

Comparative Analysis of Energy Indicators of the Andean Community Members

Análisis Comparativo de Indicadores Energéticos de Países Miembros de la Comunidad Andina de Naciones

P.L. Castro¹ M.P. Castro² M.P. Cunha¹

¹ Energy Planning Program, State University of Campinas, Campinas, Brazil
E-mail: ing.pedrocastro@hotmail.com; mpcunha@unicamp.br

² Institute of Economics, State University of Campinas, Campinas, Brazil
E-mail: ing.mcastroh@gmail.com

Abstract

This paper presents a comparative energy analysis of the Andean Community of Nations (CAN). The symmetrical condition of the organization and the similar market conditions, allowed the calculation of energy-economy indicators for development. The analysis accentuate the high-energy abundance of energy resources, which is overshadowed by the low energy integration between the Nations.

The analysis use a historical series of data ranging from 2,000 to 2,015, based on information available from official energy agencies. As main results, demonstrate similar indicators trends between the member countries: Colombia, Ecuador and Peru, which conform a cluster, while Bolivia showing distant indicators from this cluster. Nevertheless, after 2010, the Bolivian society presents a progressive progress in the result of the indicators.

Finally, in general, the group of countries have many opportunities to make significant advances in the economic energy issues and reaching high levels of development. However is necessary a common strategies and strengthening their integration.

Index terms– Energy analysis, CAN, Energy index, Comparative analysis.

Resumen

La condición simétrica de los países miembros de la CAN y sus semejanzas de mercados, permitió el cálculo de indicadores económicos energéticos para el desarrollo. Dentro del análisis se destaca la condición excedentaria de energía del bloque, la cual se ve opacada por la baja integración energética existente.

El análisis consta de una serie histórica de datos que van desde el año 2000 hasta el 2015, basados en la información disponible obtenida de las agencias energéticas oficiales. Como resultados principales, tenemos que los Países miembros: Colombia, Ecuador y Perú tienen tendencias semejantes conformando un conglomerado, mientras que Bolivia presenta valores distantes del mismo. No obstante, después del 2010, la sociedad boliviana presenta avances progresivos en el resultado de los indicadores.

Como conclusión general, el bloque tiene muchas oportunidades para dar avances significativos en el aspecto económico energético y llegar a altos niveles de desarrollo, definiendo estrategias comunes y fortaleciendo su integración.

Palabras clave– Análisis energético, Indicadores energéticos, Análisis comparativo, CAN.

Recibido: 21-11-2017, Aprobado tras revisión: 04-12-2017

Forma sugerida de citación: Castro, P.; Castro, M.; Cunha, M. (2018). “Análisis Comparativo de Indicadores Energéticos de Países Miembros de la Comunidad Andina de Naciones”. Revista Técnica “energía”. No. 14, Pp.236-245
ISSN 1390-5074.

1. INTRODUCCIÓN

La Comunidad Andina de Naciones - CAN está conformada por 04 países: Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, con 106 millones de personas en el 2015, equivalente al 25% del total de habitantes de Sudamérica. En términos económicos para el mismo año, este bloque de países obtuvo un PIB de 613.904 millones de US\$, equivalente al 16% de Sudamérica. Vinculado a este crecimiento, el consumo final de energía fue 490 millones de BEP, siendo los derivados del petróleo los principales energéticos de consumo. No obstante, en los últimos años el bloque tuvo una penetración de fuentes alternativas de energía [1].

Considerando que el bloque cuenta con reservas y variedad de fuentes energéticas, así como de recursos naturales, implica que, un uso apropiado de estos, contribuirá al desarrollo sustentable del bloque. En este sentido resulta de interés realizar un análisis de indicadores económico-energéticos y ambientales de los países miembros, tomando como base la baja asimetría del bloque, lo que facilita un análisis comparativo.

2. METODOLOGÍA

Se define la situación inicial y las problemáticas energéticas existentes, analizando los principales sectores de consumo, fuentes primarias de energía y producción de energía secundaria, lo mencionado es definido como análisis de las estructuras energéticas. Posteriormente, se analizan los indicadores empleando balances energéticos, reportes de instituciones e información oficial disponible. Adicionalmente, se procuró una metodología estandarizada, así como de bases de datos unificadas.

Como referente metodológico se emplea como referencia el manual de estadísticas energéticas de la Organización Latinoamericana de Energía – OLADE [2]. Para la información energética se emplea la base de datos del Sistema de Información Energética de América Latina y el Caribe - SIE desarrollada por la misma organización. Mientras que, para la información demográfica, económica y ambiental se emplea la base de datos CEPALSTAT desarrollada por la Comisión Económica para América Latina y El Caribe - CEPAL.

Los indicadores seleccionados buscan medir las relaciones económico, energéticas, demográficas y medioambientales, para determinar niveles de eficiencia e impactos en el desarrollo [3] [4]. De forma que, los indicadores definidos fueron:

- Consumo final de energía y PIB *per cápita*, para analizar la relación histórica de la generación de riqueza con el consumo de recursos energéticos, y determinar patrones o tendencias de las transiciones económico energéticas [5].

- Consumo de energía eléctrica *per cápita* y Consumo de leña *per cápita*, para comparar el uso de vectores de mayor y menor exergía, respectivamente. Por lo general, el consumo de leña está destinado a la preparación de alimentos en residencias que carecen de acceso a servicios, relacionando su alto consumo a aspectos de pobreza energética [6].
- Intensidad energética e Intensidad energética industrial, para determinar el nivel de generación de riqueza con el consumo energético, con énfasis en el sector industrial, el cual implica generación de valor agregado y *per sé* altos consumos de energía [7].
- Intensidad emisiones y Emisiones *per cápita*, para analizar la relación histórica de la generación de riqueza y su nivel de contaminación. Se considera la cantidad CO₂ emitida al ambiente, ya que es el principal gas de efecto invernadero, además se analiza su ratio de emisión por habitante.
- Intensidad de Emisiones - Industrial e Intensidad de Emisiones - Transporte, para analizar la relación entre la generación de riqueza en el sector y su nivel de contaminación, medida en emisiones de CO₂. Se opta por analizar los sectores: industrial y transporte; el primero porque es un sector generador de riqueza, mientras que el segundo es un sector que no necesariamente genera riqueza en la economía y presenta altos niveles de consumo y emisión.

