de estudio, lo cual sugiere un fraccionamiento cada vez mayor de estas unidades.

En este contexto, parece razonable asumir la presencia de retornos constantes a escala en el sector agropecuario peruano. Así, estimar el precio cuenta como un beneficio promedio (en lugar de beneficio marginal) no debería generar distorsiones significativas en los resultados.

Todas las cifras monetarias fueron convertidas a soles constantes 1994 utilizando el deflactor implícito del PIB agropecuario. Esta información fue obtenida del INEI.

Una vez obtenidos los dos precios cuenta, la riqueza del suelo agropecuario ( $W^A$ ) será equivalente a la sumatoria del capital suelo agrícola y suelo pecuario valorados por sus respectivos precios cuenta (en este caso,  $P^{AG}$  y  $P^{AP}$ ). Formalmente (19):

$$W_t^A = P_t^{AG} K_t^{AG} + P_t^{AP} K_t^{AP} \quad (19)$$

## 5.2.2 Capital Minero

### 5.2.2.1 Cuentas físicas

El sector minero peruano es polimetálico de manera que comprende la extracción, concentración y refinación (según el metal) de oro, plata, cobre, plomo, zinc, hierro y estaño, los cuales constituyen los principales metales comerciales, y que a su vez representan el grueso de los ingresos y valor agregado sectorial.

Algunos de estos metales poseen una participación importante en el mercado mundial. Por ejemplo, el Perú ha ocupado a nivel mundial el sexto y segundo lugar en la producción de oro y cobre, respectivamente. A pesar de ello, la industria minera peruana es tomadora de precios.

De esta forma, el capital minero ( $K^M$ ) está conformado por capitales vinculados al oro, plata, cobre, zinc, hierro, estaño, y plomo, denotados respectivamente por:  $K^{MO}$ ,  $K^{MP}$ ,  $K^{MC}$ ,  $K^{MZ}$ ,  $K^{MH}$ ,  $K^{ME}$ , y  $K^{ML}$ . Para un periodo t (20):

$$K_t^M = K_t^{MO} + K_t^{MP} + K_t^{MC} + K_t^{MZ} + K_t^{MH} + K_t^{ME} + K_t^{ML} \quad (20)$$

Las estadísticas de reservas probadas por metal fueron obtenidas del Ministerio de Energía y Minas - MINEM (varios años).

#### 5.2.2.2 Cuentas monetarias

El precio cuenta de cada metal equivale al beneficio marginal social de extraer (producir) un unidad adicional. Para estimar este precio para cada metal se requiere el precio de mercado y el costo marginal social de extracción. Esta última información no está disponible. Por ello se construyen funciones de costo total de producción para cada metal en base a la información financiera disponible.

La muestra de empresas mineras por metal (Cuadro 4) fue elaborada en base a los siguientes criterios: i) disponibilidad de información financiera, ii) producción significativa, de manera que los resultados sean extrapolables, y iii) en la medida de lo posible, empresas monoproductoras a fin de facilitar inferir los costos totales de extracción.

**Cuadro 4: Muestra de empresas mineras metálicas**

Metal	Empresa(s)	Tipo de extracción	Fracción de la producción nacional* (%)	Unidad de Extracción
Oro	Minera Yanacocha SRL y Minera Barrick Misquichilca SA	Monoproductora	60	Oz
Cobre	Sociedad Minera Cerro Verde SAA	Monoproductora	20	TMF
Hierro	Shougang Hierro Peru SAA	Monoproductora	100	TLS
Estaño	Minsur SA	Monoproductora	100	TMF
	Compañía de Minas			
Zinc, Plomo	Buenaventura, Volcán Compañía Minera SAA, y Compañía Minera Milpo	Multiproducto	27	TMS

Oz: onza fina; TMF: tonelada métrica fina; TLS: tonelada larga seca; TMS: tonelada métrica seca

\*: Promedio para el periodo 2001-2011 (MINEM, 2013a)

Elaboración propia

#### a) Precios de mercado

Las empresas mineras monoproducción seleccionadas (Cuadro 4) producen únicamente oro, cobre, hierro y estaño, de manera que el precio de venta de estos productos equivale a la división del ingreso total entre el nivel de extracción correspondiente.

En el caso del plomo y zinc, cuya extracción en el Perú es realizada mayormente en forma conjunta, los precios de mercado fueron estimados como un precio promedio ponderado por metal ( $\bar{P}$ ), el cual equivale a la división del valor de la exportación del metal ( $X^V$ ) entre la sumatoria del volumen de sus productos exportados ( $X^Q$ ). El BCRP (2013) proporciona la información que permite estimar estos precios para los metales en análisis durante todo el periodo en estudio. Formalmente (21):

$$\bar{P}_t^i = \frac{X_t^V}{X_t^Q} \quad (21)$$

b) Costo marginal de extracción

Ni los costos medios ni los costos marginales de extracción estuvieron disponibles. Para ello fue necesario construir -mediante técnicas econométricas- funciones de costo total por metal para luego obtener el costo marginal respectivo por año. Para inferir el costo total anual de extracción se utilizó la diferencia de ingresos (por ventas) y beneficios (antes de impuestos) de las empresas mineras más representativas en la producción de cada metal (Cuadro 4).

La industria minera peruana, como toda industria extractiva, genera externalidades, las cuales conceptualmente deberían estar incluidas en el precio cuenta.

A inicios de los 90s, Perú inició un proceso de reformas para atraer grandes inversiones (mineras), para lo cual diseñó e implementó instrumentos de gestión ambiental, como por ejemplo, los Estudios de Impacto Ambiental así como los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA). Los costos del diseño y funcionamiento de estos instrumentos están incluidos en los costos de las empresas mineras, de manera que el costo marginal de producción contener una aproximación de las externalidades negativas generadas por la extracción de metales.

Lo que debería incluirse en el costo de producción (y por ende, en el precio cuenta minero) es el valor del daño ambiental ocasionado por la extracción minera y no los costos de mitigación asociados (Vincent y Rozali, 2005). Sin embargo, dada la disponibilidad de información, solo fue posible considerar los costos de mitigación como una gruesa aproximación del valor económico de los daños mencionados.

Dado que los costos de mitigación ya están incluidos en los costos totales de extracción de las empresas mineras que fueron consideradas en este estudio, el beneficio marginal minero ( $P^M$ ) obtenido puede ser una aproximación razonable del precio cuenta minero, donde  $C'$  es el costo marginal de extracción del metal. Formalmente (22):

$$P_t^M = \bar{P}_t - C' \quad (22)$$

Para estimar el precio cuenta por metal se requiere calcular los costos marginales de extracción por metal, para lo se requiere la previa construcción de funciones de costo total de extracción.

Para la obtención de una función de costo total de extracción de un mineral se utilizará la llamada función de costo total translogarítmica (“translog”). Para el caso de una firma multiproducto que utiliza  $k$  insumos, la expresión será:

$$\ln CT = \beta + \beta_q \ln(q) + \beta_{qq} (\ln(q))^2 + \sum_{i=1}^k \beta_i \ln(w_i) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} (\ln(w_i))^2 + \sum_{i=1}^k \beta_{qi} \ln(q) \quad (23)$$

donde  $\beta_{ij} = \beta_{ji}$ , CT es el costo total de extracción, q es el nivel de producción de un metal,  $w_i$  y  $w_j$  son los precios de los insumos mientras que  $\beta$ ,  $\beta_q$ ,  $\beta_{qq}$ ,  $\beta_{ij}$ ,  $\beta_{qi}$  serán los parámetros a estimar. A priori, estimar económicamente (23) tiene la desventaja de generar problemas estadísticos tales como la sobreparametrización debido a la gran cantidad de restricciones que se le podrían incorporar a la función.

Esta función translog tiene la restricción (24), la cual corresponde a la propiedad de homogeneidad de grado uno en precios. Debe cumplirse que la suma de las elasticidades precio-costo de los insumos debe ser la unidad, lo cual significa que en la medida que todos los precios de los insumos aumenten en una misma proporción, el costo total de extracción también deberá aumentar en la misma proporción.

:

$$\sum_{i=1}^k \beta_i = 1 \quad (24)$$

Para el caso de empresas monoproductoras, se plantea estimar una función de costo total de corto plazo Cobb-Douglas, cuya especificación es (25):

$$\ln CT = \beta + \beta_q \ln(q) + \sum_{i=1}^k \beta_i \ln(w_i) + \varepsilon_t \quad (25)$$

Una de las ventajas de la expresión (25) es su flexibilidad y fácil interpretación de los parámetros. Además, se evitan problemas de multicolinealidad y sobreparametrización existentes en (23), los cuales ocasionarían problemas de inferencia estadística en los parámetros.

Considerando m metales y la información de precios de seis insumos y su producción, la expresión (25) quedaría de la siguiente forma:

$$\ln CT_t^m = \beta + \beta_q \ln(q_t^m) + \sum_{i=1}^6 \beta_i \ln(w_i) + \varepsilon_t \quad (26)$$

Ahora la expresión (24) será:

$$\sum_{i=1}^6 \beta_i = 1 \quad (27)$$

Las variables y parámetros que se utilizan en la especificación (26) y (27) son las siguientes:

$CT_t^m$  = costo total en soles de 1994 para el mineral  $m=1,2, 3, 4$  (1=oro, 2=cobre, 3=estaño, 4=hierro)  
 $q_t^m$  = producción para el mineral  $m=1,2, 3$  y 4 (1=oro, 2=cobre, 3=estaño, 4=hierro)  
 $\omega_{1t}$ = precio de remuneraciones  
 $\omega_{2t}$ = precio de depreciación  
 $\omega_{3t}$ = precio del capital  
 $\omega_{4t}$ = precio de energía  
 $\omega_{5t}$ = precio del combustible  
 $\omega_{6t}$ = precio de energía y combustible  
 $\beta$  = intercepto  
 $\beta_q$  = elasticidad costo total – producto  
 $\beta_1$  = elasticidad costo total – precio de remuneraciones  
 $\beta_2$  = elasticidad costo total – precio de depreciación  
 $\beta_3$  = elasticidad costo total – precio del capital  
 $\beta_4$  = elasticidad costo total – precio de energía  
 $\beta_5$  = elasticidad costo total – precio del combustible  
 $\beta_6$  = elasticidad costo total – precio de energía y combustible  
 $\varepsilon_t$  = error

De la expresión (26), se espera que los signos de cada parámetro sean positivos. Dada la homogeneidad de grado uno en precios, en la restricción (27) ninguna elasticidad precio-costo debe tener signo negativo o un aporte mayor a 1, ya que no se considerará dicho parámetro en la función de costo total escogida.

Es importante mencionar que tanto  $\beta_5$ ,  $\beta_6$ , y  $\beta_7$  son insumos sustitutos de  $\beta_1$  en la estimación de la función de costo total. Asimismo, para evitar problemas de multi-colinealidad en los parámetros,  $\beta_5$ ,  $\beta_6$ , y  $\beta_7$  son independientes. Por lo tanto, se evaluará por separado cuál de estos parámetros explica mejor la función en análisis en comparación a  $\beta_1$ .

Para estimar económicamente la expresión (23) se requiere información de costos totales de extracción, niveles de extracción y precios de los insumos.

### Costo total

El CT fue calculado como la diferencia entre el ingreso total y beneficio bruto. La información del costo total de extracción (CT) para cada metal  $m$  fue inferida a partir de los Estados de Ganancias y Pérdidas que las principales empresas mineras de la minería metálica peruana ofrecen públicamente (Cuadro 4).

El costo (total) obtenido abarca cinco rubros: costos de ventas, gastos de administración, gastos de ventas, ingresos/gastos financieros y otros ingresos/gastos. Los montos de remuneraciones (sueldos y salarios) y depreciación fueron obtenidos principalmente de las Notas de los Estados Financieros (NEF) de cada empresa. Toda esta información fue proporcionada por CONASEV (varios años).

### Precio de los insumos

Antes de comentar sobre las fuentes de los precios de los insumos es importante mencionar que si bien los costos totales dependen de su producción y precios de los insumos, estos últimos se utilizarán como índices

(1994=100), puesto que la información de algunas variables tales como el precio de la depreciación, energía y combustible se encuentran disponibles solo en índices.

#### Precio de las Remuneraciones ( $w_1$ )

La información de las remuneraciones es representada a través del salario en Lima-Metropolitana del sector minero en términos corrientes durante el periodo 1992-2011, la cual fue obtenida del Ministerio de Trabajo y Promoción de Empleo. Dicho valor fue deflactado por el índice de precios del PBI minero (1994=100) obtenido de las cuentas nacionales de INEI (2013b) y construyendo así el precio de las remuneraciones.

#### Precio de la Depreciación ( $w_2$ )

El  $w_2$  constituye los precios de la maquinaria adquirida/repuesta por el sector minero, lo cual equivale a la depreciación. Dado  $w_2$ , se construye un índice de precios para el periodo 1998-2011 que constituye el precio de las maquinarias y equipo (nacional e importado) para la explotación de minas y canteras (1994=100).

Dado que estos datos no estuvieron disponibles para el periodo 1992-1997, se utilizó como variable proxy el índice de precios de bienes del activo fijo: construcción de maquinaria y equipo especial (nacional e importado) excluyendo los bienes (nacionales e importados) para trabajar metales y madera. Ambos índices fueron obtenidos de INEI (2012a).

#### *Precio del Capital ( $w_3$ )*

Para el precio del capital, se toma como referencia (costo de oportunidad) el rendimiento de un bono del tesoro americano (Treasury Bill) a 10 años durante 1992-2011. La información se obtuvo de la Junta de Gobernadores del Sistema de la Reserva Federal.

#### *Precio de Energía ( $w_4$ ), combustible ( $w_5$ ), Energía y combustible ( $w_6$ )*

Un problema que se presenta en la estimación que se pretende realizar es la obtención del precio del consumo intermedio (CI). Si bien existe información del monto total del CI, la cual corresponde a la sumatoria de cantidades de insumos y sus respectivos precios, el inconveniente radica en neutralizar el efecto de las cantidades a fin de capturar solo la evolución de los precios.

Para solucionar este inconveniente se propone utilizar independiente los índices de  $w_4$ ,  $w_5$  y  $w_6$  como insumos. Es decir, en reemplazo del índice del precio del consumo intermedio, esta puede ser el índice de precios de energía eléctrica, combustible o un promedio de ambos. Estos tres tipos de índices fueron obtenidos de INEI (2012b) durante 1994-2011.

Todas las cifras monetarias fueron convertidas a soles constantes 1994 usando el deflactor implícito del PIB Minero.

Finalmente, el valor del capital minero (riqueza) será equivalente a la sumatoria de los capitales que la conforman multiplicados por sus respectivos precios cuenta (28).

$$W_t^M = P_t^{MO} K_t^{MO} + P_t^{MP} K_t^{MP} + P_t^{MC} K_t^{MC} + P_t^{MZ} K_t^{MZ} + P_t^{MH} K_t^{MH} + P_t^{ME} K_t^{ME} + P_t^{ML} K_t^{ML} \quad (28)$$

### 5.2.3 Capital pesquero

Las principales especies pesqueras comerciales del Perú son la anchoveta y sardina, las cuales han concentrado el grueso de los ingresos sectoriales. Solo la anchoveta ha concentrado el 78-92% de la extracción total durante el periodo 2005-2011 (Cuadro 5). Por ello, su extracción es representativa de la pesquería peruana. Cabe resaltar que esta especie es destinada mayormente al consumo humano indirecto.

**Cuadro 5: Desembarque de recursos hidrobiológicos marinos y continentales, según utilización (Miles de TMB)**

Tipo de utilización	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Total</b>	9400	7028	7231	7423	6935	4283	8241
<b>Consumo Humano Directo</b>	772	1132	1145	1257	1104	952	1245
<b>Consumo Humano Indirecto</b>	8629	5896	6086	6166	5831	3330	6996
Anchoveta	8628	5892	6085	6159	5829	3330	6994
Otras especies	0	4	1	7	2	0	2
Anchoveta / Total	0.92	0.84	0.84	0.83	0.84	0.78	0.85

Fuente: INEI (2013c)

#### 5.2.3.1 Cuentas físicas

La información de biomasa de anchoveta está disponible para todo el periodo de estudio (INEI, 2013c). Esta biomasa equivale al capital pesquero ( $K^P$ ).

#### 5.2.3.2 Cuentas monetarias

Los precios cuenta de la pesquería peruana no están disponibles, tampoco el precio de esta especie ni sus costos de extracción, y por ende, tuvieron que ser estimados.

##### a) Precios

El precio de la anchoveta ( $P^P$ ) fue calculado a partir de la información de las cuentas nacionales sectoriales.<sup>23</sup>

<sup>23</sup> El VBP<sup>P</sup> peruano incluye la pesca marítima y pesca continental, excepto los volúmenes descargados por embarcaciones extranjeras. Este VBP incluye todos los ingresos adicionales correspondientes a actividades no relacionadas con la actividad extractiva, ejemplo: alquileres, servicios prestados, etc. (producción secundaria) utilizando información de los estados financieros consignados en la Encuesta Económica Anual de las empresas extractivas y acuícolas. Sin embargo, estas cifras son mínimas en relación a los ingresos por ventas de la producción.

Puntualmente, como la división del  $VBP^P$  entre la cantidad extraída de anchoveta ( $Q^P$ ). Formalmente (29):

$$P_t^P = \frac{VBP_t^P}{Q_t^P} \quad (29)$$

## b) Costos

La información de costos de extracción de anchoveta no está disponible para todo el periodo de estudio. Al igual que en todos los sectores extractivos, las empresas pesqueras difícilmente revelan su estructura de costos.

Una alternativa es obtener este costo total de extracción es a través de la información de las cuentas nacionales, deduciendo el excedente de explotación pesquero ( $EE^P$ ) del valor bruto de la producción pesquera ( $VBP^P$ ). El  $EE^P$  comprende la retribución al riesgo empresarial por su participación en el proceso productivo representando una medida del beneficio sectorial.

La información del  $EE^P$  está disponible en los compendios estadísticos del INEI mientras que las estadísticas de desembarque total del sector pesquero fue obtenida de PRODUCE e INEI (2013c).

Para la obtención del costo marginal de extracción de la anchoveta peruana (Cmg) mediante el periodo de estudio será necesario estimar inicialmente una función de costo total de extracción. La expresión (30) es la llamada función de costo translog, la cual es útil para evaluar economías de escala. Asimismo, esta función translog ya ha sido usada para especificar la función de costo total de corto plazo de la extracción pesquera. Para ello se adoptará una función de tipo transcendental logarítmica (Translog):

$$\ln CT = \beta + \beta_q \ln(q) + \frac{1}{2} \beta_{qq} [\ln(q)]^2 + \sum_{i=1}^k \beta_i \ln(w_i) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} \ln(w_i) \ln(w_j) + \sum_{i=1}^k \beta_i \quad (30)$$

Donde  $\beta_{ij} = \beta_{ji}$ , CT es el costo total de extracción de anchoveta, q es el nivel de desembarque de anchoveta,  $w_i$  y  $w_j$  son los precios de los insumos combustible (petróleo) y remuneración (salario) mientras que  $\beta$ ,  $\beta_q$ ,  $\beta_{qq}$ ,  $\beta_{ij}$ ,  $\beta_{qi}$  son los parámetros a ser estimados.

Estimar económicamente (30) tiene la desventaja de generar problemas estadísticos tales como la sobre-parametrización debido a la gran cantidad de restricciones que se le podría incorporar a la función. Como es usual en el análisis de funciones de costo total, se requiere establecer las siguientes condiciones:

$$\sum_{i=1}^k \beta_i = 1 \quad (31)$$

$$\sum_{i=1}^k \beta_{qi} = 0 \quad (32)$$

$$\sum_{i=1}^k \beta_{ij} = \sum_{i=1}^k \beta_{ji} = \sum_{i=1}^k \sum_{i=1}^k \beta_{ji} = 0 \quad (33)$$

Con las restricciones (31), (32) y (33), la función de costos translog es homogénea de grado uno en precios. Es decir, para un nivel fijo de producción, cuando los precios de todos los factores se incrementan, el costo total aumentará proporcionalmente.

A diferencia de otras especificaciones como Cobb-Douglas o Elasticidad de Sustitución Constante (CES), la función translog tiene la ventaja de ser bastante flexible ya que no restringe que la estructura de producción sea homotética. Tampoco impone restricciones sobre las elasticidades de sustitución. Sin embargo, estas restricciones pueden ser testeadas estadísticamente a partir de los coeficientes obtenidos por Mínimos Cuadrados Restringidos (MCR). De esta forma, si alguna de las restricciones es válida, es preferible adoptar la forma simplificada.

Una función de costo total es homotética si la participación de los insumos en el costo total no varía con el nivel de producción. En otras palabras, la función de costo total puede ser denotada como una función separable en producto y precio de los insumos. Una estructura de producción homotética es además homogénea si y solo si la elasticidad costo con respecto a la producción es constante. Para una función de costo total translog, la restricción de homoteticidad se describe como (34):

$$\beta_{qi} = 0 \quad (34)$$

Mientras que la de homogeneidad, como (35):

$$\beta_{qi} = 0 ; \beta_{qq} = 0 \quad (35)$$

Asimismo, las elasticidades de sustitución pueden restringirse a ser unitarias eliminando el término de segundo orden en los precios desde la función de costos translog. Así, la restricción de elasticidad unitaria implica (36):

$$\beta_{ij} = 0 \quad (36)$$

Dado que se tiene como variables regresoras al desembarque (q), precio del petróleo ( $w_{1t}$ ) y el precio de salario ( $w_{2t}$ ) la expresión (30) quedaría especificada de la siguiente manera (37):

$$\ln CT = \beta + \beta_q \ln(q) + \frac{1}{2} \beta_{qq} [\ln(q)]^2 + \beta_1 \ln(w_1) + \frac{1}{2} \beta_{11} \ln(w_1) \ln(w_1) + \beta_{q1} \ln(q) \ln(w_1) + \frac{1}{2} \beta_{22} \ln(w_2) \ln(w_2) + \beta_{q2} \ln(q) \ln(w_2) \quad (37)$$

Antes de estimar econométricamente la expresión (32) es necesario demostrar que la función de producción de la pesca de anchoveta es explicada por los niveles corrientes de esfuerzo (E) y biomasa (B):

$$\ln(q) = \alpha + \alpha_E \ln(E) + \alpha_B \ln(B) \quad (38)$$

La expresión (38) no es más que una función Cobb-Douglas. Donde  $\alpha$  es conocido como el coeficiente de capturabilidad y refleja la eficiencia del esfuerzo sobre la extracción. E y B son aproximados por el número de embarcaciones y la biomasa, respectivamente. Por tanto, si (37) es demostrada, la expresión (37) puede ser estimada sin inconveniente.

La información requerida y sus fuentes son presentadas en el Cuadro 6.

**Cuadro 6: Fuente de información por variable**

Variable	Unidad	Fuente
CT	Nuevos soles contantes 1994	Indicadores del sector pesquero del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
q	Toneladas métricas de anchoveta	Industria Pesquera en el Perú, Cuotas individuales de pesca y Anuario Estadístico 2011 (Ministerio de la Producción – PRODUCE).
w <sub>1</sub>	Índice de precio del petróleo (gasolina 84) (1994=100)	Memorias 1990, 1995, 2003 del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) y del INEI.
w <sub>2</sub>	Índice del salario real en Lima Metropolitana (1994=100)	INEI
E	# Embarcaciones (flota marítima)	Compendio Estadístico del (INEI), años 1989, 1990, 1996, 1997, Perú en Números 1996 y el Instituto del Mar del Perú (IMARPE).
B	Toneladas métricas de anchoveta	Compendio Estadístico del INEI 1993, 1994, 2003 y 2011.

Fuente: Elaboración Propia

## 5.2.4 Capital hidrocarburos

En el Perú, la mayor parte del valor bruto de la producción del sector hidrocarburos está conformado por la extracción y venta de petróleo crudo, gas natural y líquidos de gas natural (LGN). Estos últimos tomaron fuerza a partir de la implementación del proyecto Camisea. El Perú es tomador de precios dado que la extracción hidrocarburos es marginal con respecto al total mundial.

#### 5.2.4.1 Cuentas físicas

Las estadísticas de reservas probadas de petróleo, gas natural y LGN están disponibles en Ministerio de Energía y Minas (2013b).

#### 5.2.4.2 Cuentas monetarias

Para el caso del petróleo crudo, Ego-Aguirre (2012) estimó la función de costo total de la industria petrolera peruana para el periodo 1996-2010 en la zona costera y selva, en base a la cual el autor estimó no solo los costos marginales de extracción por zona sino también los precios cuenta respectivos. Esta información se utilizará en este estudio.

No hay información sobre precios cuenta de gas natural y LGN en el Perú. Ambos hidrocarburos han sido extraídos en pequeñas cantidades y de forma conjunta con el petróleo hasta el inicio del Proyecto Camisea (año 2004). Desde entonces fueron extraídos como productos principales. Este proyecto concentra la mayor parte de la extracción de ambos hidrocarburos.

En este caso, no fue posible construir una función de costo total multi-producto debido al escaso número de observaciones, puesto que el Proyecto Camisea empezó sus operaciones el año 2004. Además, la empresa extrae no solo gas natural y LGN, sino otros líquidos de natural, lo cual dificultaría un análisis desagregado de costos por producto.

Para superar esto, inicialmente se optó por estimar el precio de venta de cada uno de los dos principales productos de la empresa (gas natural y LGN) en base a la información financiera de la empresa. Si bien la empresa ofrece información de costos, no fue posible separarlos para cada uno de los dos productos a fin de calcular un beneficio marginal. En base a la rentabilidad de la empresa, definida como beneficio operativo/ingresos totales por venta, se infirió el beneficio (privado) de cada uno de los productos señalados.

Conforme a Apoyo (2007) el valor actual de los beneficios proyectados para el periodo 2004-2010 asciende a 5322 US\$ millones, los cuales comprenden los ahorros generados en los consumidores directos del gas y los consumidores de energía eléctrica.<sup>24</sup> Naturalmente, este ahorro debe adicionarse al beneficio vinculado a la extracción de gas natural. Para ello, el resultado de Apoyo (2007) fue convertido un ahorro anual constante durante el periodo 2004-2010. Los ahorros anuales obtenidos fueron sumados al beneficio privado vinculado al gas natural

---

<sup>24</sup> Nótese que estos beneficios equivalen a las externalidades positivas del sector hidrocarburos, las cuales deben ser consideradas en el precio cuenta.

### 5.3 Capital humano

El objetivo de valorar el capital humano no es para efectos de compra-venta: lo que se busca es medir -monetariamente- cómo las destrezas y habilidades de una sociedad pueden ser útiles para su economía. Eso es lo que generará beneficios futuros. Para ello, la literatura ofrece al menos dos métodos para valorar el capital humano: valor de una vida estadística (VVE) y método del capital humano (MCH).

El primero (VVE) consiste en medir la disposición a pagar por evitar una muerte. El VVE es calculado dividiendo la disposición de pago marginal para reducir el riesgo de muerte por el tamaño de la reducción de riesgo. Este método ofrece el valor más alto de un daño a la salud. El segundo método (MCH) estima el costo indirecto de productividad perdida mediante el valor de los ingresos futuros que serían perdidos.

Desde una perspectiva microeconómica, el VVE constituiría el método correcto puesto que captura las preferencias de la sociedad por reducir el riesgo de muerte, e indirectamente, por la vida humana. En el Perú no hay estudios o estimaciones sobre la disposición de pago por reducir el riesgo en mención. Si bien este dato puede extrapolarse de otros países (mediante el método de transferencia de beneficios), se incurriría en una distorsión al introducir las preferencias de una sociedad en otra.

Quizá por este motivo, aunado a la disponibilidad de información que se requiere y a la sencillez de su aplicación, es que el valor del capital humano ha sido frecuentemente estimado mediante el MCH. Los estudios más conocidos sobre inversión genuina y ahorro genuino, tales como Arrow et al (2012) y World Bank (2011) utilizaron este método. Así, el método tiene la ventaja de que los resultados sean comparables con trabajos similares.

Además, ha sido usual estimar el capital humano mediante las inversiones públicas y privadas en educación. Esto es conceptualmente incorrecto ya que se busca una medida de stock no de flujo. Además, dada la metodología del MCH se considera la tasa de mortalidad la cual equivale a una forma de depreciación del capital humano. Por estos motivos, el MCH será aplicado en este estudio.

#### *El modelo*

En un momento  $t$ , el capital humano de un individuo  $h$  está determinado por (39), donde  $\alpha$  es la tasa promedio de retorno de la educación y  $\Theta$  el promedio de años de estudio logrados de la población mayor a 14 años (aquella en condiciones de trabajar).

$$h_t = e^{\alpha t \Theta} \quad (39)$$

El stock agregado de capital humano es denotado por  $H$ , equivalente a la multiplicación del capital humano individual por la población total mayor de 15 años (PEA).

$$H_t = h_t(PEA_t) \quad (40)$$

Como todo activo, el capital humano también se deprecia cuando algún individuo muere. Es muy difícil medir este efecto. Una gruesa aproximación consiste en ajustar este stock agregado por la tasa bruta de mortalidad (TBM). Entonces, el capital humano ajustado, HA, en un periodo t será (41):

$$HA_t = H_t(1 - TBM_t) \quad (41)$$

El valor acumulado de una unidad de capital humano o su precio,  $P_H$ , se calcula mediante la sumatoria descontada de los ingresos ( $R_t$ ) que cada unidad genera para el número promedio de años restantes de trabajo, T.

$$P_{Ht} = \int_0^T R_t e^{-\alpha t} dt \quad (42)$$

Finalmente, el valor del stock de capital agregado de la economía es representado por (43)

$$V_t = P_{Ht} HA_t \quad (43)$$

### *Los datos*

No se han identificado autores que hayan estimado tasas de retorno de la educación para todo el periodo en estudio. Probablemente, la falta de información estadística para algunos años haya sido la principal limitante.

Barco y Vargas (2010) calcularon la tasa de retorno de la educación peruana utilizando la ecuación de Mincer en base a la información de la Encuesta Nacional de Hogares 2007.

Los autores eligieron como variable dependiente el logaritmo de los ingresos laborales por hora y como variables explicativas variables, además de la variable escolaridad, dummies para cada una de las categorías de empleo (asalariado formal e informal, e independiente formal e informal) y sus interacciones con la variable escolaridad a fin de recoger retornos diferenciados por categorías. Las estimaciones también controlan por características asociadas al individuo y a su actividad económica y se realizan también con la encuesta de hogares.

Los resultados muestran que el retorno de la educación es mayor para los sectores formales, lo que sugiere un mayor acceso al capital y a la tecnología. En el caso del asalariado formal, un año más de educación eleva los ingresos laborales por hora en 9,3% y en el caso de independiente formal,

en 8,2%. El retorno a la educación en el caso del asalariado informal es de 3,6% y en el independiente informal es de 5,1%.

Armendariz et al (2011) calcularon la tasa de retorno de la educación peruana por región utilizando la clásica ecuación de Mincer, donde la variable dependiente es el logaritmo neperiano de los ingresos en la principal ocupación. Las variables explicativas fueron: número de años de educación (multiplicadas por una dummy para cada departamento), edad y edad la edad al cuadrado. El estimador del número de años de educación mide el aumento en puntos porcentuales del ingreso como consecuencia de un año adicional de educación. Se utilizó la información de la Encuesta Nacional de Hogares 2008.

Yamada y Castro (2010) reconocen que la tasa de retorno de la educación en el Perú es de 10% cuando se utiliza la especificación tradicional de la ecuación de Mincer. Ellos identifican que los supuestos de tal especificación no se verifican en el caso peruano. Por ello construyen especificaciones alternativas encontrando diferencias significativas en los resultados (en comparación a la clásica especificación). Sus resultados indican que la tasa de retorno fluctúa entre 3.5 y casi 30%, dependiendo del nivel de instrucción básica o superior, o cursar un nivel educativo o completarlo.

Si bien los resultados de Yamada y Castro sugieren que la tasa de retorno de la educación oscila ampliamente dependiendo del caso, sería necesario un estudio muy fino para determinar un promedio ponderado para el caso peruano, y sobre todo, para cada año del periodo en análisis.

De manera conservadora este estudio propone adoptar tasa de 10% ( $\alpha=0.10$ ), la cual va en línea con el promedio nacional obtenido por Armendariz et al (2011) y similar a los resultados de Barco y Vargas (2010). Los datos anuales de  $\Theta$  fueron obtenidos de INEI (varios años).

De INEI se obtuvo la información de PEA y TBM. Dado que esta información es quinquenal fue necesario estimar una tasa de crecimiento promedio para proyectar la serie requerida.

Para calcular anualmente el término  $R$ , se dividió las remuneraciones totales entre la PEA ocupada mayor de 14 años. La información fue obtenida de INEI (varios años). El número de años restantes de trabajo,  $T$ , se obtuvo como la diferencia entre la esperanza de vida,  $EV$ , y la edad promedio de la población,  $EP$ . Formalmente para un periodo dado:  $T = EV - EP$ .

La información de  $EV$  fue obtenida de la página web del Banco Mundial mientras que  $EP$  se estimó de INEI (2012c). Esta fuente ofrece información poblacional por edades. Solo se consideró los grupos de edades de 15-19 hasta 60-64 años. Luego se obtuvo el promedio ponderado.

Todos los valores son convertidos a soles constantes del año 1994.

## 5.4 Drif Term

El último término del lado derecho de la expresión (12), es el *drift term*, el cual equivale a la contribución a la inversión genuina que no es atribuible a los capitales considerados explícitamente en el modelo, como por ejemplo, capital institucional, ecosistemas, etc. Dado que es difícil el estimar tal contribución, normalmente se utiliza la tasa de crecimiento del TFP como una aproximación al *drift term*.

A partir de Orihuela y Nolazco (2013), los autores actualizaron sus resultados para el periodo 1994-2012, encontrando que contribución acumulada del TFP en el periodo de análisis fue 47%. Se reconoce que a partir de este resultado, sería difícil llegar a la contribución exacta del capital institucional no solo al cambio del producto sino también al cambio de la riqueza. Dada las limitaciones de información, se utilizara este resultado (47%) como una mejor aproximación en lugar del TFP convencional.

## 5.5 Capital Financiero

Los activos externos netos representan los activos -propiedad de los agentes nacionales privados, empresas, y agencias gubernamentales- que son mantenidos en otros países. Estos activos pueden representar una importante fuente de ingresos en economías que presentan bajos niveles de inversión domestica (Lange, 2004).

Estos activos constituyen una forma de capital artificial. Si bien estos activos no forman parte explicita del modelo, también constituyen una fuente de riqueza de una economía y por ende serán incluidos en la expresión (9). La información de estos activos está disponible en el BCRP (2013).

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Capital Natural Agropecuario

#### 6.1.1 Cuentas físicas

En el Perú solo se han realizado censos agropecuarios durante los años 1994 y 2012. Las cifras para el periodo 1995-2011 fueron estimadas a partir de la tasa de crecimiento promedio implícita del periodo 1994-2012 (Cuadro 7). Se asume que este crecimiento está asociado no solo al aumento poblacional sino al crecimiento de la economía, de manera que es razonable estimar un aumento paulatino en la superficie agrícola durante el periodo de estudio.

**Cuadro 7: Cuentas físicas del sector agropecuario durante el periodo 1994-2012**

Año	Superficie Agropecuaria (ha)	Superficie Agropecuaria No Utilizada (ha)	Superficie Agrícola (ha)	Superficie agrícola sembrada (ha)	Superficie agrícola no sembrada (ha)	Superficie No Agrícola (ha)
1994	35381800	711919	5476980	2974958	2502022	29839646
1995	35560613	715279	5557610	3030716	2526893	30003003
1996	35740330	718654	5639427	3087520	2551906	30100903
1997	35920955	722046	5722448	3145389	2577059	30198507
1998	36102493	725453	5806691	3204342	2602350	30295802
1999	36284949	728877	5892175	3264400	2627775	30392774
2000	36468326	732317	5978917	3325583	2653334	30489409
2001	36652630	735773	6066936	3387914	2679023	30585694
2002	36837866	739245	6156251	3451412	2704839	30681615
2003	37024038	742734	6246881	3516101	2730780	30777157
2004	37211151	746239	6338845	3582002	2756843	30872306
2005	37399209	749760	6432163	3649139	2783024	30967046
2006	37588218	753299	6526854	3717533	2809321	31061364
2007	37778182	756854	6622940	3787210	2835730	31155242
2008	37969106	760426	6720440	3858192	2862248	31248666
2009	38160995	764014	6819376	3930505	2888870	31341619
2010	38353854	767620	6919767	4004173	2915594	31434086
2011	38547687	771242	7021637	4079222	2942415	31526050
2012	38742500	774882	7125007	4155678	2969329	31617493

Las cifras en color rojo son estimaciones del autor, en base al último año observado.

Fuente: INEI (2013a) y INEI y MINAG (2013)

Elaboración propia

El stock de capital agrícola ( $K^{AG}$ ) es estimado como la superficie agrícola total del Perú (cuarta columna del Cuadro 7). El stock de capital pecuario ( $K^{AP}$ ) equivale a la superficie que alberga únicamente pastos naturales (superficie no agrícola), la cual tiene el potencial de albergar la producción pecuaria.

Asumir que toda la superficie agrícola tienen un potencial homogéneo es discutible: la mayor parte de las tierras (agrícolas y no agrícolas) en Perú han padecido algún efecto de la erosión (Banco Mundial, 2006). Si las tierras agrícolas y no agrícolas padecen efectos de la erosión, desertificación o degradación entonces podrían tener un potencial reducido pero similar. Si bien la superficie agrícola se ha expandido en el periodo 1994-2012, es de esperar que los resultados estén sobrestimados al omitir el valor económico de la degradación (erosión).