Finalmente, se realiza un análisis comparativo de todos los indicadores para todos los países miembros, para determinar características comunes y potencialidades existentes. Para que los indicadores sean comparables sus valores fueron normalizados [8].

3. ESTRUCTURAS ENERGÉTICAS

La oferta de energía primaria del bloque es 661 millones de BEP, donde Colombia tiene una participación del 43%. Es de recalcar, que todos los países tienen reservas y producción de hidrocarburos, donde Ecuador y Colombia tienen reservas significativas de petróleo y carbón mineral, respectivamente; mientras que, Perú y Bolivia tienen amplias reservas gasíferas. Por lo tanto, como bloque existiría una diversificación de fuentes primarias fósiles y complementariedad entre ellos.

3.1. Energía Primaria

Se resaltar que, Colombia además de tener la mayor oferta primaria de energía del bloque, tiene la mayor diversificación de fuentes primarias. Mientras que, los

demás países tienen altas concentraciones de su oferta primaria en uno o dos fuentes de energía; de allí que, Bolivia y Perú concentran más del 80% de su oferta primaria en petróleo y gas natural, y Ecuador más del 70% de su oferta primaria es petrolera (Fig. 1).

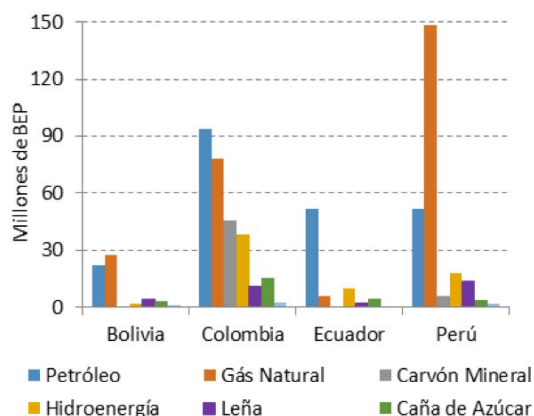


Figura 1: Oferta Primaria de Energía

Fuente: Elaborado con datos del SIE-OLADE

Dada la abundancia de recursos fósiles, implica que estos sean las fuentes principales de financiamiento de los Países, principalmente por las exportaciones de estos recursos. De allí que, más del 60% del total de bienes y mercaderías exportadas, fuera del bloque, corresponden a productos energéticos. Principalmente a los mercados: estadounidense, europeo y chino. Por lo tanto, se resalta la vulnerabilidad del bloque a las variaciones de precios de estos *commodities* energéticos.

Respecto a la importación de energía primaria, la mayoría de los miembros no tienen importaciones significativas, con excepción de Perú que tiene una importación de petróleo, que es equivalente al 60% de su oferta interna petrolera, siendo este importando de Ecuador y Colombia [9].

Ecuador es el país con las mayores reservas de petróleo, las cuales fueron de 7.632 millones de Bbls. para el año 2015; siendo estas, la cuarta mayor reserva de Latinoamérica. Mientras que, Colombia con menores reservas, 2.002 millones de Bbls., es el País con mayor producción petrolera dentro del bloque, con 850 miles de B/D [10]. No obstante, vinculado a esta capacidad de producción, existe un relación reservas/producción colombiana bastante baja, cifra que según la agencia de hidrocarburos colombiana sería de 5,5 años para el año 2015 [11]; esta misma relación para el caso ecuatoriano se la estimada en 35 años [12].

Las reservas probadas de gas natural del bloque son 649 Gm3 para el año 2015, concentradas principalmente en Perú y Bolivia. Por otro lado, Colombia en 2015 presentó reservas de carbón mineral por 6.247 millones de TON, siendo estas las segundas mayores reservas probadas de Latinoamérica; el carbón de exportación colombiano,

por su bajo contenido de azufre y poder calorífico es muy preferido en los mercados internacionales.

El bloque tiene una participación significativa de generación hidroeléctrica, la cual es equivalente al 50% de los 36.725 MW de capacidad instalada en 2015 [1]. No obstante, la oferta de hidroenergía es opacada por la alta producción de hidrocarburos. Sobre otras fuentes renovables como la caña de azúcar, es de mencionar que por su bajo nivel de desarrollo existe poca penetración en la matriz primaria.

3.2. Energía Secundaria

En 2015, la oferta de energía secundaria del bloque fue 381 millones de BEP, valor equivalente al 57,68% de la oferta Sudamericana, existiendo una participación equitativa entre: Colombia, Ecuador y Perú, cada uno con participaciones superiores al 30%, mientras que Bolivia tiene la menor participación con el 8%.

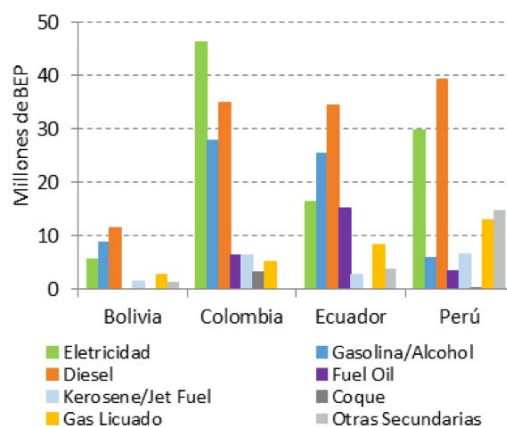


Figura 2: Producción Secundaria de Energía

Fuente: Elaborado con datos del SIE-OLADE

La electricidad, gasolina y diésel son los principales vectores energéticos para todos los Países; siendo los dos últimos de alta importación para todos los casos, además de ser destinados principalmente al sector transportes. Nótese en la Fig. 2, que Colombia es el único productor de coque, donde 67% de su producción es destinada a la exportación y la diferencia es empleada para actividades energéticas y de metalurgia. Siendo Colombia el mayor productor de acero del CAN [13].

Se menciona que Colombia y Ecuador destinan más del 70% de su producción petrolera a la exportación, mientras que el 33% y 69% de la oferta de diésel y gasolina respectivamente es importada. De allí que, existen planes de ampliación y modernización de sus refinerías para abastecer su demanda interna con producción local [14], [15].

Perú importa tanto de petróleo como derivados, lo primero por su capacidad de refinación (200 miles de B/D) superior a su producción petrolera (58 miles de B/D). Mientras que, en Bolivia, existe una importación

directa de diésel y gasolina destinada al consumo final. Se resalta que, todos los Países realizan estas importaciones externas al bloque de la CAN.

Por otro lado, tenemos que la generación eléctrica de todos los países del bloque cubre sus demandas

internas, Resaltando la alta participación hidroeléctrica en la matriz de generación, además de un horizonte de generación favorable, debido a los altos potenciales hidroeléctricos para todos los Países [16]–[19].

3.3. Consumo Final

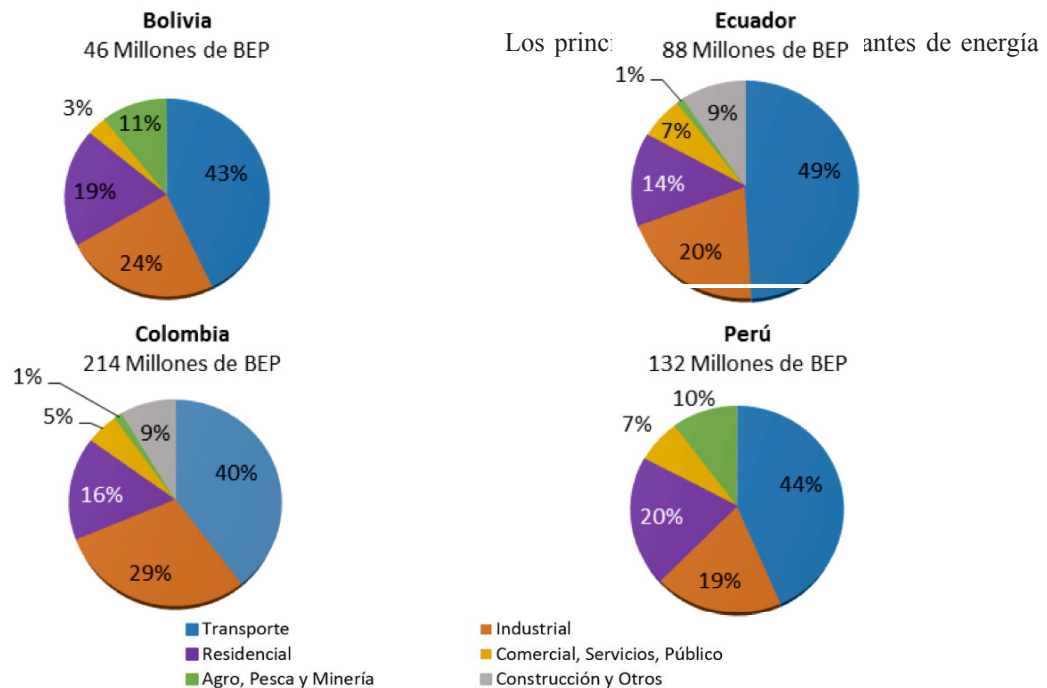


Figura 3: Consumo Final de Energía

Fuente: Elaborado con datos del SIE-OLADE

del bloque son: transporte, industria y residencial. No obstante, nótese en la Fig. 3, que el sector transporte es el mayor consumidor de energía con una participación superior al 40% para todos los casos, evidenciando la necesidad de realizar políticas focalizadas al uso eficiente de la energía en este sector.

Los principales energéticos consumidos en la demanda final son: diésel, gasolina, electricidad y gas natural; donde los dos primeros, representan el 43% del consumo final del bloque de países, siendo estos, destinados principalmente al sector transporte. Mientras que, la electricidad, que representa un 17% del consumo final, es destinada para varios sectores de la sociedad, variando su destino conforme el País.

De allí que, en Ecuador y Bolivia existe un consumo final de electricidad casi equitativo entre la residencia, la industria y el comercio. Mientras que, en Colombia la electricidad es destinada principalmente a los sectores residencial (38%) e industrial (27%). Por otro lado, en Perú, los sectores industrial (29%) y agrícola (29%) son los principales consumidores de energía eléctrica.

Con excepción de Ecuador, todos los Países de la CAN tienen participaciones significativas de uso de gas natural en sus matrices de consumo final, siendo Bolivia el país con mayor uso de gas natural con una participación del 23% de su matriz de consumo final, en este País los sectores de transporte e industria son los principales consumidores de gas natural. Caso semejante es Perú, donde el gas natural es destinado

principalmente al sector industrial, seguidamente del sector transporte. Se resalta que Colombia es el único país de la CAN que utiliza significativamente gas natural en el sector residencial. No obstante, el principal y mayor consumidor de este energético es la industria.

En Colombia y Ecuador el sector construcción tiene una participación del 9% del consumo final (Fig. 3), esto sería producto de las altas inversiones en carreteras e infraestructura realizada en los últimos años. Por otro lado, Bolivia y Perú, no presentan consumos energéticos en la construcción, esto podría deberse a la metodología empleada en la elaboración de los balances energéticos. Así mismo, tenemos que Bolivia y Perú tendrían los mayores consumos de energía en el sector agro, pesca y minero; consumos relacionados principalmente a la extracción de minerales y recursos energéticos, procesos que son altamente demandantes de energía.