### 6.1.2 Cuentas monetarias

El sector agrícola peruano comprende numerosos cultivos. Si bien los precios de mercado de todos los productos agrícolas están disponibles, los costos de producción no lo son. Por ello se decidió utilizar el excedente de explotación agrícola (EE) como una aproximación del beneficio bruto agropecuario. Explícitamente, el EE contiene el beneficio bruto de una unidad promedio de superficie agropecuaria y no de un cultivo en particular. La ventaja de esta técnica es que el EE contiene los beneficios de toda la producción agrícola.

Inicialmente se construye el Anexo A1-1 en base a INEI (2013a). Nótese que no hay datos sobre el valor agregado por componentes agropecuarios (por ende, el  $EE^A$ ) para el periodo 2001-2011 en términos corrientes. Para completar el  $EE^A$  del periodo restante (1994-2000) éste tuvo que ser estimado como el ratio  $EE^A/VA^A = 0.79$  observado en el año 2001 ( $VA^A$ =valor agregado agropecuario). Estos resultados están representados en color rojo en el Anexo A1-1.

INEI solo ofrece el valor bruto, consumo intermedio y valor agregado agropecuario en nuevos soles 1994. Puesto que se requiere el EEA en nuevos soles 1994, éste tuvo que ser estimado -para todo el periodo de estudio- como la fracción del  $EEA/VAA$  obtenida del Anexo A1-1. Los resultados -en nuevos soles 1994- se presentan en el Anexo A1-2.

No hay registros del excedentes de explotación para cada subsector agropecuario: agrícola, pecuario y silvicultura<sup>25</sup> ( $EE^{AG}$ ,  $EE^{AP}$ ,  $EE^{AS}$ , respectivamente), por ello fue necesario estimarlos a partir de la información de INEI (2013) en donde se incluye el valor agregado por subsector, en valores corrientes. Con esta información fue posible inferir el porcentaje de contribución de cada subsector al VA agropecuario.

Los resultados indican que los subsectores agrícola y pecuarios concentraron respectivamente el 62 y 36% del VA agropecuario durante el periodo en análisis (Anexo A1-3). La fracción vinculada al subsector silvícola fue mínima (2%) y por ende, fue omitida de este análisis.

Una vez obtenidas estas participaciones ( $\alpha$  y  $1-\alpha$ ) para el caso agrícola y pecuario, respectivamente), se asumió son proporcionales a la fracción del  $EE^A$ . En otras palabras, Si para el año 1994 el subsector agrícola tuvo una participación del 62% como parte del VA agropecuario, entonces el 62% del

<sup>25</sup> Estos subsectores conforman el sector agropecuario según INEI

EE agropecuario correspondió a este subsector. Se asume que a nivel subsectorial, el EE es proporcional al VA.

Una vez obtenido el  $EE^{AG}$  por año, éste fue dividido entre la superficie agrícola sembrada correspondiente ( $S^{AG}$ ). Esto es una aproximación del precio cuenta agrícola ( $P^{AG}$ ). Para inferir el precio cuenta pecuario,  $P^{AP}$ , el  $EE^{AP}$  fue dividido entre la superficie denominada “pastos naturales” ( $S^{AP}$ ), los cuales se prevé que albergan a la mayor parte de la actividad pecuaria.

Nótese que solo se requiere el precio cuenta del año 1994, dado que el indicador buscado debe ser establecido a precios constantes.

## **6.2 Capital natural minero**

### **6.2.1 Cuentas físicas**

La información de reservas probadas por metal y año para todo el periodo de estudio está disponible en la web del Ministerio de Energía y Minas.

### **6.2.2 Cuentas monetarias**

Antes de realizar las estimaciones pertinentes sobre el costo total de producción para cada mineral, se realizó los test de normalidad para cada una de las variables a utilizar. Esto es importante en la medida que se desea realizar inferencia estadística sobre los parámetros estimados. A pesar que se tiene pocas observaciones, los resultados indican que todas las variables se distribuyen de manera normal, son aproximadamente simétricas y de forma mesocúrtica (Anexo A2-1 y Anexo A2-2).

Según los valores de Skewness y Kurtosis, por su proximidad a 0 y 3 respectivamente, permiten aseverar que los costos totales para cada mineral y los principales índices de precios usados en las regresiones son aproximadamente simétricos y son mesocúrticas. Asimismo, para un nivel de confianza del 95%, el contraste de Jarque-Bera indica que no se rechaza la hipótesis nula de distribución normal en ninguna de las variables.

Asimismo, se realizó la matriz de correlación entre las variables explicativas para el caso del oro, cobre, estaño y hierro. Los resultados muestran que el grado de correlación entre los precios de energía, combustible y ambos se aproxima a uno (altamente correlacionados). Lo anterior justifica aún más el hecho de que estos precios son sustitutos entre si y es necesario evaluar cuál de ellos es el mejor reemplazo al precio del consumo intermedio (Anexo A2-3) para cada metal.

Para escoger el mejor modelo de la función costo total de extracción por mineral se compararon principalmente cinco estimaciones siguiendo la especificación general (26) sujeto a la restricción (27). Los criterios Akaike y Schwarz, los signos y valores de las elasticidades precio-costo son las determinantes fundamentales para escoger el mejor modelo.

Teniendo en cuenta el enunciado anterior, se procede a estimar la función de costos para el oro, cobre, estaño y hierro durante los periodos 1994-2011, 1995-2010, 1994-2011 y 1993-2011 respectivamente. Los datos de los costos totales para cada mineral fueron convertidos a soles constantes del año 1994 utilizando como deflactor el índice del PBI minero (1994=100).

### Oro

Se utilizó información de las 2 empresas más importantes: Yanacocha y Barrick Misquichilca S.A. La primera empresa inició operaciones en el año 1993 mientras que la segunda lo hizo en el año 1998. En realidad, estas firmas extraen oro y plata, sin embargo, los ingresos de este último metal son muy reducidos, motivo por el cual los costos de estas empresas se asocian totalmente a la extracción y venta de oro.

Así, durante el periodo 1994-2010, los costos totales en soles constantes del 1994 y las cantidades producidas (en Oz) de ambas empresas fueron ponderadas por la contribución de cada empresa en relación al total de ambas para obtener una función de costo total del oro sectorial. Asimismo, es importante mencionar que para el año 2011, solo fue posible tener información de Barrick Misquichilca dado que fue la única que cotizó en Bolsa de Valores para el caso del oro.

Los resultados indican que en general todos los modelos tienen parámetros significativos incluso al 1%. Asimismo, en todos los modelos no se rechaza la hipótesis nula de no existencia de autocorrelación y heteroscedasticidad según los test del multiplicador lagrangiano (LM) y Breusch-Pagan-Godfrey (BPG) respectivamente (Cuadro 8).

**Cuadro 8: Comparación de modelos para la función de costos del oro sectorial**

1994-2011	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
B	7.37* (0.01)	4.15* (0.00)	4.78* (0.00)	4.96* (0.00)	4.86* (0.00)
$\beta_q$	0.67* (0.00)	0.82* (0.00)	0.79* (0.00)	0.77* (0.00)	0.76* (0.00)
$\beta_1$	0.33* (0.00)	0.23* (0.00)	0.37* (0.00)	0.58* (0.00)	0.49* (0.00)
$\beta_2$	1.27* (0.00)	0.77* (0.00)	-	-	-
$\beta_3$	-0.60* (0.00)	-	-	-	-
$\beta_4$	-	-	0.63* (0.00)	-	-
$\beta_5$	-	-	-	0.42* (0.00)	-
$\beta_6$	-	-	-	-	0.51* (0.00)
$\bar{R}^2$	0.95	0.92	0.90	0.90	0.67
Prob. F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prob. Test BPG	0.59	0.19	0.43	0.43	0.39
Prob. Test LM	0.30	0.35	0.12	0.23	0.30
Akaike	0.89	0.75	0.45	0.28	0.33
Schwarz	0.85	0.61	0.47	0.15	0.39

Fuente: Elaboración propia

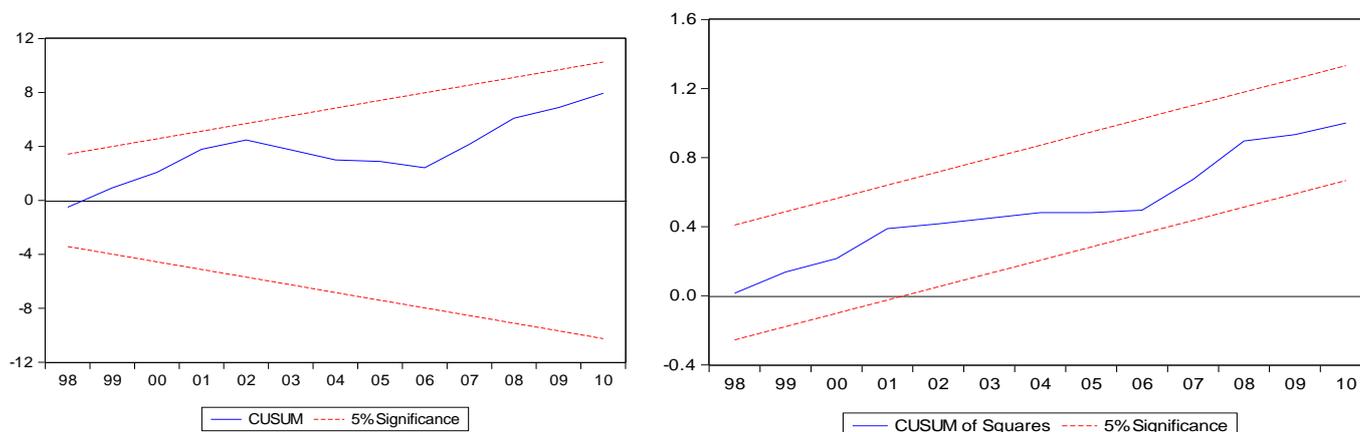
Nota: Los valores en paréntesis representan los p-value

(\*) Significativa al 1%; (\*\*) Significativa al 5%; (\*\*\*) Significativa al 10%

Sin embargo, el modelo 1 queda descartado por tener un signo negativo en el parámetro  $\beta_3$ . En comparación con el resto de modelos, el penúltimo presenta los criterios Akaike y Schwarz más bajos (0.28 y 0.15, respectivamente) y por tanto el modelo 4 es el que mejor representa la función de costo total de corto plazo para el oro.

Finalmente, de acuerdo al modelo escogido, los contrastes CUSUM y CUSUM de cuadrados rechazan la hipótesis de cambio en los parámetros, por lo tanto estos son estadísticamente estables (Grafico 2).

**Grafico 2: Contrastes CUSUM y CUSUM de cuadrados para el mejor modelo de la función de costo total de extracción de oro**



## Cobre

En este caso se utilizó información de una de las empresas representativas en la producción comercial de este mineral (TMF): Sociedad Minera Cerro Verde, la cual inicio actividades en Junio de 1993. A pesar de tener información de la empresa Southern Peru Cooper Corporation, esta no fue tomada en cuenta para el análisis puesto que dicha empresa utiliza concentrados y finos en la venta comercial, lo cual distorsionaría el resultado del costo total de extracción a obtener.

Si bien existe información de los costos totales durante 1994-2010, se eliminó el primer año puesto que las utilidades brutas antes de impuestos registraron pérdidas inusuales con respecto a todo el periodo y por tanto, se utilizaron los registros del periodo 1995-2010. Asimismo, no se consideró el año 2011 puesto que la Sociedad Minero Cerro Verde no cotizó en Bolsa de Valores en tal año.

Para el caso del cobre, al igual que el caso anterior, en todos los estimados no se rechaza la hipótesis nula de no existencia de heteroscedasticidad y autocorrelación según los test BPG y LM respectivamente. Sin embargo, los modelos 1, 4 y 5 quedan descartados por que los parámetros  $\beta_2$ ,  $\beta_5$  y  $\beta_6$  tienen signo negativo (Cuadro 9).

Asimismo, el modelo 2 tiene a  $\beta_2$  un parámetro altamente no significativo y por tanto también queda descartado del análisis. Por tanto, el mejor modelo que representa la función de costo total para el cobre es el modelo 3.

**Cuadro 9: Comparación de modelos para la función de costo total del cobre**

1995-2010	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
B	0.93 (0.69)	5.50* (0.00)	4.17** (0.05)	1.26 (0.56)	2.36 (0.29)
$\beta_q$	1.29* (0.00)	0.82* (0.00)	0.95* (0.00)	1.23* (0.00)	1.13* (0.00)
$\beta_1$	0.97* (0.00)	0.54* (0.00)	0.83* (0.01)	1.20* (0.00)	1.11* (0.00)
$\beta_2$	-0.81* (0.00)	0.46 (0.16)	-	-	-
$\beta_3$	0.84** (0.02)	-	-	-	-
$\beta_4$	-	-	0.17* (0.00)	-	-
$\beta_5$	-	-	-	-0.20* (0.00)	-
$\beta_6$	-	-	-	-	-0.11* (0.00)
$\bar{R}^2$	0.83	0.77	0.75	0.76	0.74
Prob. F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prob. Test	0.61	0.40	0.81	0.92	0.88
BPG					
Prob. Test LM	0.60	0.30	0.16	0.14	0.09
Akaike	0.11	0.12	0.23	0.19	0.24
Schwarz	0.08	0.26	0.38	0.33	0.38

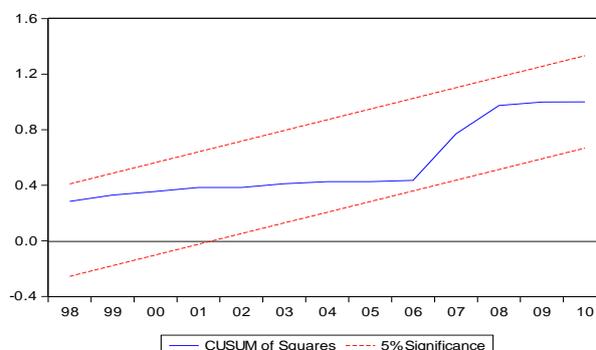
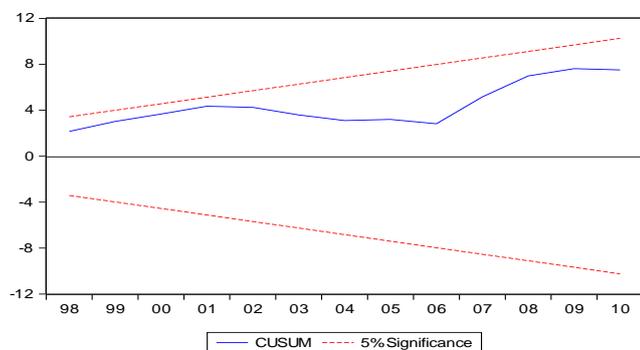
Fuente: Elaboración propia

Nota: Los valores en paréntesis representan los p-value

(\*) Significativa al 1%; (\*\*) Significativa al 5%; (\*\*\*) Significativas al 10%

Finalmente, de acuerdo al modelo escogido para el cobre, los contrastes CUSUM y CUSUM de cuadrados rechazan la hipótesis de cambio en los parámetros, por lo tanto estos son estadísticamente estables (Grafico 3).

**Grafico 3: Contrastes CUSUM y CUSUM de cuadrados para el mejor modelo de la función de costo total de extracción de cobre**



## Estaño

Minsur S.A es la única empresa productora de estaño en el Perú, la cual inicio sus operaciones desde 1977. En este caso es importante mencionar que se utilizó la información de la producción en toneladas métricas finas (TMF) pues la empresa realiza tratamientos de concentrados de estaño por fundición para obtener dicho mineral refinado como producto comercial.

A pesar de la antigüedad de la firma, solo fue posible utilizar la información desde 1994-2011. Los resultados de la función de costo total para el estaño se muestran en el Cuadro 10.

Los resultados indican que en general todos los modelos tienen parámetros significativos incluso al 1% y 5%. Sin embargo, el modelo 1 queda descartado por tener signo negativo en el parámetro  $\beta_3$ . En comparación con el resto de modelos, el último presenta el criterio Schwarz más bajo (0.10) y por tanto el modelo 5 es el que mejor representa la función de costos para el estaño. Se opta por utilizar solo el criterio Schwarz debido a que se conoce que es el criterio que mejor evalúa la elección del mejor modelo.

**Cuadro 10: Comparación de modelos para la función de costos del estaño**

1994-2011	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
B	12.53* (0.00)	9.77* (0.00)	8.86* (0.00)	9.98* (0.01)	9.71* (0.00)
$\beta_q$	0.15 (0.39)	0.43* (0.00)	0.52** (0.03)	0.42 (0.14)	0.44*** (0.09)
$\beta_1$	0.54* (0.00)	0.37* (0.00)	0.49* (0.00)	0.66* (0.00)	0.59* (0.00)
$\beta_2$	0.91* (0.00)	0.63* (0.00)	-	-	-
$\beta_3$	-0.45*** (0.07)	-	-	-	-
$\beta_4$	-	-	0.51* (0.00)	-	-
$\beta_5$	-	-	-	0.34* (0.00)	-
$\beta_6$	-	-	-	-	0.41* (0.00)
$\bar{R}^2$	0.79	0.71	0.63	0.54	0.58
Prob. F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prob. Test BPG	0.84	0.66	0.40	0.64	0.47
Prob. Test LM	0.49	0.25	0.22	0.54	0.38
Akaike	0.65	0.47	0.27	0.04	0.02
Schwarz	0.45	0.32	0.12	0.11	0.10

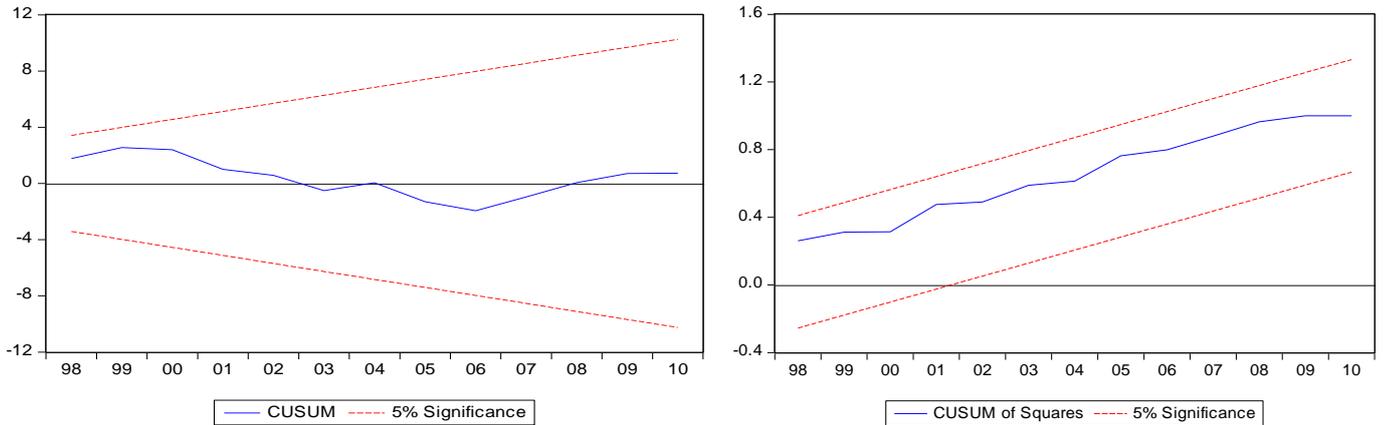
Fuente: Elaboración propia

Nota: Los valores en paréntesis representan los p-value

(\*) Significativa al 1%; (\*\*) Significativa al 5%; (\*\*\*) Significativas al 10%

Finalmente, de acuerdo al modelo escogido para el estaño, los contrastes CUSUM y CUSUM de cuadrados rechazan la hipótesis de cambio en los parámetros, por lo tanto estos son estadísticamente estables (Grafico 4).