Se destaca que Colombia tiene el mayor consumo energético industrial, debido a industrias como: papel y celulosa, acero, cemento y química, industrias denominadas como energo-intensivas por las altas cantidades de energía que demandan [20], pero generadoras de valor adicionado en la economía. Por otro lado, Bolivia también presenta una alta participación del sector industrial en su matriz de consumo. No obstante, debido al uso intensivo de biomasa en este sector, la cual tiene una participación del 31% del consumo final en el sector industrial.

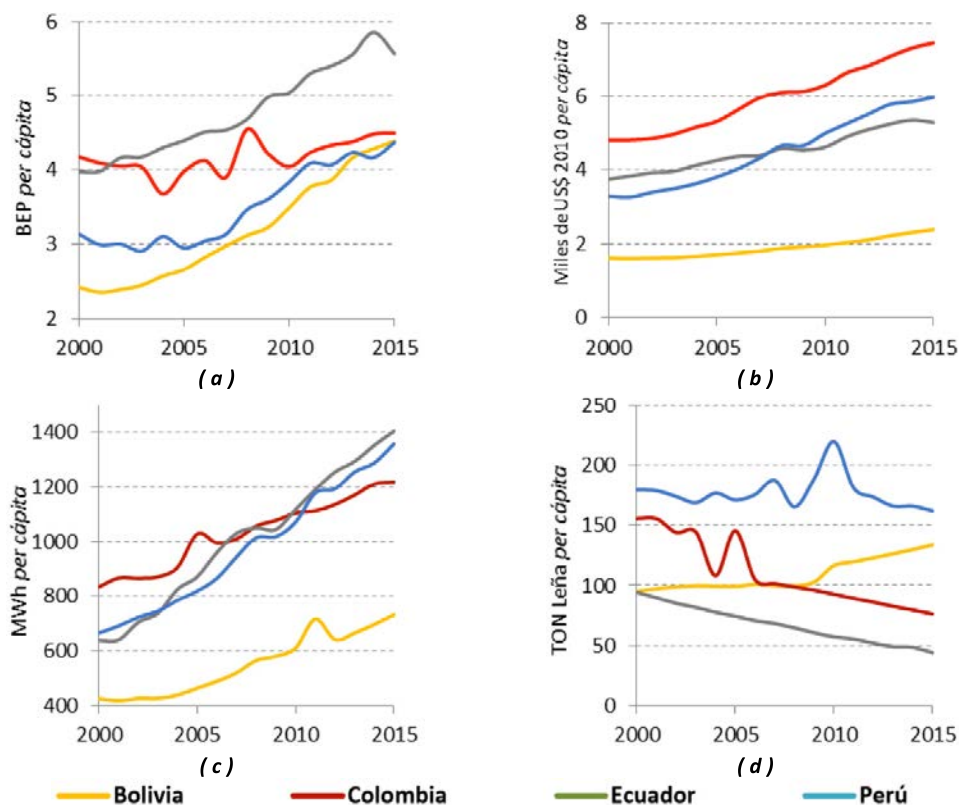


Figura 4: Consumo de energía per cápita (a), PIB per cápita (b), Consumo de energía eléctrica per cápita (c) y Consumo de leña per cápita (d)

Fuente: Elaborado con datos del SIE-OLADE y CEPALSTAT

4. ANÁLISIS DE INDICADORES

Los indicadores de eficiencia energética focalizados al desarrollo de políticas energéticas, se los podría clasificar como: económicos, termodinámicos, físicos termodinámicos y económicos termodinámicos. Además de este enfoque, se consideran aspectos medio ambientales y demográficos.

4.1. Consumo de Energía per cápita y PIB per cápita

El país del bloque con el mayor consumo energético per cápita es Ecuador, con un consumo de 5,56 BEP por habitante en 2015. No obstante, este valor es inferior a los regionales (América Latina 7,36 BEP/Hab.) o de economías más desarrolladas (Chile 12,24 BEP/Hab.).

Como se aprecia en la Fig. 4a, durante el período de 2000 hasta 2004, los consumos por habitante de Ecuador y Colombia eran próximos. Pero, desde 2005 en Ecuador tuvo un incremento significativo de este indicador, debido al alto consumo energético del sector transportes de este país en los últimos años.

Para el caso colombiano, este indicador se ha mantenido estable, con un promedio de consumo de 4,18 BEP/Hab. durante el período de análisis. Además de resaltar que, desde 2013, con excepción de Ecuador, todos los miembros tienen valores muy próximos entre ellos.

En el aspecto económico, América Latina y el Caribe es caracterizada como una región predominada de países con renta media, con US\$ 9.000 por habitante en 2015, en comparación a otras regiones o bloques como: OCDE con US\$ 37.900 por habitante, UE con US\$ 35.000 por habitante [21]. De esta característica el bloque de la CAN no es la excepción, implicando un PIB per cápita de US\$ 6.200 por habitante para el mismo año. Del bloque de países, Colombia sería el país con mayor renta por habitante y Bolivia tendría la menor renta con, US\$ 2.300 por habitante (Fig. 4b).

Es de resaltar que, el crecimiento significativo del consumo final de energía por persona, no ha acompañado los niveles de crecimiento económico por habitante en los Países (exceptuando Colombia). Lo mencionado, podría deberse a la poca implementación de políticas de eficiencia energética o el incremento del consumo final de energía en sectores que no generan valor adicionado, es decir sectores de consumo.

Basado en lo anterior tenemos que, Colombia presenta un indicador estable de consumo de energía per cápita, por la implementación de programas de eficiencia energética en el sector residencial y transporte de personas, producto de la incorporación de nuevas tecnologías [22]. Permitiendo un crecimiento económico con los mismos niveles de consumo energético.