**Grafico 4: Contrastes CUSUM y CUSUM de cuadrados para el mejor modelo de la función de costo total de extracción de estaño**



### *Hierro*

Shougang Hierro Perú S.A.A, es una empresa privada dedicada exclusivamente a la extracción y proceso del hierro y la más importante a nivel nacional, la cual inicia sus actividades en el Perú desde 1993 como resultado del proceso de privatización. En este caso, es importante mencionar que se utilizó la información de la producción en toneladas largas secas (TLS).

Los resultados indican que en general todos los modelos tienen parámetros significativos incluso al 1% y 5%. En comparación con el resto de modelos, el modelo 4 presenta el criterio Akaike y Schwarz más bajo (0.43 y 0.28) y por tanto este modelo es el que mejor representa la función de costos para el hierro (Cuadro 11).

**Cuadro 11: Comparación de modelos para la función de costos del hierro**

1993-2011	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
B	8.83* (0.00)	8.66* (0.00)	8.87* (0.00)	6.18** (0.03)	7.85* (0.00)
$\beta_q$	0.39** (0.04)	0.40** (0.02)	0.39** (0.05)	0.57* (0.00)	0.46* (0.01)
$\beta_1$	-	-	-	0.11* (0.00)	-
$\beta_3$	-	-	-	-	0.08* (0.00)
$\beta_4$	0.89* (0.00)	0.83* (0.00)	0.91* (0.00)	0.89* (0.00)	0.92* (0.00)
$\beta_5$	-	0.17* (0.00)	-	-	-
$\beta_6$	-	-	0.09* (0.00)	-	-
	0.11* (0.00)	-	-	-	-
$\bar{R}^2$	0.30	0.33	0.29	0.33	0.32
Prob. F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prob. Test BPG	0.34	0.44	0.60	0.38	0.67
Prob. Test LM	0.46	0.32	0.66	0.12	0.09
Akaike	0.64	0.68	0.62	0.43	0.44
Schwarz	0.49	0.54	0.47	0.28	0.28

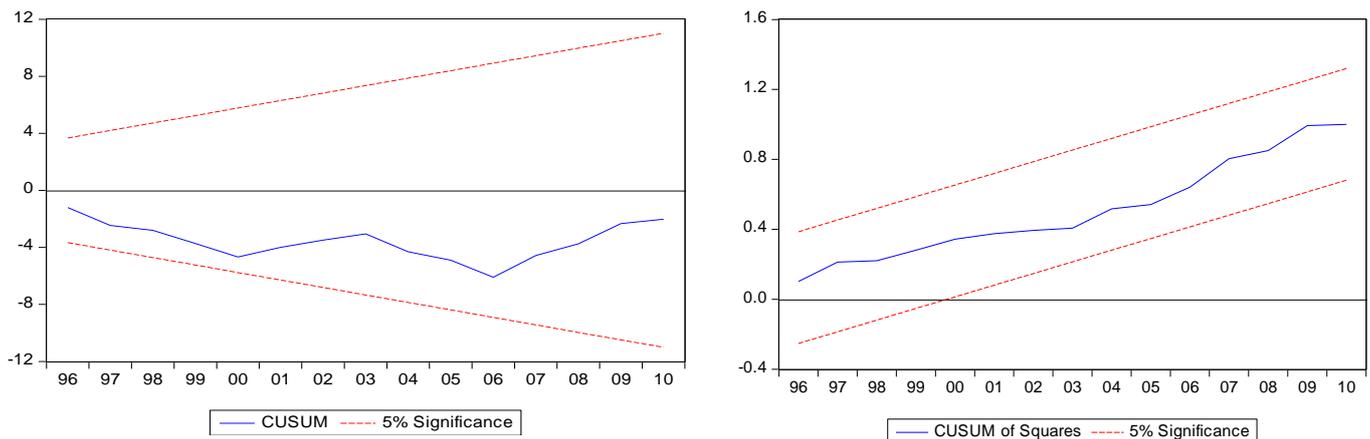
Fuente: Elaboración propia

Nota: Los valores en paréntesis representan los p-value

(\*) Significativa al 1%; (\*\*) Significativa al 5%; (\*\*\*) Significativas al 10%

Finalmente, de acuerdo al modelo escogido para el hierro, los contrastes CUSUM y CUSUM de cuadrados rechazan la hipótesis de cambio en los parámetros, por lo tanto estos son estadísticamente estables (Grafico 5).

**Grafico 5: Contrastes CUSUM y CUSUM de cuadrados para el mejor modelo de la función de costo total de extracción de estaño**



## *Plomo y Zinc*

En base a las tres empresas productoras de zinc y plomo (de manera conjunta) señaladas en el Cuadro 6, se obtuvo información del ingreso total (IT), costo total (CT) en soles y la producción de ambos minerales en toneladas métricas secas (TMS) durante el periodo 1992-2011. Para las variables IT, CT fue necesario deflactarlas usando el índice de precios del PBI minero (1994=100) obtenido de las cuentas nacionales de INEI (2013b).

Se procedió a estimar un modelo de datos panel de tipo efectos fijos ya que se parte del supuesto de que existen diferencias en los costos de cada empresa minera multiproductora. Asimismo, se asume que existe correlación entre las variables regresoras estimadas y la heterogeneidad inobservable que identifica a cada unidad transversal (empresas mineras).

Para la estimación de efectos fijos se utilizara el estimador de Mínimos Cuadrados con Variables Dummy (MCVD), la cual, se tendrá una dummy  $d_2$  y  $d_3$  que identifican a las empresas mineras Volcan y Milpo, y cuyos coeficientes serán representados por  $\theta$  y  $\gamma$ , respectivamente. Lógicamente, el coeficiente  $\beta$  capturarán a la empresa Buenaventura. Los resultados se muestran en el Cuadro 12.

Conforme a los resultados, gran parte de los parámetros de los modelos son significativos incluso al 1% y 5%. Noten que se descartan los modelos 4, 5 y 6 pues el signo del coeficiente asociado al precio es negativo. Asimismo, el modelo 1 presenta el criterio Akaike y Schwarz más bajo (58.02 y 70.59) en comparación al resto de modelo y por tanto este modelo es el que mejor representa la función de costo total para el plomo y zinc.

**Cuadro 12: Comparación de modelos panel de efectos fijos para la función de costos de plomo y zinc**

1992-2011	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
B	9.15* (0.00)	11.49* (0.00)	11.71* (0.00)	12.12* (0.00)	12.00* (0.00)	12.00* (0.00)
$\Theta$	-1.35* (0.00)	-1.72* (0.00)	-1.81* (0.00)	-2.00* (0.00)	-1.87* (0.00)	-1.43* (0.00)
$\gamma$	-1.31* (0.00)	-1.57* (0.00)	-1.63* (0.00)	-1.77* (0.00)	-1.67* (0.00)	-1.37* (0.00)
$\beta_{\text{plomo}}$	0.16*** (0.08)	0.09 (0.28)	0.08 (0.35)	0.05 (0.53)	0.07 (0.35)	0.15*** (0.07)
$\beta_{\text{zinc}}$	0.38*** (0.06)	0.57* (0.00)	0.62* (0.00)	0.71* (0.00)	0.65* (0.00)	0.43* (0.00)
$\beta_1$	-	-	-	-	-0.05 (0.71)	-
$\beta_2$	-	-	-	-0.16 (0.60)	-	-
$\beta_3$	-	-	-	-	-	-0.63* (0.00)
$\beta_4$	0.84*** (0.09)	-	-	-	-	-
$\beta_5$	-	-	0.05 (0.72)	-	-	-
$\beta_6$	-	0.16 (0.50)	-	-	-	-
$\bar{R}^2$	0.74	0.74	0.74	0.73	0.73	0.76
Prob. F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Akaike	58.02	60.58	60.93	60.76	60.91	71.30
Schwarz	70.59	73.14	73.49	73.34	76.48	89.30

Fuente: Elaboración propia

Nota: Los valores en paréntesis representan los p-value.

(\*) Significativa al 1%; (\*\*) Significativa al 5%; (\*\*\*) Significativas al 10%

Es importante mencionar que no se incorporó en cada modelo más de un precio pues los coeficientes de estas variables no tenían el signo adecuado. Asimismo, no se incluyó una variable que represente el cambio tecnológico ya que previamente ésta demostró ser no significativa.

Si bien por el criterio Akaike y Schwarz es mejor el modelo 1, ya que tiene los valores más bajos (58.02 y 70.59, respectivamente) en comparación al resto de estimaciones, es necesario, utilizar el test de Wald para evaluar si grupalmente los coeficientes  $\theta$  y  $\gamma$  son estadísticamente significativos o no. Si lo fueran, se corrobora que la mejor estimación es la de de efectos fijos, caso contrario la estimación que debería estimarse será pooled. Los resultados se muestran en el Cuadro 13.

**Cuadro 13: Test de Wald en el modelo 4 escogido**

Test Statistic	Value	Probability
F-statistic	12.58	0.00
Chi-square	30.69	0.00

Fuente: Elaboración propia

Los resultados indican que los coeficientes  $\theta$  y  $\gamma$  son estadísticamente significativos ya que la probabilidad del estadístico F o Chi2 son menores a 0.05. Por lo tanto, se corrobora que la función de costo total del plomo y zinc es representada a través de una estimación panel de efectos fijos. La denominación “efectos fijos” parte del supuesto que existe diferencias en los costos totales operativos de las empresas Buenaventura, Volcan y Milpo.

Asimismo, en términos econométricos, hace referencia que existe heterogeneidad no observada que esta correlacionada con las variables regresoras. Esta heterogeneidad no observada, hace que se tenga entonces una expresión para cada empresa y en la cual solo cambiara el intercepto. Las ecuaciones son las siguientes:

Empresa Volcan

$$\ln CT_{it} = 7.8 + 0.16 \ln q_{plomo_{it}} + 0.38 \ln q_{zinc_{it}} + 0.84 \ln \omega_{5it} + \varepsilon_{it} \quad (44)$$

Empresa Milpo

$$\ln CT_{it} = 7.84 + 0.16 \ln q_{plomo_{it}} + 0.38 \ln q_{zinc_{it}} + 0.84 \ln \omega_{5it} + \varepsilon_{it} \quad (45)$$

Dadas las expresiones (44) y (45), se obtiene el costo marginal de extracción por empresa y metal.

El precio de los minerales se construyó dividiendo los ingresos operativos en S/. 1994 de cada empresa que produce dicho mineral sobre su producción. Con esta información se estiman los precios cuenta.

### *Plata*

No fue posible obtener información que permita construir una función de costo total de extracción de la plata. Durante el periodo de estudio, un gran porcentaje de la extracción de plata recayó sobre las principales empresas mineras que extrajeron oro. Por ello, y ante la ausencia de mayor información, el precio cuenta de la plata fue inferido como fracción del precio cuenta del oro.

### *Cambio tecnológico*

Posteriormente escogido los mejores modelos para cada mineral, en el Cuadro 14 se realiza un análisis comparativo incluyendo a las estimaciones escogidas una tendencia  $\delta$  como un indicador de cambio técnico. Teóricamente, el signo esperado debe ser negativo, es decir, se espera que el avance tecnológico disminuya los costos totales para un nivel de producción y precios dados.

**Cuadro 14: Comparación de mejores modelos con y sin tendencia para los minerales analizados**

Mineral	Oro Sectorial Modelo 4		Cobre Modelo 3		Estaño Modelo 5		Hierro Modelo 4	
	Con Tend.	Sin Tend.	Con Tend.	Sin Tend.	Con Tend.	Sin Tend.	Con Tend.	Sin Tend.
$\beta$	5.75* (0.00)	4.96* (0.00)	-1.07 (0.49)	4.17** (0.05)	10.45* (0.00)	9.71* (0.00)	6.12*** (0.09)	6.18** (0.03)
$\beta_q$	0.69* (0.00)	0.77* (0.00)	1.51* (0.00)	0.95* (0.00)	0.36 (0.23)	0.44*** (0.09)	0.57*** (0.02)	0.57* (0.00)
$\beta_1$	0.84 (0.00)	0.58* (0.00)	0.65* (0.00)	0.83* (0.01)	0.71* (0.00)	0.59* (0.00)	0.11* (0.00)	0.11* (0.00)
$\beta_3$	-	-	-	-	-	-	0.89* (0.00)	-
$\beta_4$	-	-	-	0.17* (0.00)	-	-	-	0.89* (0.00)
$\beta_5$	-	-	-	-	-	-	-	-
$\beta_6$	0.16* (0.00)	0.42* (0.00)	-	-	0.29* (0.00)	-	-	-
$\delta$	0.02 (0.41)	-	-0.11* (0.0)	-	-0.02 (0.60)	0.41* (0.00)	-0.001 (0.98)	-
$\bar{R}^2$	0.88	0.90	0.90	0.00	0.58	0.58	0.33	0.33
Prob. F	0.00	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00
Prob. BPG	0.66	0.43	0.07	0.16	0.62	0.47	0.37	0.38
Prob. LM	0.08	0.23	0.12	0.23	0.44	0.38	0.21	0.12
Akaike	0.36	0.28	0.69	0.38	0.03	0.02	0.44	0.43
Schwarz	0.24	0.15	0.49	0.41	0.17	0.10	0.33	0.28

Fuente: Elaboración propia

Nota: Los valores en paréntesis representan los p-value

(\*) Significativa al 1%; (\*\*) Significativa al 5%; (\*\*\*) Significativas al 10%

Los resultados indican que la tasa de cambio  $\delta$  incorporada en los modelos anteriores, no es estadísticamente significativo para los tres tipos de minerales. Asimismo, para el caso del oro y el estaño no son estadísticamente significativos y por tanto no debe incluirse en los modelos de dichos minerales.

Para el caso del cobre, comparando el modelo con tendencia con el modelo escogido previamente (sin tendencia), este último tiene los criterios Akaike y Schwarz más bajos y por tanto se concluye que no debe incluirse en la función de costo total.

La no significancia de  $\delta$  en ningún caso puede estar indicando que efectivamente no ha existido, en el periodo considerado, un cambio tecnológico importante para el oro, cobre, estaño y hierro. Sin embargo, también la causa puede provenir por la forma de estimar los precios de la energía y combustible y las remuneraciones.

En efecto, en las estimaciones utilizadas, lo que se estima, es en estricto rigor, el costo medio de las remuneraciones, de la energía y combustible, que depende tanto del precios de los insumos propiamente tal, como de los coeficientes insumo-producto, estos últimos deben capturar en alguna medida el avance tecnológico, así cualquier disminución de estos se puede interpretar como aumentos en la eficiencia en su uso o cambio técnico.

Con respecto a las estimaciones realizadas anteriormente, es importante mencionar que también se realizó estimaciones alternativas para cada mineral tales como funciones lineales, cuadráticas o cúbicas. Asimismo, se probó incorporar una tendencia como medida de cambio técnico.

Los resultados muestran que no es correcto estimar una función lineal, cuadrática y cúbica ya que los parámetros son altamente no significativos y muchos de ellos incluso no cumplen con los signos esperados según la teoría económica. Así también, al incluir una tendencia en todas las especificaciones, se demuestra que dicho parámetro no es significativo y por ende se excluye del modelo.

### 6.3 Capital Natural Pesca

Antes de realizar las estimaciones pertinentes se realizaron los test de normalidad para cada una de las variables. Esto es importante en la medida que se desea realizar inferencia estadística sobre los parámetros estimados. Los resultados indican que todas las variables se distribuyen de manera normal, son aproximadamente simétricas y de forma mesocúrtica (Anexo A3-1).

Asimismo, se realizó la matriz de correlación entre las variables explicativas (Cuadro 15 y Cuadro 16). En este caso, las variables explicativas tienen un grado de correlación superior a 0.5 para el caso de los precios de los factores y menor a 0.5 para el caso del desembarque y los precios de los factores. Por tanto, ante posibles combinaciones de los precios con y/o sin producto pueden generar distorsiones en los signos debido a problemas de multicolinealidad (Anexo 2).

**Cuadro 15: Matrices de correlación entre las variables regresoras**

	LOG(E)	LOG(B)
LOG(E)	1.00	0.37
LOG(B)	0.37	1.00

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 16: Matrices de correlación entre las variables regresoras**

	LOG(q)	LOG( $\omega_1$ )	LOG( $\omega_2$ )
LOG(q)	1.00	0.08	-0.39
LOG( $\omega_1$ )	0.08	1.00	-0.76
LOG( $\omega_2$ )	-0.39	-0.76	1.00

Fuente: Elaboración propia

Para estimar la función de costo total de extracción de anchoveta se utilizó la información del periodo 1970-2011 usando una función de tipo Cobb-Douglas. Los resultados son mostrados en el Cuadro 17.