4.2. Consumo de Energía Eléctrica y Leña per cápita

Generalmente las sociedades con mayores niveles de desarrollo presentan altos consumos de electricidad por habitante. Como referencias de consumo, tenemos que los miembros de la OCDE presentan consumos de 7.995 kWh por habitante, la UE con 5.900 kWh por habitante [21], valores que son distantes de los 1.180 kWh consumidos por habitante del bloque de la CAN.

La Fig. 4c muestra que, para este indicador existe un conglomerado conformado por: Colombia, Ecuador y Perú, con valores y tendencias semejantes. Mientras que, Bolivia presenta valores distantes, con 733 kWh consumidos por persona en 2015. No obstante, se resalta el rápido crecimiento de este indicador desde el año 2005 en el caso boliviano, debido al programa de ampliación de la cobertura eléctrica.

La cobertura eléctrica boliviana en 2005 era del 70%, valor que fue incrementado hasta llegar al 88% de cobertura en 2015, implicando un acceso a la energía eléctrica para 1,15 millones de hogares, equivalentes al 38% del total de hogares en 2015. Este incremento está focalizado en hogares rurales, donde existía una cobertura eléctrica del 33%. De allí que, la política energética boliviana apunta a una cobertura del 100% a nivel nacional en 2025 [23]. Por tanto, existe una atención y acceso al servicio eléctrico de una demanda reprimida, que consecuentemente aumentará su requerimiento de bienes y servicios relacionados al consumo de energía eléctrica.

Respecto al consumo de leña por habitante, tenemos que Ecuador y Colombia redujeron este indicador, debido a la mayor cobertura del uso de gas natural en las residencias para el caso colombiano y por un mayor acceso a servicios básicos en regiones marginales, en el caso de Ecuador.

En Perú el indicador no ha presentado variaciones significativas, con excepción del incremento entre los años 2009 y 2010 (Fig. 4d). Causa probable, sería un efecto colateral del programa de sustitución del “querosene” por el GLP en las regiones rurales o aisladas [24]. Donde el difícil acceso y las malas condiciones económicas, implicaron una barrera para la penetración de combustibles comerciales [25]. Como consecuencia, en determinadas regiones se retomó el uso de leña para sus actividades. No obstante, con el mejoramiento logístico y operativo del programa del uso de GLP, se redujo rápidamente el uso de leña en los hogares.

En el caso boliviano, el mencionado indicador desde el año 2000 hasta el 2009 se ha mantenido estable (Fig. 4d), resaltando que el número de hogares que emplean esta fuente primaria en sus

actividades se ha reducido [26]. No obstante, existe un leve incremento del consumo de leña, por el uso de biomasa en el sector industrial para la producción de carbón o ladrillos, así como generación eléctrica en sectores aislados [23].

4.3. Intensidad Energética e Intensidad Energética Industrial

La principal crítica del índice de intensidad energética, es que la heterogeneidad industrial o las amplias diferencias en las estructuras económicas dificultan su análisis comparativo [27], [28]. De allí que, según Jiménez y Mercado (2014), mediante su estudio de este indicador para Latinoamérica, resaltaron la sensibilidad del mismo a los factores: renta per cápita, precios del petróleo y el crecimiento económico [29].

Considerando la baja asimetría del bloque y sus economías semejantes, permite que sus indicadores de intensidad que sean comparables entre ellos. Con lo cual, Colombia y Perú tendrían los menores consumos energéticos para la generación de una unidad de riqueza. Además de resaltar que estos Países han reducido paulatinamente su intensidad energética.

Por otro lado tenemos que Bolivia ha incrementado significativamente este indicador los últimos cinco años (Fig. 5a), probablemente por el incremento del uso de gas natural en sectores poco generadores de valor adicionado, como es el transporte. En el caso ecuatoriano, al no existir mudanzas en su estructura económica energética, tenemos que este indicador no ha variado significativamente.

Para a profundar el análisis, se presenta la relación del consumo energético industrial requerido para generar una unidad de riqueza en este mismo sector. Es decir, focalizar el análisis en un sector que genera valor adicionado a la sociedad. De forma que, la mayoría de los países requieren de 1-2 unidades energéticas para generar una unidad de riqueza en el sector industrial (Fig. 5b). Cifras que estarían próximas a los valores de América Latina y el Caribe (2,08), y de economías más industrializadas como Brasil (2,33) y Chile (1,99).

No obstante, el caso boliviano está fuera de este rango, ya que la industrial boliviana requeriría de 04 unidades energéticas para generar una unidad de riqueza industrial, esto probablemente, se justifica en una industria pequeña y muy relacionada a la producción primaria de insumos.

Si bien es cierto que Colombia y Perú muestran reducciones en la intensidad energética total, sus indicadores de intensidad energética industrial no han variado significativamente. Lo que implica, aumentos de eficiencia económico-energética en los sectores: servicios o agricultura. Sin descartar un aumento de eficiencia energética en el sector residencial.

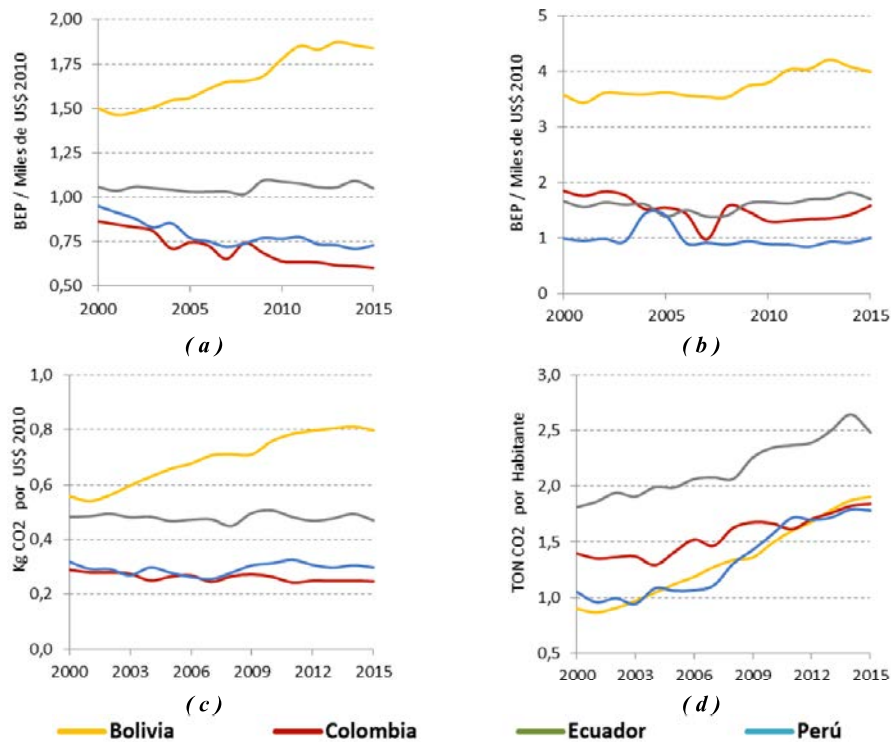


Figura 5: Intensidad Energética (a), Intensidad Energética Industrial (b), Intensidad de emisiones (c) y Emisiones per cápita (d)
 Fuente: Elaborado con datos del SIE-OLADE y CEPALSTAT

4.4. Intensidad en Emisiones y Emisiones per cápita

Existen diversas categorías de impacto ambiental como: uso de la tierra, falta de recursos, toxicidad humana, uso del agua, acidificación, cambio climático entre otros [30]. No obstante, los indicadores están orientados a la categoría cambio climático, de forma que, de todos los gases de efecto invernadero, nos centramos en las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Expuesto lo anterior, respecto al indicador de intensidad de emisiones, el cual mide el nivel de contaminación por unidad de riqueza generada. Tenemos que la mayoría de Países, con excepción de Bolivia, no presentan variaciones en el indicador (Fig. 5c); lo que implica, que durante el período de estudio los países no presentan mudanzas económica-ambientales o no ha existido penetración de tecnologías menos contaminantes en sus estructuras productivas.

En el caso boliviano, los indicadores de intensidad energética e intensidad de emisiones, tienen tenencias y crecimientos semejantes; además, que durante el período de estudio el PIB boliviano siempre estuvo en crecimiento [31]. De forma que, puede concluirse, que existió un incremento en el ratio de emisiones/energía consumida, el cual pasó de 0,37 kg CO₂/BEP en 2000 a 0,43 kg CO₂/BEP en 2015.

Respecto al indicador de emisiones per cápita, la Fig. 5d muestra que, el bloque de países, con excepción de Ecuador, conforman un conglomerado,

con un rango de 1,7-1,8 TON de CO₂ por habitante, valor que es inferior a los padrones brasileños y de América latina con de 2,34 y 2,9 TON de CO₂ por habitante respectivamente.

Las altas emisiones per cápita en Ecuador se justifican por el peso preponderante de su matriz energética petrolera, superando las 2 TON de CO₂ por habitante. No obstante, este valor es inferior a los niveles de emisiones de economías más contaminantes como: China, Rusia o Estados Unidos con 6, 12 y 16 TON CO₂ per cápita, respectivamente [32].

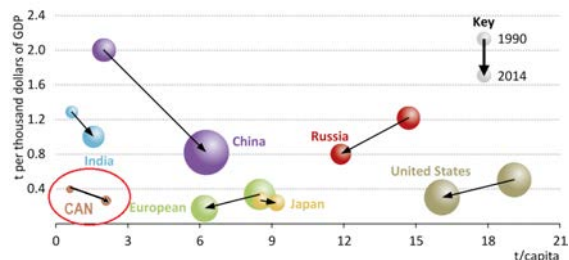


Figura 6: Emisiones per cápita vs Intensidad de Emisiones por Bloques Económicos
 Fuente: Adaptado de IEA (2015)

En el período de 1990 hasta 2014, tenemos por un lado que el bloque de la CAN ha incrementado sus emisiones per cápita, y por otro que la intensidad de emisiones ha disminuido. Además, que el bloque de Países mantiene indicadores relativamente bajos en comparación con otros bloques económicos (Fig. 6).

4.5. Intensidad de Emisiones en Sector Industria y Transporte

Dado que los sectores de Industria y Transporte son los principales responsables de la emisión de Gases Efecto Invernadero en el mundo [33]. Además que el sector industrial es un sector valor adicionado y que el sector transporte, que es el principal consumidor de energía (Fig. 3).

Durante el periodo de análisis es de resaltar que tanto la industria boliviana como la colombiana tuvieron penetraciones significativas de gas natural, con participaciones superiores al 30%, para consumo industrial, a pesar de que el gas natural es una fuente energética a menos contaminante que algunos tipos de combustibles. Tenemos que Bolivia ha incrementado su nivel de emisiones por unidad de riqueza industrial, mientras que en Colombia no ha tenido variación en este indicador (Fig. 7). Probablemente, se debería al uso del gas natural colombiano en sectores industriales de mayor valor agregado, generando más riqueza por unidad de emisión de CO₂.