### Cuadro 17: Estimación de la función de producción de la extracción de anchoveta

Dependent Variable: LOG(Q)  
 Method: Least Squares  
 Sample: 1970 2011  
 Included observations: 40  
 White heteroskedasticity-consistent standard errors & covariance

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-10.96667	3.972964	-2.760325	0.0089
LOG(E)	0.656580	0.309689	2.120127	0.0408
LOG(B)	1.394011	0.213103	6.541488	0.0000

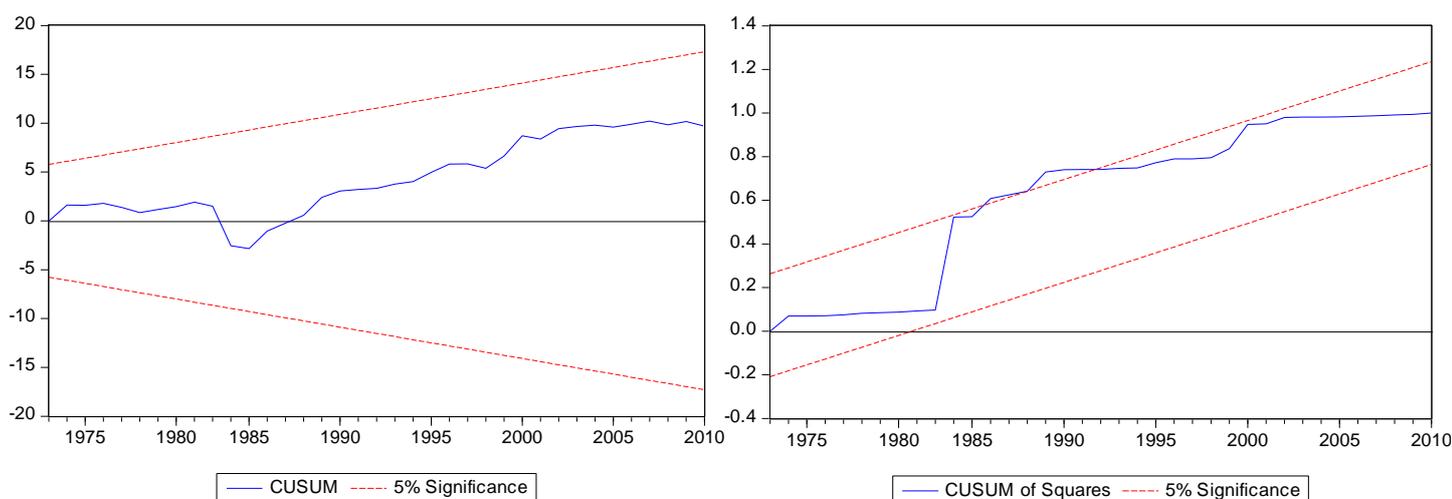
  

R-squared	0.741300	Mean dependent var	14.94059
Adjusted R-squared	0.727316	S.D. dependent var	1.236119
S.E. of regression	0.645490	Akaike info criterion	2.034425
Sum squared resid	15.41633	Schwarz criterion	2.161091
Log likelihood	-37.68850	Hannan-Quinn criter.	2.080224
F-statistic	53.01144	Prob(F-statistic)	0.000000

El resultado demuestra que todas las variables son significativas al 5 % (probabilidades en paréntesis). Asimismo, se tiene una buena bondad de ajuste del modelo ( $R^2 > 0.70$ ) y carece de problemas de autocorrelación y heteroscedasticidad. Esto permite inferir que las variaciones que tenga el desembarque o extracción (q) son explicadas por el número de embarcaciones (E) y la biomasa (B).

Asimismo, los contrastes CUSUM y CUSUM de cuadrados rechazan la hipótesis de cambio en los parámetros, por lo tanto la estimación de la función de producción es estadísticamente estable (Gráfico 6).

**Gráfico 6: Contrastes CUSUM y CUSUM cuadrado de la función de producción de anchoveta**



### *Función de costo total de extracción*

El siguiente paso es estimar la función de costo total de la pesca mediante una función de tipo translog. Se estiman 5 modelos adicionales al modelo original (expresión (37) o Modelo 1). El modelo 2 impone la restricción de homoteticidad (expresión (34)) y el modelo 3 la de homogeneidad (expresión (35)). Los modelos 4, 5, 6 corresponden a los modelos 1, 2 y 3, respectivamente, pero con elasticidad de sustitución unitaria (expresión (37)).

Se utilizó información del periodo 1970-2011. No se consideraron las observaciones de los años 1983 y 1984 en los cuales la cantidad de desembarque fue sustancialmente menor al promedio del conjunto de observaciones. Esto pudo distorsionar significativamente los resultados. Los resultados (Cuadro 18) indican que los coeficientes de sustitución ( $\beta_{ij}$ ) del modelo 1 (translog) no resultan ni económica ni estadísticamente significativos. Esto sugiere que la hipótesis de elasticidad de sustitución unitaria pareciera ser consistente con los datos.

Por otro lado, el coeficiente de participación del precio del petróleo ( $\beta_1$ ) es negativo para los modelos 1, 2 y 3; lo mismo ocurre con el coeficiente de participación del precio de salarios reales ( $\beta_2$ ) en el modelo 4. En ambos casos, los resultados son inconsistentes. Asimismo, el signo del coeficiente de la variable “q” en términos lineales no es consistente para los modelos 1, 2, 3, 4 y 5, lo cual ocasionaría que los costos marginales de extracción fuesen negativos.

**Cuadro 18: Estimación de la función de costos Translog y modelos adicionales**

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
B	23.78***	23.45***	12.41***	25.03***	24.40***	11.69***
$\beta_q$	-1.43**	-1.45**	0.22***	-1.61**	-1.63**	0.27***
$\beta_{qq}$	0.06**	0.06**		0.06**	0.07**	
$\beta_1$	-2.01	-2.83**	-3.03*	2.02	0.80***	0.84***
$\beta_2$	3.01	3.83***	4.03**	-1.02	0.20***	0.16***
$\beta_{11}$	0.27**	0.27**	0.33***			
$\beta_{22}$	-0.45**	-0.47**	-0.48**			
$\beta_{12}$	0.18	0.20	0.15			
$\beta_{q1}$	-0.04			-0.08		
$\beta_{q2}$	0.04			0.08		
Akaike	8.63	7.19	19.70	19.73	19.17	30.41
Schwarz	20.62	17.48	28.27	28.30	26.03	35.56
Restricciones	-	(5)	(6)	(7)	(5) y (6)	(6) y (7)

Fuente: Elaboración propia

(\*) Significativa al 5%; (\*\*) Significativa al 1%; (\*\*\*) Significativa al 0.1%

Por lo tanto, el modelo que podría explicar razonablemente una función de costo total de la pesca de anchoveta peruana es el modelo 6, restringido a ser homogéneos y con elasticidad de sustitución unitaria. Este modelo tiene el signo esperado para todos los coeficientes, los cuales son incluso significativos incluso al 0.1%.

Una vez elegido el modelo 6, se pretende evaluar cómo cambian las estimaciones frente a dos escenarios: (i) sin variable dummy que incorpore la presencia del Fenómeno del Niño (ENSO) [Modelo 6 SN] y (ii) con variable dummy D1 que capture la presencia del Fenómeno del Niño (ENSO) [Modelo 6 CN] en los siguientes años (según periodo de análisis): 1973, 1975, 1976, 1982, 1983, 1986, 1989, 1992, 1997, 1998, 2003, 2004, 2006, 2008 y 2009.

Los resultados se presentan en el Cuadro 19, en donde se concluye que no hay un efecto relevante al incluir la variable dummy que captura la presencia del fenómeno del Niño, puesto que esta variable no es significativa ni al 15%. Por otro lado, evaluando los criterios Akaike y Schwarz, se concluye que la mejor estimación es aquella que no incorpora dicha variable dicotómica ya que tiene los valores más bajos de Akaike y Schwarz (0.74 y 0.86 respectivamente). Finalmente, la estimación econométrica se muestra en el Cuadro 20.

**Cuadro 19: Mejor modelo con y sin variable Fenomeno del Niño (FN)**

	<b>Modelo 6 sin FN</b>	<b>Modelo 6 con FN</b>
B	11.69***	11.68***
$\beta_q$	0.27***	0.27***
$\beta_{qq}$		
$\beta_1$	0.84***	0.84***
$\beta_2$	0.16***	0.16***
$\Theta$		0.02
R	0.65	0.64
$R^2$	0.63	0.62
Akaike	0.74	0.78
Schwarz	0.86	0.95

Fuente: Elaboración propia

(\*) Significativa al 5%; (\*\*) Significativa al 1%; (\*\*\*) Significativa al 0.1%

## Cuadro 20: Estimación de la función de costo total de la extracción pesquera

Dependent Variable: LOG(CT)

Method: Least Squares

Sample: 1970 2011

Included observations: 41

LOG(CT)= C(1)+C(2)\*LOG(Q)+C(3)\*LOG(PETROLEO)  
+(1-C(3))\*LOG(SALARIO)

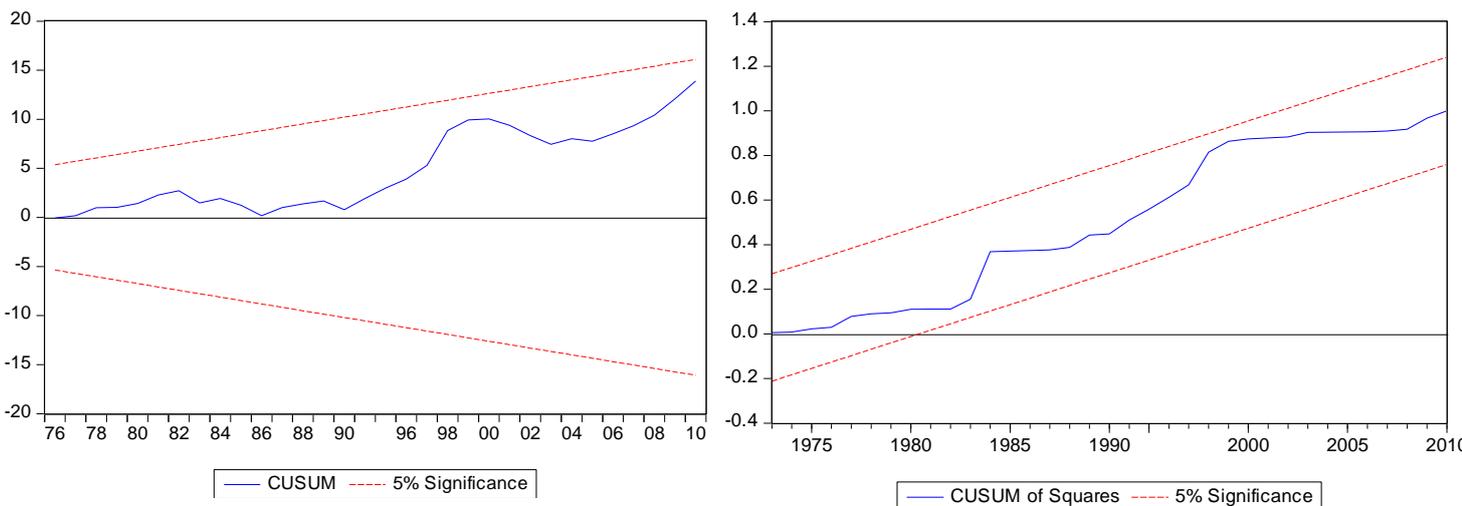
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	11.69213	1.161240	10.06866	0.0000
C(2)	0.269763	0.074975	3.598055	0.0009
C(3)	0.841141	0.048043	17.50818	0.0000
R-squared	0.645856	Mean dependent var	20.01361	
Adjusted R-squared	0.627217	S.D. dependent var	0.554427	
S.E. of regression	0.338511	Akaike info criterion	0.741834	
Sum squared resid	4.354402	Schwarz criterion	0.867217	
Log likelihood	-12.20759	Hannan-Quinn criter.	0.787492	
F-statistic	34.65048	Durbin-Watson stat	1.171100	
Prob(F-statistic)	0.000000			

De esta forma, la función de costo total buscada será:

$$\ln CT = 11.69 + 0.27 \ln q + 0.84 \ln \omega_1 + 0.16 \ln \omega_2$$

De acuerdo al modelo escogido, los contrastes CUSUM y CUSUM de cuadrados rechazan la hipótesis de cambio en los parámetros, por lo tanto estos son estadísticamente estables (Grafico 7).

**Grafico 7: Contrastes CUSUM y CUSUM de cuadrados de la función de costo total de extracción de anchoveta**



## 6.4 Análisis de resultados

De los resultados (Cuadro 21) se desprende que la mayor fuente de riqueza recayó largamente en el capital humano (60%) mientras que el segundo lugar recayó en el capital artificial (27%). Estos capitales constituyen la base para sostener todas las actividades económicas.

El capital natural más significativo ha sido el capital minero aunque con apenas 9% de la riqueza total. Si bien el suelo agropecuario constituye un capital importante, su aporte a la riqueza ha sido poco significativo. Dadas las amplias diferencias entre los diferentes tipos de riqueza, cálculos más finos para los diferentes tipos de capital natural no debería cambiar significativamente los resultados.<sup>26</sup>

**Cuadro 21: Riqueza peruana según tipo de capital  
(millones de nuevos soles 1994)**

Año	Artificial	Activos Externos Netos	Humano	Suelo Agropecuario	Minero	Hidrocarburos	Pesca	Riqueza Total
1994	302713	13135	451028	8801	89187	14197	1575	880636
1995	315322	13883	428625	8912	104394	13320	819	885274
1996	328900	18646	467378	9019	104914	12388	910	942155
1997	343239	16357	490435	9128	117886	11787	1119	989950
1998	358449	15957	640240	9239	150290	12983	441	1187599
1999	371234	18384	741066	9351	158072	11325	655	1310087
2000	382573	17340	698150	9464	144535	11815	572	1264451
2001	391924	18601	791069	9579	179043	14559	1306	1406082
2002	399426	21925	895538	9696	173370	13640	867	1514462
2003	408068	22062	932774	9814	175690	12866	907	1562179
2004	417276	24174	960011	9934	147361	13885	1318	1573958
2005	427486	27285	1209799	10055	118916	14046	1483	1809070
2006	442755	29942	1268295	10178	141548	15205	935	1908857
2007	465340	41212	1333475	10303	192951	16342	963	2060587
2008	476640	49914	1373616	10430	158221	19420	1272	2089513
2009	510958	47555	1399896	10558	148603	19353	951	2137874
2010	553495	59516	1367346	10688	171516	21196	947	2184704
2011	598991	59927	1387101	10820	176519	21103	1225	2255685
2012	598992	77029	1408351	10953	129843	23092	1084	2249344
TC (%)	98	486	212	24	46	63	-31	155
% de Riqueza	27	2	60	1	9	1	0	100

\* Período 1994-2011

\*\* El valor promedio de un capital es dividido entre el valor promedio de la riqueza total

Elaboración propia

<sup>26</sup> Nótese que el capital suelo agropecuario concentra apenas ha concentrado un 1% de la riqueza total, de manera que la eventual sobrestimación en su cálculo es irrelevante.

La riqueza total aumentó durante el periodo en análisis (155%), es decir la economía peruana ha estado acumulando capital (en términos monetarios) de manera que su base productiva se ha incrementado sustancialmente. En otras palabras, la inversión genuina es positiva. Esto sugiere -a priori- que la economía peruana ha estado en la senda del desarrollo sostenible.

Más aun, los resultados van en línea con los obtenidos por World Bank (2006; 2011) y Hamilton y Atkinson (2006) en donde la riqueza en diversos bloques de países (años 2000 y 2005) se concentró en el capital intangible (equivalente al capital humano y capital institucional), argumentándose que el desarrollo económico mundial estuvo basado en una rápida acumulación (monetaria) del capital artificial e intangible a costa de un excesivo agotamiento del capital natural.

Esto no fue el caso peruano, en donde hubo acumulación en la riqueza de todos los capitales que conforman la base productiva, no obstante, la contribución de la riqueza natural con respecto a la riqueza total se ha reducido (Cuadro 22). La riqueza humana (capital artificial, capital humano y activos externos netos) es la que más ha aumentado en términos absolutos y relativos, mientras que la riqueza artificial se ha estado rezagada en términos relativos. Nótese que se redujo la participación de la riqueza natural.

**Cuadro 22: Contribución (%) en la riqueza según capital 1994 y 2012**

Año	Artificial	Activos Externos Netos	Humano	Suelo Agropecuario	Minero	Hidrocarburos	Pesca
1994	34	1	51	1	10	2	0
2012	27	3	63	0	6	1	0

Elaboración propia

La riqueza per-cápita también aumentó sustancialmente durante el periodo 1994-2012 (132%), incluso a una tasa superior al crecimiento del PIB per-cápita (80%) (Cuadro 23).

**Cuadro 23: Tasas de crecimiento (%) de la riqueza per-cápita, ajustado por TFP durante el periodo 1994-2012**

Tasa de crecimiento de la riqueza	Tasa de crecimiento de la población*	Tasa de crecimiento de la riqueza per-cápita	Tasa de crecimiento del TFP	Tasa de crecimiento de la riqueza per-cápita incorporando TFP	Tasa de crecimiento del PBI per-cápita
(1)	(2)	(3)=(1)-(2)	(4)	(5)=(3)+(4)	(6)
155	28	127	47	174	80

Esta tasa fue calculada a partir de la población estimada en los años 1993 y 2008. Se obtuvo una tasa implícita de crecimiento para este periodo, la cual fue posteriormente utilizada para proyectar la población en el periodo de estudio.

Elaboración propia

Incorporando además el TFP (cambio tecnológico, capital institucional, etc.), los resultados siguen siendo positivos y alentadores. Además, altas tasas de crecimiento del ingreso requieren al mismo tiempo niveles de acumulación significativa de la riqueza. Esto ha ocurrido en la economía peruana. Esto sugiere -a priori- que la economía peruana mantiene intactas las capacidades para poder generar bienestar humano en el futuro.

Aun cuando estos resultados corroboren que la economía peruana ha estado en la senda del desarrollo sostenible, conforme a la metodología utilizada, esto no garantiza que los altos niveles de crecimiento (ya sea en términos per-cápita de riqueza o PIB) registrados durante el periodo 1994-2012 sean mantenidos, incluso en un futuro cercano.

## 6.5 Discusión

Como fue señalado, la acumulación de riqueza en un periodo dado sugiere que una economía ha estado en la senda del desarrollo sostenible, no obstante, ello no asegura que la economía se mantenga en esa senda o incluso que alcance algún nivel de desarrollo.

Conforme a Barbier (2007), para evaluar si la economía realmente ha estado en la senda del desarrollo, la economía debió cumplir con las condiciones de eficiencia. En otras palabras, la acumulación de riqueza debe ser lograda a partir de una adecuada gestión de los recursos (base productiva), es decir, que sea resultado de la eficiencia. Se requiere además, que el aumento de la riqueza no haya sido fruto de fronteras de expansión agrícola.

### 6.5.1 Eficiencia en el manejo de los activos

#### *Capital natural minero*

Es evidente que la economía peruana es altamente dependiente de la venta de sus recursos naturales, principalmente, no renovables (metales). Si bien el capital natural minero representó el año 2012 apenas el 8% de la riqueza total, su contribución al valor de las exportaciones totales fue prácticamente el 50% en ese año.

Entonces, la sostenibilidad de la minería es fundamental para la economía peruana. En este contexto, debe entenderse por sostenibilidad de la minería, no a la mantención de la actividad *per se*, sino al nivel bienestar no decreciente que debería aportar a la economía o sociedad peruana. En el caso de los recursos no renovables, la estrategia de manejo eficiente -según la economía de recursos naturales- consiste en determinar un nivel de extracción óptimo y/o obtener una regalía óptima.<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> Cuando los recursos naturales son de propiedad de la nación, esta tiene el derecho de imponer una regalía por su uso. Este es el caso de la minería peruana. En el caso del suelo agropecuario, puesto que el propietario es usualmente privado, no se requiere el pago de una regalía.

En el Perú, la nación es dueña de los recursos naturales, de manera que el Estado gestiona su uso. Sin embargo, el Estado peruano no extrae los recursos naturales sino los concesiona. Puesto que la mayor parte de las exportaciones de recursos naturales recae en el minería, entonces es de particular interés la regalía minera.