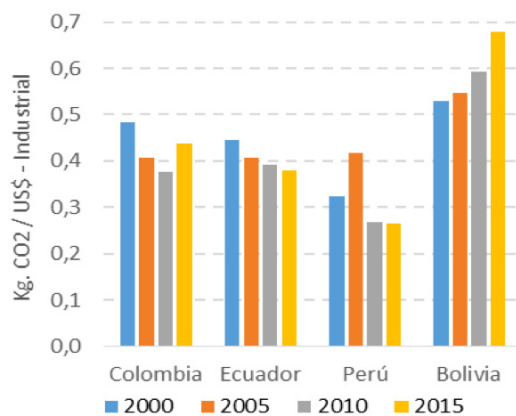


Figura 7: Intensidad de Emisiones Industria

Fuente: Elaborado con datos del SIE-OLADE y CEPALSTAT

Perú ha disminuido significativamente la intensidad de emisiones industrial, debido al desplazamiento del *fuel oil* por gas natural en el sector industrial. De allí que, la participación del *fuel oil* en el consumo industrial era del 44% en 2000, disminuyó a 1,83% en 2015. Mientras que el gas natural, el cual era empleado marginalmente, tuvo una participación del 29,2% del consumo industrial en 2015, implicando una reducción significativa de GEI.

Por otro lado, Ecuador la disminución leve de su indicador se debe al crecimiento económico del sector y mas no, a mudanzas estructurales energéticas-ambientales en el sector industrial.

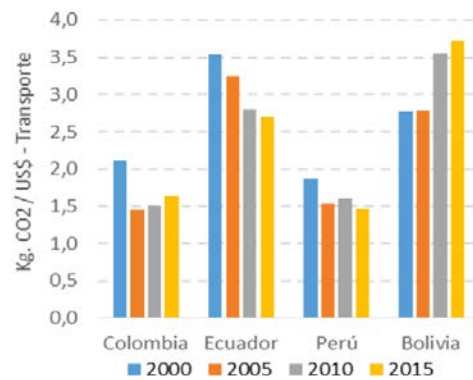


Figura 8: Intensidad Emisiones Transporte

Fuente: Elaborado con datos del SIE-OLADE y CEPALSTAT

Para el indicador de intensidad de emisiones en transportes, la Fig. 8 muestra que Ecuador ha reducido progresivamente este indicador, producto de la mejora en los tipos de combustibles y por la penetración de etanol dentro de su matriz de consumo final, política que tiene planes de expansión en el mediano plazo [34].

Por otro lado tenemos que, Bolivia presenta incrementos en el mismo indicador, a pesar de la penetración de gas natural vehicular; el rápido crecimiento del parque vehicular, agravado por la ineficiencia en el uso de combustibles [26], ha implicado incrementos en los consumos de diésel y gasolinas, y por ende incremento de emisiones de GEI. Los resultados del programa de uso de biocombustibles en el transporte colombiano [35], se ven reflejados en la disminución significativa de su intensidad de emisiones en transporte, valor que era superiores a los 2 kg. de CO₂ por unidad de riqueza en 2000, disminuyó a 1,5 kg. de CO₂ por unidad de riqueza para 2005.

5. ANÁLISIS COMPARATIVO

En la Fig. 9 se resalta que tanto Colombia y Perú, muestran muy buenos resultados en casi todos los indicadores. Sin duda, esta característica se debe a sus economías más industrializadas, generadoras de mayor cantidad de valor adicionado por unidad energética o ambiental. No obstante, es de resaltar que Perú tendría una baja ponderación en el consumo de leña por cápita.

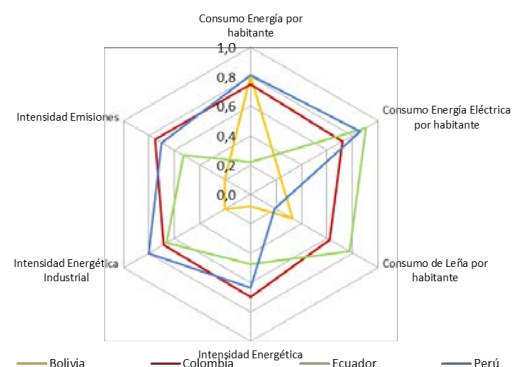


Figura 9: Análisis Comparativo

Bolivia presenta resultados poco favorables en sus indicadores y muy distante de los demás Países, característica que fue notoria en el análisis individual de los indicadores. Esta característica está asociada a una economía primaria y poco industrializada, implicando bajas generaciones de valor adicionado por unidad energética o ambiental. Pero, es de resaltar que durante el periodo de estudio, muchos indicadores de este País tuvieron mejoras significativas, con horizontes de crecimiento muy favorables.

Por su parte Ecuador, en general presenta buenas ponderaciones, sobre todo en los indicadores de consumo de energía eléctrica *per cápita* y consumo de leña *per cápita*. No obstante, su estructura económico-energética petrolera, opaca mejoras en sus indicadores medioambientales y de eficiencia energética.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En el periodo analizado el bloque muestra una mejoría tendencial de los indicadores, de los que resaltan con mejores resultados Colombia y Perú. Mientras que, Bolivia y Ecuador requerirían de procesos de industrialización o desarrollo de sectores económicos más especializados para superar el modelo primario.

Basados en la baja asimetría del bloque y la complementariedad entre Países, es recomendable determinar los posibles tipos de industrias comunes, que generen mayor valor adicionado, menor cantidad de emisiones y que permitan un desarrollo equitativo entre las sociedades.

Es necesario, estructurar políticas de uso eficiente en el sector transportes, principal consumidor de energía y generador de emisiones para todos los Países. Problemática que podría estar concentrada en transportes de pasajeros, implicando grandes inversiones o mudanzas en la estructura de urbana de transporte.

AGRADECIMIENTOS

A los pueblos de Ecuador y Brasil, que mediante sus impuestos contribuyen a la formación de profesionales de alto nivel, así como el fomento de la investigación científica para el desarrollo de nuestros Países.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] OLADE, “Sistema de información Energética - SIE,” Organización Latinoamericana de Energía, 2017. [Online]. Available: <http://www.olade.org/producto/sie-regional-2/>.
- [2] OLADE, “Manual de Estadísticas Energéticas,” Organ. Latinoam. Energía, vol. 53, p. 160, 2011.