Esta regalía debería ser reinvertida en otros tipos de capitales, no solo para diversificar sino para conseguir que el bienestar generado por el recurso no renovable sea no decreciente en el tiempo, incluso aun cuando este recurso haya sido agotado. Así, las rentas de los recursos naturales no solo deben ser óptimas (es decir, aquellas que maximizan el flujo descontado de ingresos que percibiría la nación) sino también reinvertidas apropiadamente en otras fuentes de capital.

Desde el año 2004 (Cuadro 24), la minería ha concentrado el grueso de las regalías provenientes de los sectores extractivos de recursos naturales. En el Perú la regalía minera (implementada en el año 2004) fluctúa entre 1-3% del ingreso bruto de las empresas mineras, porcentaje que es proporcional al volumen de extracción.

**Cuadro 24: Rentas de los sectores extractivos de recursos naturales**  
(% del PIB)

Sector	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Forestal	0.29	0.25	0.24	0.22	0.22	0.21	0.19	0.18	0.15	0.13	0.11
Minería	0.56	0.21	0.2	0.54	2.32	3.92	10.6	11.1	8.8	7.01	9.34
Gas Natural	0.12	0.12	0.09	0.16	0.16	0.24	0.52	0.62	0.98	0.51	0.74
Petróleo	1.56	1.22	1.13	1.29	1.36	1.66	1.77	1.67	1.94	1.02	1.1
Total	2.53	1.8	1.66	2.21	4.06	6.03	13	13.5	11.9	8.67	11.3

Fuente: Barrantes et al (2014)

El porcentaje establecido de regalía minera es bajo en comparación a las regalías impuestas a los recursos mineros en otros países. Hay evidencia que estas regalías no han sido óptimas (Cantuarias y Orihuela, 2010). El mismo caso puede estar ocurriendo para el resto de sectores extractivos.

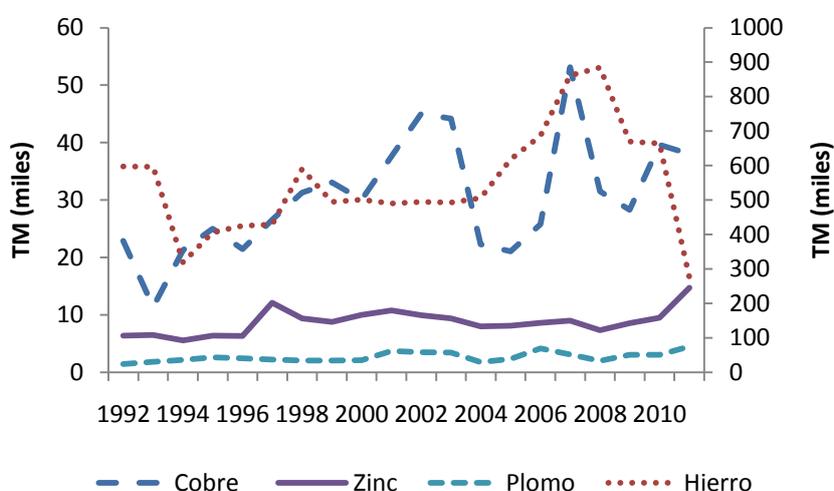
Además, hay evidencia que las rentas de la actividad minera tampoco han sido reinvertidas adecuadamente. Boza (2006) señala que gran parte de estas rentas (canon minero y regalías mineras) han sido destinadas a gastos corrientes y no a inversiones de capital. Aún cuando estas rentas -en parte- son reinvertidas en capital artificial y posiblemente en capital humano, no han sido asignadas adecuadamente. Serían necesarios mayores estudios que refuercen esta hipótesis.

En general, la reinversión de las rentas de los recursos mineros es muy baja, puesto que las instituciones gubernamentales encargadas de esta tarea carecen de las capacidades necesarias y gran parte del presupuesto anual no es utilizado y por ende, debe ser revertido a la nación, conforme a la normativa nacional.

Se concluye que hay evidencia que sugiera que el Estado no obtiene una regalía óptima minera ni que estos fondos sean manejados con eficiencia. Presumiblemente, este sea el caso de las regalías de los otros sectores extractivos de recursos naturales. De ser así, entonces ¿porqué aumentó su valor?

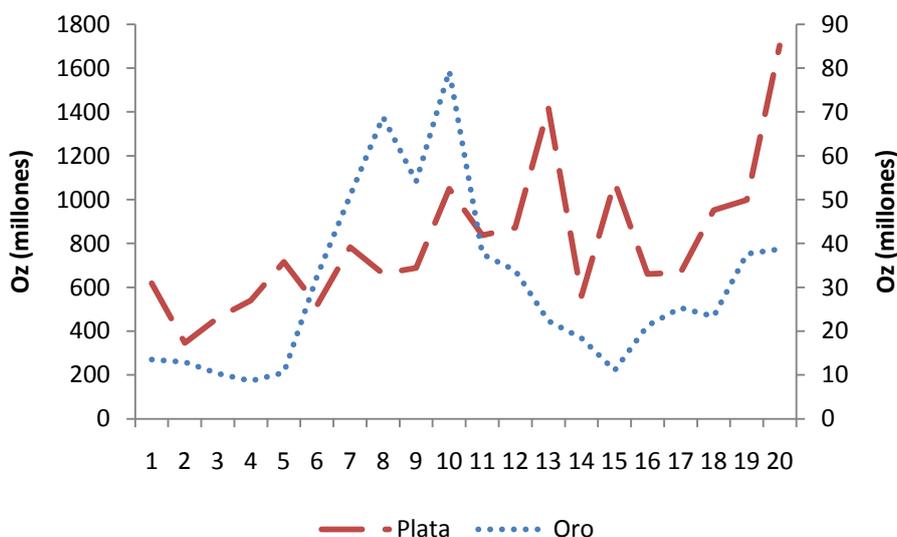
En el caso de los metales, el aumento con respecto al año 1994, estuvo vinculado al incremento en las reservas probadas de todos los metales (con excepción del hierro) (Grafico 8a y Grafico 8b). Sin embargo, en algunos años hubo caídas en estos niveles, de manera que el aumento del valor en análisis está vinculado a la elección del periodo en referencia.

**Grafico 8a: Reservas probadas por metal (periodo 1992-2011)**



Fuente: MINEM (2013a)  
Elaboración propia

**Grafico 8b: Reservas probadas por metal (periodo 1992-2011)**



Fuente: MINEM (2013a)  
Elaboración propia

Puesto que en el periodo en análisis (al menos en la segunda mitad) los precios de los metales estuvieron en sus niveles nominales más altos, es de esperar que esta oscilación en los niveles de reservas probadas este vinculada básicamente al carácter aleatorio de los nuevos descubrimientos (así como a las reevaluaciones y extensiones) antes que a un manejo inadecuado -directo o indirecto- por parte del Estado.

El marco regulatorio peruano ha permitido que los niveles de reservas probadas de los metales aumenten considerablemente a mediados de los 90s, lo cual denota el manejo adecuado del Estado en aquel momento. Si el nivel de inversiones en el sector minero aumentó, entonces de esperar que la función del Estado como promotor de estas inversiones (e indirectamente, de los descubrimientos) ha sido la apropiada.

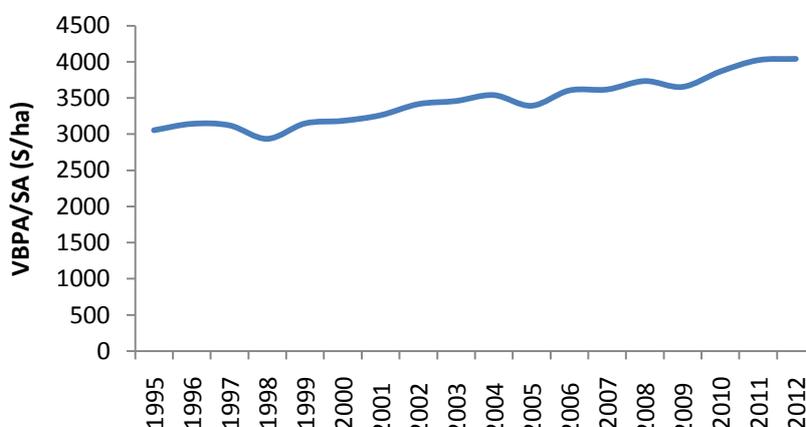
Entonces, si bien el Estado promueve la inversión en el sector minero e hidrocarburos, presumiblemente de la forma más eficiente, parecería - conforme a los indicios- que no obtiene la regalía óptima minera (y posiblemente del resto de recursos naturales) ni realiza un manejo eficiente de la misma.

#### *Capital natural suelo agropecuario*

No hay la certeza que los beneficios agropecuarios hayan sido los máximos posibles. En general, la variabilidad de estos beneficios es muy alta, puesto que depende no solo del nivel de tecnología y capital utilizado en la producción, sino además de las expectativas de precios y clima, las cuales son muchas poseen un carácter aleatorio y volátil.

Sin embargo, los niveles crecientes de la productividad agrícola (medida como el ratio  $VBPA^{AG}/S^{AG}$  en términos constantes 1994) presentados durante el periodo de estudio (Grafico 9) pueden ser considerados como una evidencia un manejo adecuado pero no necesariamente óptimo de este capital.

**Grafico 9: Productividad agrícola (nuevos soles 1994)**



Fuente: INEI (1994; 2013b)  
Elaboración propia

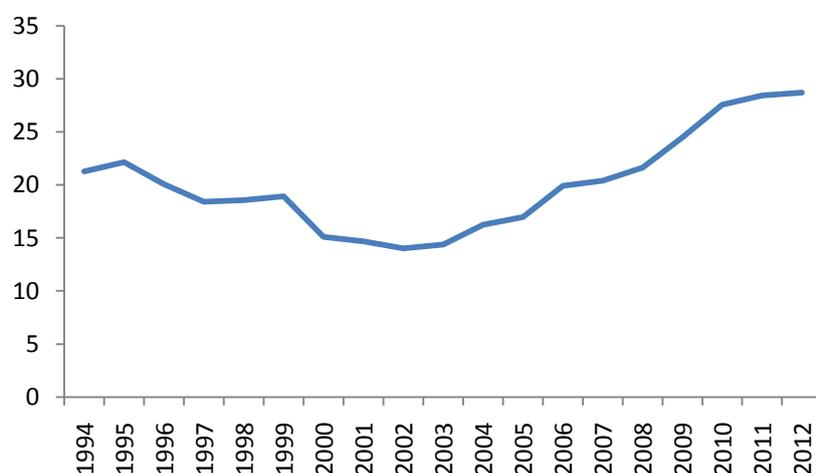
No hay estadísticas sobre el nivel de degradación o erosión del suelo agropecuario, de manera que pueda obtenerse información adicional para evaluar si los beneficios (luego de deducir la depreciación del suelo agrícola y sus externalidades) agropecuarios responden a un criterio de eficiencia.

### *Capital artificial*

El aumento del stock de capital artificial durante el periodo de estudio es fruto tanto de iniciativas privadas (grandes proyectos vinculados a la extracción de recursos naturales) como públicas (por ejemplo, mejoras en carreteras). De cualquier forma, diversos estudios concluyen en el significativo déficit de inversión en capital, a nivel regional y nacional (Vásquez y Bendezu, 2008; Armendáriz et al., 2011).

El Grafico 10 permite observar la evolución de la participación de la inversión extranjera destinada a los sectores extractivos (minería, hidrocarburos, pesquería y agricultura) durante el periodo 1994-2012. La tendencia es creciente, llegando incluso al tercio de la inversión extranjera total durante los últimos años de ese periodo. Es de esperar que la mayor parte de esa participación haya estado vinculada a la implementación de megaproyectos locales. Presumiblemente, ello este asociado a los elevados niveles de precios de los commodities durante el periodo 2005-2011.

**Grafico 10: Evolución de la participación de la inversión extranjera destinada a los sectores extractivos durante el periodo 1994-2012**



Fuente: Proinversion (2014)

Elaboración propia

Asumiendo que el flujo de inversión extranjera en sectores extractivos es una proxy del stock de capital artificial en esos sectores<sup>28</sup>, el aumento de este stock no habría sido resultado de una gestión planificada del Estado sino de un proceso de mercado y coyuntural.

### *Capital Humano*

Sobre el capital humano es poco lo que se puede desprender. Si bien la metodología de su cálculo permite inferir si aumentó el nivel de trabajadores en la economía, no permite determinar si hubo una mejora en la calidad.

Aun cuando el PIB per-cápita sea creciente, no queda claro si el (creciente) capital humano que ha tenido el Perú constituye una limitación o ventaja para el futuro crecimiento económico. Si este (creciente) capital ha concentrado gran parte de la riqueza, es de esperar que su aporte no haya sido muy significativo.

En comparación a otros países de la región, Perú es un país que invierte muy poco en educación. Para el año 2008 el gasto público en educación fue apenas el 2% del PIB total, siendo 3.5% el porcentaje promedio estimado por el Banco Mundial para países con desarrollo humano bajo (World Bank, 2012).

Otro indicio es el resultado de Orihuela y Nolazco (2013) en donde la contribución del capital humano en el crecimiento del producto fue menor en comparación al capital artificial y TFP.

Todos estos estudios sugieren que el nivel de capital humano en el Perú no solo estaría del nivel óptimo, sino también su productividad no es la deseada. No obstante sería necesario un análisis más profundo para determinar la brecha (si la hubiera) de capital humano en el país.

#### 6.5.2 Fronteras de expansión

No hay estadísticas oficiales sobre la evolución *anual* de la superficie cultivada. En base a los censos agropecuarios de los años 1994 y 2012 (INEI, 2013b; INEI y MINAG, 2013), los resultados sugieren que hubo una significativa expansión de esta superficie (30% durante el periodo 1994-2012, 1.5% anual), la cual estuvo acompañada de una productividad agrícola creciente.

Este crecimiento acumulado de la frontera ha sido similar al crecimiento poblacional durante el mismo periodo (28%) pero largamente inferior al crecimiento acumulado del VBP agrícola (43%). En conclusión, hubo una expansión de frontera agrícola pero al mismo tiempo acompañada de un aumento en la productividad agrícola.

---

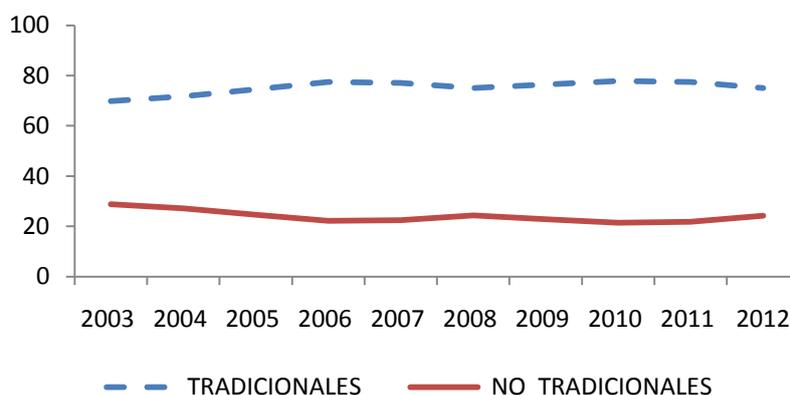
<sup>28</sup> Para el periodo de estudio, las estadísticas disponibles no permiten separar el stock de capital peruano por agente económico interno o externo y según actividad económica.

No se puede afirmar que esta expansión de la superficie agrícola ha sido -en gran medida- a costa de la deforestación. Haría falta estudios que lo corroboren. Sin embargo, dada la escasa contribución del capital suelo agropecuarios como parte del total es de esperar que este efecto no sea significativo en la economía.

### 6.5.3 Dependencia de las exportaciones de productos primarios

Es fácilmente demostrable (Grafico 11) que la economía peruana ha exportado mayormente productos tradicionales (primarios) durante el periodo 2002-2012. La contribución de estos productos ha explicado aproximadamente el 70% de las exportaciones totales. La minería explica más del 50% de las exportaciones de productos tradicionales. Las exportaciones agrícolas concentran aproximadamente el 2-3% de las exportaciones totales.

**Grafico 11: Exportaciones tradicionales y no tradicionales como fracción (%) de las exportaciones totales durante el periodo 2002-2012**



Fuente: BCRP (2013)

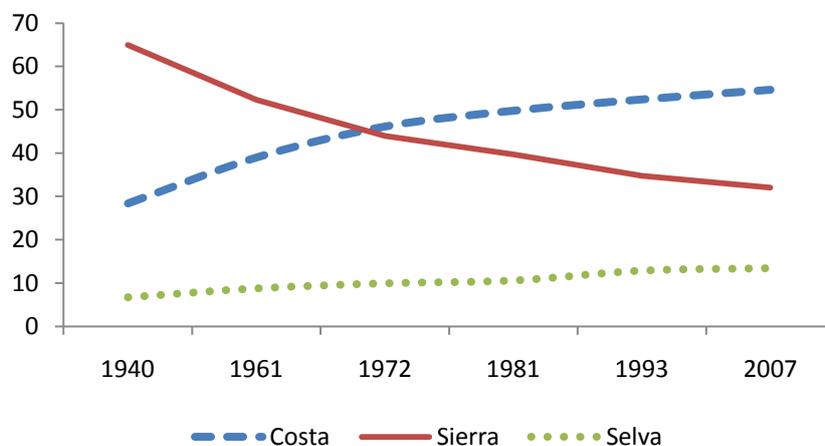
Se concluye que la economía peruana ha dependido y depende aún -en gran medida- de la exportación de productos primarios. Es de esperar que esta conclusión sea válida para el periodo 1994-2001, en donde el PIB per-cápita fue menor en comparación al niveles del periodo 2002-2012.

### 6.5.3 Población en zonas frágiles

Barbier (2007) utiliza el porcentaje de población rural debajo de la línea de la pobreza como indicador del porcentaje de la población viviendo en zonas frágiles. Las zonas donde se localizan las poblaciones rurales es la región sierra y selva. La región costa está constituida básicamente por una franja desértica en donde se concentran las principales ciudades del país. La mayor parte de la población urbana vive en la región costa.

Durante las últimas décadas, la población peruana se ha estado concentrando en las ciudades (costa). Más de la mitad de la población se asienta en esta última región (Grafico 11).

**Grafico 11: Concentración de la población peruana según regiones**



Fuente: INEI

Si bien la población rural todavía concentra una fracción significativamente alta de la población total, es de esperar -conforme a la tendencia- que en los próximos años se reduzca paulatinamente mientras que la población urbana aumente.

A manera de conclusión, si bien en el periodo 1994-2012 la economía peruana presentó una inversión genuina positiva, la evidencia e indicios disponibles sugieren que no se cumplieron las condiciones de Barbier (2007). Esto implica que el paso por la senda del desarrollo sostenible ha sido fugaz puesto que la acumulación de capital natural no ha surgido como consecuencia de un manejo eficiente, por lo menos este es el caso de los sectores extractivos de recursos naturales.

#### *Equidad*

Aun cuando la sostenibilidad débil recae en criterios de eficiencia, es relevante inferir si en el periodo de estudio se ha cumplido algún criterio de equidad. Se reconoce que es difícil medir la equidad. Quizá la forma más sencilla de evaluarla aunque no necesariamente la más completa, sea mediante el Índice de Gini.

INEI (2014) calculó este índice el cual se redujo de 0.49 a 0.45 en el periodo 2004-2012. Esta reducción parece ser el resultado combinado de la disminución tanto de la desigualdad en la capital como de las brechas de ingresos entre la capital y el resto del país se han reducido a lo largo de este período de fuerte crecimiento del ingreso.

Existe una teoría (Piketty, 2014) la cual sugiere que un mayor crecimiento genera inevitablemente una mayor desigualdad. Sin embargo, esto no parece

ser el caso peruano durante el periodo de estudio. Al menos en el periodo de estudio se ha corroborado que mayor riqueza ha implicado -en gran parte del periodo de estudio- menos desigualdad, no obstante, hacen falta mayores estudios para determinar los canales que rigen esta relación.

## 6.6 Perspectivas de desarrollo futuro

Aun cuando la acumulación de base productiva en el periodo 1994-2012 no haya estado vinculada a un manejo eficiente, es posible que en el futuro esta situación pueda revertirse, de manera que la estancia en la senda del desarrollo sostenible del periodo en análisis pueda prolongarse. No queda claro si la economía peruana posee las condiciones para que eventualmente pueda mantenerse en la senda del desarrollo sostenible.

El creciente capital artificial debería facilitar la creación y/o crecimiento de otros capitales. La necesidad insatisfecha en el stock de capital artificial (Armendariz et al, 2011; Perroti y Sanchez, 2011) podría justificar mayores inversiones futuras en este rubro, lo cual generaría una mayor dinámica económica (ingresos). En otras palabras, dadas las enormes carencias de infraestructura<sup>29</sup>, la economía peruana tiene el *potencial* para crecer endógenamente.

Dado que la contribución del capital humano ha sido reducida para la generación de ingresos (ya sea como contribuyente al crecimiento como mediante el TFP), es de esperar que en el futuro cercano esta situación no cambie significativamente, sobre todo cuando los niveles de inversión en educación siguen están por debajo incluso del promedio latinoamericano.

Considerando que el sector minero-metálico ha sido el motor de la economía peruana durante los últimos años (debido a los altos precios de los commodities y a la mayor producción metálica de) parecería que la economía local dependería en mayor medida del sector externo (exportaciones de metales) que de las inversiones en infraestructura. Esto va en línea con los hallazgos de Aparicio et al (2011) y MEF (2012), los cuales señalan la gran dependencia del crecimiento del PIB con respecto al sector externo.

Asumiendo esta hipótesis como válida, la economía peruana dependería en el corto y mediano plazo de la capacidad del sector minero para generar ingresos en el futuro.

Las reservas probables los metales han aumentado considerablemente durante el periodo de estudio (45%), las reservas totales del año 2011 alcanzarían -asumiendo una tasa de extracción anual similar a la registrada el año 2011- hasta los próximos 57 y 150 años, para el caso del cobre y hierro, respectivamente (Cuadro 25).

---

<sup>29</sup> Se estima que el déficit sería US\$ 80 000 millones, de los cuales la mitad debería recaer en el sector transporte y comunicaciones (Semana Económica, 2014).

**Cuadro 25: Reservas totales y extracción por metal en el año 2011**

<b>Metal</b>	<b>Unidad</b>	<b>Reservas totales*</b>	<b>Extracción</b>	<b>Años remanentes</b>
Cobre	TMF	69899918	1235000	57
Zinc	TMF	24102723	1256000	19
Plomo	TMF	7493899	230000	33
Hierro	TMF	1065376822	7011000	152
Estaño	TMF	91392	29000	3
Plata	Oz	3061067217	109919000	28
Oro	Oz	66218972	5187000	13

\*Equivalente a reservas probadas más reservas probables

TMF: tonelada métrica fina; Oz: onza fina

Fuente: MINEM (2013)

Elaboración propia

Si bien las reservas de estaño alcanzan para 3 años, su contribución al valor bruto es mínima. Caso diferente es el oro, el cual alcanzaría -de no incorporarse nuevos descubrimientos, revalidaciones o extensiones- para poco más de una década.

Dado el tamaño de las reservas totales y asumiendo niveles de extracción recientes y constantes, la actividad minera tendría el capital natural necesario que garantizaría la generación de beneficios para algunas décadas más. Es de esperar entonces que el capital natural, al menos el capital no renovable, siga siendo un importante proveedor de ingresos y probablemente, si estos fuesen adecuadamente manejados, constituyan el empuje para un mayor crecimiento y/o desarrollo.

Si el sector minero es y será el responsable de empujar la economía en el futuro cercano, entonces la economía todavía posee el *potencial* (en términos de capital natural) para financiar su desarrollo futuro y permanecer en la senda del desarrollo. Sin embargo, ello dependerá de la futura asignación de los recursos, lo cual recae no solo en la economía en sí, sino en el agente que la regula: El Estado (capital institucional) pero sobretodo, de factores externos.

## 7. CONCLUSIONES

- La inversión genuina peruana ha sido positiva durante el periodo 1994-2012. Esto corrobora la hipótesis del estudio, en el sentido que la economía del Perú estuvo en la senda del desarrollo sostenible en ese periodo. El aumento de riqueza fue la mano con una mejora de algunos indicadores sociales tales como desigualdad del ingreso, reducción de la pobreza e IDH, los cuales son proxy del logro de algún nivel de desarrollo en la sociedad peruana.
- Estudios sugieren que los altos niveles de crecimiento del ingreso experimentados por la economía peruana durante el periodo de estudio estuvieron vinculados mayormente a factores externos, lo cual implica que el aumento de la riqueza nacional no influyó significativamente en el crecimiento del ingreso.

Más aun, ese vínculo se ha acentuado en tiempos recientes dada la mayor dependencia de la economía peruana con respecto a la venta de sus materias primas. Estudios adicionales podrían determinar cuán importante fue y es la contribución de la riqueza en la generación de ingresos en el Perú.

- En el Perú, dada la relación positiva en ambas direcciones entre ingreso y desarrollo humano y al no existir una fuerte relación de causalidad entre riqueza e ingreso, se desprende que la inversión genuina positiva no ha incidido significativamente en el aumento del PIB. Así, la mejora en los indicadores sociales evaluados en este estudio está más asociada con ese aumento que con la inversión genuina positiva.
- Estos resultados minimizan el rol de la inversión genuina -al menos en el Perú durante el periodo de estudio- como un indicador que evalúa la presencia o no de una economía en la senda del desarrollo sostenible: esta inversión no fue la principal responsable del desarrollo humano logrado ni de la generación de ingresos en el periodo de análisis.
- La futura permanencia en la senda del desarrollo sostenible es realmente algo incierto. Endógenamente, no hay información que permita inferir si el nivel de desarrollo humano logrado ha sido el suficiente para aprovechar el potencial de la economía. Dada la relación ingreso-riqueza para el Perú, la futura permanencia dependería en gran medida de las condiciones de la economía mundial antes que en la generación de riqueza o inversión genuina positiva.
- Dadas las limitaciones de información no fue posible incorporar otros tipos de capital (por ejemplo, recursos hídricos, ecosistemas, etc.). La hipotética inclusión aumentaría el valor del capital natural de manera que las conclusiones de este estudio no deberían cambiar significativamente.

## **8. LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES SOBRE ESTE ESTUDIO**

Los resultados de este estudio están limitados en diversos aspectos. Las limitaciones están relacionadas básicamente a los supuestos utilizados en el análisis y al vacío de información disponible en el momento de realizar los cálculos. Entonces, las potenciales mejoras podrán ser las siguientes:

- Existe la necesidad de desarrollar un modelo para mejorar las estimaciones de los precios cuenta, las cuales incluyan futuras externalidades del consumo y producción. El modelo debería incluir los efectos proyectados del cambio climático para el Perú.
- El modelo “inversión genuina” no garantiza si una economía o sociedad ha logrado algún tipo de desarrollo. Tampoco si habiendo alcanzado la senda del desarrollo sostenible, este pueda mantenerse en el futuro. Por ende, una inversión genuina positiva no permite asegurar la sostenibilidad futura de la economía.
- El lector debe recocer que no hay forma de asegurarlo ya que no existe un indicador cuya predicción sea perfecta. Sin embargo, es posible inferir razonablemente si la economía tendrá el potencial para lograrlo, no obstante, se requiere disponer de información complementaria. De esta manera, el indicador inversión genuina no es concluyente para evaluar la futura sostenibilidad de una economía.

## **9. RECOMENDACIONES DE POLÍTICA**

- Asumiendo que el aumento de la riqueza no incide significativamente en la generación de ingresos (en base a la evidencia del estudio) y si el objetivo es mantenerse en la senda del desarrollo sostenible, entonces las políticas públicas deberían enfocarse mayormente en la diversificación productiva de la economía en comparación a la creación de riqueza.

Esto permitiría reducir -en la economía local- los posibles efectos negativos de los shocks externos, los cuales están vinculados al crecimiento del PIB y por ende, al logro de cierto nivel de desarrollo humano.

Ello no implica que deba restringirse la inversión social en activos. Si se piensa implementar otras actividades productivas entonces se requerirá una mayor base productiva que las sostenga y apoye. Mayores estudios deberían evaluar la cartera de actividades a implementar. Esto es crucial para un país extremadamente dependiente de la extracción y venta de recursos naturales

- Mayores niveles de ingreso y desarrollo humano pueden ser logrados incidiendo en la productividad de factores la cual ha sido poco significativa en el periodo de análisis. Ello sugiere no solo seguir implementando reformas institucionales sino también apostar por la educación y la creación de tecnologías.
- Sin embargo, tales medidas de política deben ser necesariamente acompañadas por otras medidas que incidan también en la mejora/aumento de otros capitales, principalmente el capital artificial, capital articulador de la economía, y el capital institucional, el cual asigna o redistribuye los recursos públicos en la sociedad.

## REFERENCIAS

Acemoglu, D., Robinson, J. (2013): *Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty*. Crown Business; Reprint edition.

Aparicio, C., Aragon, G., Rodríguez, J. (2011). ¿Qué factores explican las fluctuaciones recientes del producto bruto interno peruano?: Un análisis a través de un Modelo de Equilibrio General. Documento de trabajo. Superintendencia de Banca, Seguros y Administradoras Privadas de Fondos de Pensiones.

Apoyo (2007): El mercado del gas natural y estimación de los beneficios económicos. Documento elaborado para el Banco Interamericano de Desarrollo. Mayo del 2007.

Armendariz, E., Jaramillo, F., Zegarra, L. (2011): Barreras al crecimiento económico de Junín. Diagnostico y Propuesta 48, Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES). Banco Interamericano de Desarrollo.

Aronsson, T., Johansson, P., Lofgren, K.G (1997): *Welfare Measurement, Sustainability and Green National Accounting*. Chetelham: Edward Elgar.

Arrow, K., Dasgupta, P., Goulder, L., Mumford, K., Oleson, K. (2007): "China, the U.S., and Sustainability: Perspectives Based on comprehensive Wealth". Working Paper No. 313. Stanford Center for International Development. Stanford University.

Arrow, K., Dasgupta, P., Goulder, L., Mumford, K., Oleson, K. (2012): "Sustainability and the measurement of wealth". *Environment and Development Economics*, 17(3): 317-353.

Atkinson, G., y Gundimedda, H. (2006): Accounting for India's Forest Wealth. *Ecological Economics*, 59 (4): 462-476

Banco Mundial (2006). Perú, la oportunidad de un país diferente. 847p.

Barbier, E. (1987): "The Concept of Sustainable Economic Development". *Environmental Conservation*, 14(2): 101–110.

Barbier, E. (2005): *Natural resources and economic development*. Cambridge University Press

Barbier, E. (2007): Frontiers and sustainable economic development. *Environmental and Resource Economics*, 37: 271-295

Barrantes, R., Ventura, E., Fiestas, J. (2014). El rol de los bosques en el desarrollo del Perú: Contribución y valoración del sector forestal. *Debate Agrario*, Vol 46, p. 51-56.

BCRP (2013): Memoria 2012.

Disponible en: <http://www.bcrp.gob.pe/publicaciones/memoria-anual/memoria-2012.html>

Barco, D. y Vargas, P. (2010): El Perfil del Trabajador Informal y el Retorno de la Educación. Documento de Trabajo 2010-04, Working Paper Series. Banco Central de Reserva del Perú.

Bell, S. y Morse, S. (2008): Sustainability Indicators. Measuring the Immeasurable? Second Edition. Earthscan.

Bosh, E., Chiessa, G. (2006): ¿Existe un fenómeno tal llamado desarrollo económico? En Crecimiento Económico y Desarrollo Sostenible (2006), Editor: Ureta, I. Fondo de Cultura Económica, Universidad de Piura. Perú.

Boza, B. (2006): Canon Minero ¿Caja chica o palanca para el desarrollo? Ciudadanos al Día. Consorcio de Investigación Económica y Social. Disponible en: <http://cies.org.pe/files/documents/otras-inv/canon-minero-caja-chica-o-palanca-para-el-desarrollo.pdf>

Cantuarias, C. Orihuela, C. (2010): Testing the Hartwick Rule in the Peruvian Mining Sector. Universite Montesquieu-Bordeaux IV. Documento no publicado.

Common, M. (2011): The relationship between externality, and its correction, and sustainability. *Ecological Economics*, 70: 453.

Common, M., Sanyal, K. (1998): Measuring the depreciation of Australia's non-renewable resources: a cautionary tale. *Ecological Economics*, 26: 23-30.

Dasgupta, P. (2001). Human Well-being and the Natural Environment. Oxford University Press. 351p.

Dasgupta, P., Mäler, K-G. (2001): Wealth as a Criterion for Sustainable Development. *World Economics*, 2(3): 19-44.

Dobson, A. (1996): Environment sustainabilities: an analysis and typology. *Environmental Politics*, 5(3): 401-248

Ego-Aguirre, M. (2012). Economías de escala del sector petrolero peruano, periodo 1996-2010. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae en Economía de los Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Posgrado.

EUROSTAT (2013): Sustainable Development Indicators: Disponible en: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/sdi/indicators>. Fecha de actualización: 20/09/2013.

Ferreira, S. y Moro, M. (2011): Constructing genuine savings indicators for Ireland, 1995-2005. *Journal of Environmental Management*, 92: 542-553.

Figuroa, E., Calfucura, E., Nuñez, J. (2002). Green national accounting: the case of Chile's mining sector. *Environment and Development Economics*. 7, pp. 215-239.

Figuroa, E., Calfucura, E. (2002). Depreciación del capital natural, ingreso y crecimiento sostenible: lecciones de la experiencia chilena. Documento de Trabajo N°138. Banco Central de Chile

Figuroa, E., Orihuela, C., Calfucura, E. (2010): Green Accounting and the Peruvian Metal Mining Sector 1992-2004. *Resources Policy*, 35(3): 156-167.

FAO (1995): World agriculture: towards 2010- an FAO study. Food and Agricultural Organization of the United Nations FAO and John Wiley & Sons, Rome and New York

FAO (2001): Forest Resource Assessment 2000: Main Report. Food and Agricultural Organization of the United Nations FAO Forestry Paper 140, Rome.

Gordon, H. (1954): The economic theory of a common property resource: the fishery. *Journal of Political Economy*, 62: 124-142.

Hamilton, K. (1996): Pollution and Pollution Abatement in the National Accounts. *Review of Income and Wealth*, 42: 13-33.

Hamilton, K. (2012): Comments on Arrow et al., "Sustainability and the measurement of wealth". *Environment and Development Economics*, 17(3): 356-361.

Hamilton, K., Atkinson, G. (2006): Wealth, Welfare and Sustainability. Advances in Measuring Sustainable Development. Edward Elgar. Chetelham, UK. 201p.

Hartwick, J. (1977): Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources. *American Economic Review*, 67(5): 972-974.

Hartwick, J., Olewiler, N. (1997). The economics of natural resource use. Second Edition. Addison-Wesley.

Hepburn, C. (2007): "Valuing the far-off future: discounting and its alternatives". En *Handbook of Sustainable Development*. Editado por Giles Atkinson, Simon Dietz y Eric Neumayer. Edward Elgar. Chetelham, UK. 489p.

INEI (2012a). Índice de precios de bienes del activo fijo: construcción de maquinaria y equipo especial para la industria, excepto para trabajar los metales y madera, de origen nacional e índice de precios de maquinaria y equipo: maquinaria para la explotación de minas y canteras y para obras de construcción, de origen nacional. Dirección Ejecutiva de Índice de Precios.

INEI (2012b). Índice de precios de energía, combustible. Dirección Ejecutiva de Índice de Precios.

INEI (2012c): Estimaciones y proyecciones de la población económicamente activa, urbana y rural por sexo y grupos de edad, según departamento, 2000 - 2015. Página: Censo Nacional 1993. [http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0195/CAP0302.HTM.Información del año 1993](http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0195/CAP0302.HTM.Información%20del%20año%201993).

INEI (2013a): III Censo Nacional Agropecuario 1994: Disponible en: <http://www.inei.gob.pe/BancoCuadros/banca06a.asp?PARAMETRO=03000000Nivel:Nacional>. Fecha de actualización: 25/09/2013

INEI (2013b): Cuentas nacionales: producción, consumo intermedio y valor agregado de los sectores extractivos en valores corrientes y reales para el periodo 1994-2011. Documento no publicado.

INEI (2013c). Compendio Estadístico del Perú 2013: Tomo No 1. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Disponible en: <http://www.inei.gob.pe/>

INEI (2013d): Informe Técnico: Evolución de la pobreza monetaria 2007-2012. Instituto Nacional de Estadística e Informática.

INEI (2014): Informe Técnico: Evolución de la pobreza monetaria 2009-2013. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Disponible en:

[http://www.inei.gob.pe/media/cifras\\_de\\_pobreza/informetecnico.pdf](http://www.inei.gob.pe/media/cifras_de_pobreza/informetecnico.pdf)

INEI y MINAG (2013): IV Censo Nacional Agropecuario 2012-Resultados Definitivos. Instituto Nacional de Estadística e Informática / Ministerio de Agricultura y Riego. 62 p.

IPE (2001). Productividad y crecimiento económico en el Perú. Documento de investigación. Disponible en: <http://ipe.org.pe/documentos/productividad-y-crecimiento-economico-en-el-peru-0>

Koopmans, T.C (1960): "Stationary ordinal utility and impatience". *Econometrica*, (28): 287-309

Koopmans, T.C (1965): "On the concept of optimal economic growth". *Pontificae Academiae Scientiarum Scripta Varia* (28): 225-300.

Kumar, S. (2013): Comprehensive wealth and sustainable development in India. Munich Personal RePEc Archive. Disponible en: [http://mpira.ub.uni-muenchen.de/43809/1/MPRA\\_paper\\_43809.pdf](http://mpira.ub.uni-muenchen.de/43809/1/MPRA_paper_43809.pdf). Fecha: octubre 2013.

Lange, G-M. (2004): Wealth, Natural Capital, and Sustainable Development: Contrasting Examples from Botswana and Namibia. *Environmental and Resource Economics*, 29: 257-283.

Ledesma, A. (2010). Crecimiento potencial y productividad de factores. *Revista Moneda* 145, 4-8. Banco Central de Reserva del Perú.

Martinet, V. (2012): *Economic Theory and Sustainable Development: what can we preserve for future generations*. Routledge Studies in Ecological Economics.

MEF (2011): Marco Macroeconómico Multi Anual 2012-2014. Ministerio de Economía y Finanzas. Disponible en: [http://www.mef.gob.pe/contenidos/pol\\_econ/marco\\_macro/MMM2012\\_2014.pdf](http://www.mef.gob.pe/contenidos/pol_econ/marco_macro/MMM2012_2014.pdf)

MEF (2012): Avances en la Agenda del MEF. Exposición del Ministro de Economía y Finanzas Luis Miguel Castilla, Abril 2012.

MINAM (2014): Agenda Ambiental del Perú 2013-2014. Disponible en: [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/agendambiental\\_peru\\_2013-20141.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/agendambiental_peru_2013-20141.pdf)

MINEM (2013a): Anuario Minero 2012. Ministerio de Energía y Minas. Disponible en: <http://www.minem.gob.pe/publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=450>. Fecha de actualización: 20/10/2013.

MINEM (2013b): Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2012. Ministerio de Energía y Minas. Disponible en: <http://www.minem.gob.pe/publicacion.php?idSector=5&idPublicacion=447>

Mota, R., Domingos, T., Martins, V. (2010). Analysis of genuine savings and potential green net national income: Portugal 1990-2005. *Ecological Economics*, 69: 1934-1942

Newmayer, E. (2013): *Weak versus Strong Sustainability: Exploring the Limits of Two Opposing Paradigms*, 3<sup>rd</sup> Edition. Edward Elgar, Cheltenham.

Ollivier, T., Giraud, P. (2011). Assessing sustainability, a comprehensive wealth accounting prospect: An application to Mozambique. *Ecological Economics*, 70: 503-512.

Orihuela, C. (2013): Incluyendo el agotamiento de los recursos naturales en las cuentas nacionales: evidencia peruana del periodo 1994-2011. Documento preparado para la Cooperación Técnica Belga. Universidad Nacional Agraria La Molina. Documento no publicado.

Orihuela, C., Ponce, R. (2004): "Valorando los recursos naturales y su incorporación en las cuentas nacionales". *Revista Apuntes*, 52: 89-108. Fondo Editorial Universidad del Pacífico.

Orihuela, C., Nolazco, J. (2013): Incorporando la Productividad Total de Factores incorporando variables ambientales: el caso peruano. *Natura@economia*, (2): 29-48.

Paredes, C. (2009): Crecimiento, productividad y eficiencia de la inversión en el Perú. Cuadernos de Investigación N° 7. Instituto del Perú.

Pasco-Font, A., Schroth, E., McCormick, E. (1996): Ingreso sostenible de la minera peruana. Investigaciones Breves 1. Lima: Consorcio de Investigación Económica y Social. Disponible en: [www.cies.org.pe](http://www.cies.org.pe)

Pearce, D., Turner, K. (1990). *Economics of Natural Resources and the Environment*. Johns Hopkins University Press.

Perroti, D., Sánchez, R. (2011): La brecha en infraestructura en América Latina y el Caribe. Serie Recursos Naturales e Infraestructura 153. CEPAL.

Pezzey y Toman (2005): Pezzey, J & Toman, M 2005, 'Sustainability and its economic interpretations', in R. David Simpson, Michael A. Toman and Robert U. Ayres (ed.), *Scarcity and Growth Revisited*, Resources for the Future Press, Washington, DC, USA, pp. 121-141.

Pierri, N. (2005): Historia del concepto de desarrollo sustentable. En "¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable", Coordinadores: Foladori, G., Pierri, N. Universidad Autónoma de Zacatecas. México.

Piketty, T. (2014): *Capital in the Twenty-First Century*. Belknap Press; First Edition edition.

PROINVERSION (2014): Saldo de inversión extranjera en el Perú por sector destino 1980-2014 (Millones de U\$). Disponible en: [www.proinversion.gob.pe](http://www.proinversion.gob.pe)

Repetto, R., Magrath, W., Wells, M., Beer, C., Rossini, F. (1989): *Wasting Assets: Natural Resources in the National Accounts*. Washington: World Resources Institute

Rogers, P., Jalai, K., Boyd, J. (2008): *An Introduction to Sustainable Development*. Glen Educational Foundation, Inc. Earthscan. 416 p.

Ruta, G., y Hamilton, K. (2007): The capital approach to sustainability. En G. Atkinson, S. Dietz & E. Neumayer (Eds.), *Handbook of Sustainable Development* (Cheltenham, UK: Edward Elgar, p. 45-62)

Samuelson, P. (1961): The Evaluation of 'Social Income': Capital Formation and Wealth. En F. A. Lutz and D. C. Hague (eds.), *The Theory of Capital*. New York: St. Martin's Press.

Semana Económica (2014). Infraestructura, competitividad y desarrollo. Disponible en: <http://semanaeconomica.com/escala-global/2013/07/23/infraestructura-competitividad-y-desarrollo/>

Seminario, B. (2012): Perú: Stock de Capital, PIB potencial y Productividad. Disponible en: <https://sites.google.com/site/lbseminario/peru-2021>

Singh, R.K., Murty, H., Gupta, S., Dikshit, A. (2012): An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 15: 281-299.

Smulders, S. (2012): An arrow in the Achilles' hell of sustainability and the wealth accounting. *Environment and Development Economics*, 17: 368-372.

Solow, R. (2012): A few comments on "sustainability and the measurement of wealth". *Environment and Development Economics*, 17(3): 354-355.

Stauffer, T.R (1986). Accounting for wasting assests: measurements of income and dependency in oil-rentier states. *Journal of Energy and Development* 11(1): 69-93

UNU-IHDP y UNEP (2012): Inclusive Wealth Report 2012. Measuring progress toward sustainability. Cambridge: Cambridge University Press.

United Nations (2013): Our Common Future, Chapter 2: Towards Sustainable Development. Disponible en: <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm>

Van der Bergh, J. (2010): Externality or sustainable economics. *Ecological Economics*, 69: 2047-2052

Van Kooten, y G., Bulte, E. (2000): The Economics of Nature: Managing Biological Assets. Blackwell Publishers Inc. Malden Massachusetts

Vasquez, F. (2012): La relación entre crecimiento económico y desarrollo humano en el Perú. *Moneda*, 151, 8-12.

Vásquez, A., Bendezu, L. (2008): Ensayos sobre el rol de la infraestructura vial en el crecimiento económico del Perú. Diagnostico y Propuesta 39. Consorcio de Investigación Económica y Social.

Vincent, J. y Rozali Mohamed Ali (2005). Managing Natural Wealth, Environment and Development in Malaysia. Resource of the Future, Washington DC, USA. Institute of Southeast Asian Studies. Singapore.

Wackernagel, M. y Rees W. (1996): Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. New Society Publishers. Gabriola Island, BC.

Walker, B., Pearson, L., Harris, M., Mäler, K-G, Li, C-Z, Biggs, R, y Baynes, T. (2010): Incorporating Resilience in the assessment of Inclusive Wealth: An example from South East Australia. *Environmental and Resource Economics*, 45: 183-202

Weitzman, M (1976): On the Welfare Significance of National Product in a Dynamic Economy. *Quarterly Journal of Economics*, 90: 156-162.

World Bank (2003): World Development Report 2003: Sustainable Development in a Dynamic World: Transforming Institutions, Growth, and Quality of Life. Washington DC. Disponible en: [http://wdronline.worldbank.org/worldbank/a/c.html/world\\_development\\_report\\_2003/abstract/WB.0-8213-5150-8.abstract](http://wdronline.worldbank.org/worldbank/a/c.html/world_development_report_2003/abstract/WB.0-8213-5150-8.abstract). Fecha: 20/10/2013.

World Bank (2006). Where is the Wealth of the Nations?. Measuring Capital for the 21st Century. Washington DC. USA..

World Bank (2011): The changing wealth of nations. Washington, DC: World Bank.

World Bank (2012): World Development Indicators. Gasto total público en educación (corriente y de capital) expresado como porcentaje del PIB. Disponible en: <http://hdrstats.undp.org/es/indicadores/38006.html>

Yamada, G., y Castro, J. (2010): Educación superior e ingresos laborales: Estimaciones paramétricas y no paramétricas de la rentabilidad por niveles y carreras en el Perú. Documento de Discusión DD/10/06. Universidad del Pacífico.

Yamada, G., Castro, J., Bacigalupo, J. (2012): La relación entre crecimiento económico y desarrollo humano en el Perú. *Revista Estudios Económicos* 24, 65-77. Banco Central de Reserva del Perú.

Young, C.E., da Motta, R. Measuring sustainable income from mineral extraction in Brazil. *Resources Policy*, 21 (2): 113-125.

## ANEXO 1: RIQUEZA AGROPECUARIO

### Anexo A1-1: Indicadores económicos del sector agropecuario 1994-2011 (nuevos soles corrientes)

Año	VBP	CI	VA	Rem	CKF	OI	EE
1994	10523521	3036371	7487150	Nd	Nd	Nd	5914849
1995	12274203	3393600	8880603	Nd	Nd	Nd	7015676
1996	14439467	3902033	10537434	Nd	Nd	Nd	8324573
1997	15538086	4151742	11386344	Nd	Nd	Nd	8995212
1998	17021130	4533212	12487918	Nd	Nd	Nd	9865455
1999	16907504	4487248	12420256	Nd	Nd	Nd	9812002
2000	17433737	4658368	12775369	Nd	Nd	Nd	10092542
2001	17543631	4676524	12867107	2383213	307073	4633	10172188

VBP: valor bruto de la producción agropecuaria; CI: consumo intermedio; VA: valor agregado; Rem: remuneraciones; CKF: consumo de capital fijo; OI: otros impuestos; EE: excedente de explotación; Nd: no disponible.

En color rojo se presentan las estimaciones del autor

Fuente: INEI (2013c)

### Cuadro A1-2: Indicadores económicos del sector agropecuario 1994-2011 (nuevos soles 1994)

Año	VBP	CI	VA	Deflactor (1994=100)	EE
1994	10523521	3036371	7487150	100.00	5914849
1995	11560462	3358955	8201507	108.28	6479191
1996	12113557	3483346	8630211	122.10	6817867
1997	12748117	3648717	9099400	125.13	7188526
1998	12828917	3683525	9145392	136.55	7224860
1999	14123330	4054108	10069222	123.35	7954685
2000	15042605	4313379	10729226	119.07	8476089

VBP: valor bruto de la producción agropecuaria; CI: consumo intermedio; VA: valor agregado; EE: excedente de explotación

Las cifras en color rojo son estimaciones del autor

Fuente: INEI (2013)

**Cuadro A1-3: Excedente de Explotación por subsector agropecuario durante el periodo 1994-2011 (nuevos soles 1994)**

	VA subsector / VA agropecuario			Excedente de Explotación		
	Agrícola	Pecuario	Silvícola	Agrícola	Pecuario	Silvícola
1994	0.62	0.35	0.03	3663947320	2055617920	195283260
1995	0.62	0.35	0.03	4028503090	2243527320	207160120
1996	0.64	0.33	0.03	4352091830	2263787660	201987200
1997	0.63	0.34	0.03	4513558350	2467240310	207727340
1998	0.62	0.35	0.03	4474835710	2515653880	234370090
1999	0.64	0.33	0.03	5089401200	2661590580	203693600
2000	0.64	0.33	0.03	5417027630	2827725210	231335700
2001	0.62	0.35	0.03	5314483296	2998954595	221638330
2002	0.62	0.35	0.03	5647554726	3174978570	252661826
2003	0.63	0.35	0.02	5859706573	3265249838	206738733
2004	0.61	0.37	0.02	5598022186	3332799170	200000251
2005	0.61	0.37	0.02	5863354286	3589510331	203502107
2006	0.61	0.37	0.02	6358390112	3901606449	216653713
2007	0.60	0.38	0.02	6603504386	4182587200	227831608
2008	0.60	0.38	0.02	7252877146	4578832619	249907763
2009	0.59	0.39	0.02	7357950475	4809382749	256947859
2010	0.59	0.39	0.02	7673632251	5072400980	260123127
2011	0.59	0.39	0.02	7993515991	5283849553	270966644

Las cifras en color rojo son estimaciones del autor, en base al último año observado.

Fuente: Elaboración propia en base al Cuadro A4-2

## ANEXO 2: CAPITAL MINERO

### ANEXO A2-1: PRUEBAS DE NORMALIDAD PARA LAS FUNCIONES DE COSTOS TOTALES DE CADA METAL

17 obs.	$CT_t^{oro}$	$CT_t^{cobre}$	$CT_t^{estaño}$	$CT_t^{hierro}$	$\omega_{1t}$	$\omega_{2t}$	$\omega_{3t}$	$\omega_{4t}$	$\omega_{5t}$	$\omega_{6t}$	$\omega_{7t}$
Skewness	-0.15	1.24	0.17	0.37	-0.26	-0.42	-1.03	0.15	-1.05	-0.02	-0.24
Kurtosis	2.17	3.71	1.62	1.96	1.67	1.40	2.99	1.92	3.25	1.38	1.51
Jarque-Bera	0.54	4.73	1.42	1.58	1.44	2.31	3.01	0.89	3.22	1.86	1.74
Probability	0.76	0.09	0.49	0.42	0.48	0.31	0.22	0.64	0.19	0.39	0.42

Fuente: Elaboración propia

### ANEXO A2-2: PRUEBAS DE NORMALIDAD PARA LA PRODUCCION DE CADA METAL

Estadísticos	$q_t^{oro}$	$q_t^{cobre}$	$q_t^{estaño}$	$q_t^{hierro}$
Skewness	-0.06	1.11	-0.66	-0.33
Kurtosis	2.39	2.54	2.08	2.78
Jarque-Bera	0.27	3.68	1.81	1.98
Probability	0.87	0.15	0.40	0.55

Fuente: Elaboración propia

### ANEXO A2-3: MATRIZ DE CORRELACION ENTRE LAS VARIABLES REGRESORAS DE CADA MINERAL

**Cuadro A2-3a-ORO**

	$q_t^{oro}$	$\omega_{1t}$	$\omega_{2t}$	$\omega_{3t}$	$\omega_{4t}$	$\omega_{5t}$	$\omega_{6t}$
$q_t^{oro}$	1.00	-0.13	0.75	-0.70	0.85	0.71	0.77
$\omega_{1t}$	-0.13	1.00	-0.05	0.57	-0.49	-0.71	-0.67
$\omega_{2t}$	0.75	-0.05	1.00	-0.58	0.76	0.44	0.54
$\omega_{3t}$	-0.70	0.57	-0.58	1.00	-0.87	-0.88	-0.89
$\omega_{4t}$	0.85	-0.49	0.76	-0.87	1.00	0.86	0.92
$\omega_{5t}$	0.71	-0.71	0.44	-0.88	0.86	1.00	0.99
$\omega_{6t}$	0.77	-0.67	0.54	-0.89	0.92	0.99	1.00

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro A2-3b –COBRE**

	$q_t^{cobre}$	$\omega_{1t}$	$\omega_{2t}$	$\omega_{3t}$	$\omega_{4t}$	$\omega_{5t}$	$\omega_{6t}$
$q_t^{cobre}$	1.00	-0.86	0.05	-0.76	0.58	0.76	0.73
$\omega_{1t}$	-0.86	1.00	0.16	0.52	-0.41	-0.68	-0.62
$\omega_{2t}$	0.05	0.16	1.00	-0.43	0.63	0.32	0.40
$\omega_{3t}$	-0.76	0.52	-0.43	1.00	-0.84	-0.86	-0.87
$\omega_{4t}$	0.58	-0.41	0.63	-0.84	1.00	0.89	0.93
$\omega_{5t}$	0.76	-0.68	0.32	-0.86	0.89	1.00	0.99
$\omega_{6t}$	0.73	-0.62	0.40	-0.87	0.93	0.99	1.00

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro A2-3c –ESTAÑO**

	$q_t^{\text{estaño}}$	$\omega_{1t}$	$\omega_{2t}$	$\omega_{3t}$	$\omega_{4t}$	$\omega_{5t}$	$\omega_{6t}$
$q_t^{\text{estaño}}$	1.00	-0.29	0.79	-0.76	0.93	0.82	0.87
$\omega_{1t}$	-0.29	1.00	-0.05	0.57	-0.49	-0.71	-0.67
$\omega_{2t}$	0.79	-0.05	1.00	-0.58	0.76	0.44	0.54
$\omega_{3t}$	-0.76	0.57	-0.58	1.00	-0.87	-0.88	-0.89
$\omega_{4t}$	0.93	-0.49	0.76	-0.87	1.00	0.86	0.92
$\omega_{5t}$	0.82	-0.71	0.44	-0.88	0.86	1.00	0.99
$\omega_{6t}$	0.87	-0.67	0.54	-0.89	0.92	0.99	1.00

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro A2-3d-HIERRO**

	$q_t^{\text{hierro}}$	$\omega_{1t}$	$\omega_{2t}$	$\omega_{3t}$	$\omega_{4t}$	$\omega_{5t}$	$\omega_{6t}$
$q_t^{\text{hierro}}$	1.00	-0.34	0.89	-0.67	0.87	0.85	0.84
$\omega_{1t}$	-0.39	1.00	-0.04	0.28	-0.86	-0.67	-0.89
$\omega_{2t}$	0.87	-0.12	1.00	-0.38	0.85	0.45	0.55
$\omega_{3t}$	-0.79	0.47	-0.48	1.00	-0.92	-0.56	-0.97
$\omega_{4t}$	0.91	-0.39	0.66	-0.48	1.00	0.67	0.91
$\omega_{5t}$	0.78	-0.43	0.34	-0.58	0.91	1.00	0.89
$\omega_{6t}$	0.85	-0.57	0.65	-0.68	0.90	0.89	1.00

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 3: PESCA****CUADRO A3-1: PRUEBA DE NORMALIDAD Y MEDIDAS DE SKEWNESS Y KURTOSIS**

	$\log(CT)$	$\log(Q)$	$\log(\omega_1)$	$\log(\omega_2)$	$\log(E)$	$\log(B)$
Skewness	-0.20	0.41	-1.05	-0.43	0.77	-1.50
Kurtosis	1.68	8.08	3.23	1.43	3.47	6.17
Jarque-Bera	3.17	1.87	6.22	5.32	4.39	1.10
Probability	0.20	0.39	0.07	0.07	0.11	0.57

Según los valores de Skewness y Kurtosis, por su proximidad a 0 y 3 respectivamente, permiten aseverar que todas las variables a usar (dependiente y regresoras) en las regresiones son aproximadamente simétricos y son mesocúrticas. Asimismo, para un nivel de confianza del 95%, el contraste de Jarque-Bera indica que no se rechaza la hipótesis nula de distribución normal en ninguna de las variables.

Fuente: Elaboración propia