- [3] M. G. Patterson, “What is energy efficiency?,” *Energy Policy*, vol. 24, no. 5, pp. 377–390, May 1996.
- [4] Oecd/Iea, “Energy Efficiency Indicators : Fundamentals on Statistics,” p. 387, 2014.
- [5] P.J. Marcotullio and N.B. Schulz, “Comparison of Energy Transitions in the United States and Developing and Industrializing Economies,” *World Dev.*, vol. 35, no. 10, pp. 1650–1683, 2007.
- [6] R. Ochoa, “Pobreza energética en América Latina,” Santiago de Chile, 2014.
- [7] E. Worrell, L. Price, N. Martin, J. Farla, and R. Schaeffer, “Energy intensity in the iron and steel industry: a comparison of physical and economic indicators,” *Energy Policy*, vol. 25, no. 7–9, pp. 727–744, 1997.
- [8] L. Rodríguez Ojeda, *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*, 1st ed. Guayaquil: ESPOL, 1999.
- [9] GESTIÓN, “Perú seguirá importando aceites crudos de petróleo por falta de exploración , afirma Comex,” *El Comercio SA*, Lima, pp. 1–3, 2017.
- [10] ANH, “Producción Mensual de Petróleo,” Bogotá, 2017.
- [11] ANH, “Recursos y Reservas de petróleo aumentaron en 7,9% durante 2015,” *Agencia Nacional de Hidrocarburos de Colombia*, Bogotá, pp. 2016–2017, 2017.
- [12] P. Castro, “Avaliação e projeção do consumo de energia do setor transportes no Equador Avaliação e projeção do consumo de energia do setor transportes no Equador,” *Universidad Estatal de Campinas*, 2017.
- [13] UPME, “Anuario Estadístico Minero Colombiano,” Bogotá, 2017.
- [14] ECOPETROL, “Proyecto de modernización Refinería de Barrancabermeja,” Bogotá, 2011.
- [15] EP PETROECUADOR, “Exitoso proceso de rehabilitación en refinería esmeraldas,” pp. 20–21, 2015.
- [16] UPME, “ESTADO DE LA EVALUACION DEL POTENCIAL HIDROENERGETICO DE COLOMBIA,” 2015.
- [17] Ministerio de Minas e Energia, “Atlas del potencial hidroeléctrico del Perú.” Lima, 2011.
- [18] Ministerio de Hidrocarburos y Energia, “Análisis de Escenarios : 2008-2027,” La Paz, 2009.

- [19] MEER, “Nuevo Modelo del Sector Eléctrico,” 2014.
- [20] A. Miketa, “Analysis of energy intensity developments in manufacturing sectors in industrialized and developing countries,” *Energy Policy*, vol. 29, no. 10, pp. 769–775, Aug. 2001.
- [21] World Bank Group, *Global Economic Prospects, January 2017 Weak Investment in Uncertain Times*, no. January. 2017.
- [22] UPME, “Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050,” *Unidad Planeación Min. Energética, Repub. Colomb.*, p. 184, 2015.
- [23] Ministerio de Hidrocarburos y Energía de Bolivia, “Plan Electrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025,” *La Paz*, 2014.
- [24] V. Murillo Huaman, “Acceso Universal a la Energía: Compensación Social y Promoción para el acceso al GLP como fuente de energía menos contaminante para la población más vulnerable del Perú,” 2013.
- [25] BID, “Energía Sustentable para Todos,” 2017.
- [26] E. Gómez, “Evaluación rápida del sector energía en Bolivia,” *La Paz*, p. 112, 2010.
- [27] J.-T. Bernard and B. Côté, “The measurement of the energy intensity of manufacturing industries: a principal components analysis,” *Energy Policy*, vol. 33, no. 2, pp. 221–233, 2005.
- [28] S. Voigt, E. De Cian, M. Schymura, and E. Verdolini, “Energy intensity developments in 40 major economies: Structural change or technology improvement?,” *Energy Econ.*, vol. 41, pp. 47–62, 2014.
- [29] R. Jimenez and J. Mercado, “Energy intensity: A decomposition and counterfactual exercise for Latin American countries,” *Energy Econ.*, vol. 42, pp. 161–171, 2014.
- [30] J. Seabra, “Avaliação do Ciclo de Vida aplicada à energia,” *Campinas*, pp. 1–3, 2016.
- [31] CEPAL, “CEPALSTAT WEB SERVICES,” *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*, 2015. .
- [32] IEA, “Energy and Climate Change,” *World Energy Outlook Spec. Rep.*, pp. 1–200, 2015.
- [33] WEC, “World Energy Resources 2016,” 2016.
- [34] MICSE, “Milagro y Yaguachi se suman al consumo de gasolina Ecopaís,” *Ministerio Coordinador de los Sectores Estratégicos*, 2016. .
- [35] UPME, “Biocombustibles en Colombia,” *Bogotá*, 2009.



Pedro Luis Castro Verdezoto.-

Nació en Guayaquil, Ecuador en 1982. Recibió su título de Ingeniero Industrial de la Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL en 2007; Máster en Energías Renovables de la Universidad de Zaragoza, en 2012; Máster en Planificación

Energética por la Universidad Estatal de Campinas en 2017 y actualmente está cursando estudios doctorales en la misma universidad. Su campo de investigación está relacionado con el desarrollo de modelos económicos-energéticos trabajando con modelos de equilibrio general, modelo insumo producto, prospectiva energética LEAP y análisis de ciclo de vida ACV.



María Pilar Castro.-

Nació en El Triunfo, Provincia del Guayas - Ecuador en 1986. Recibió su título de Ingeniera Comercial de la Universidad Estatal de Milagro UNEMI en 2010. Actualmente, se encuentra cursando sus estudios de Maestría en Desarrollo

Económico en la Universidad Estatal de Campinas UNICAMP-Brasil, en el Instituto de Economía. Su campo de investigación se el estudio de las condiciones socioeconómicas y las estructuras económicas de la sociedad con énfasis en el desarrollo económico regional y urbano.



Marcelo Pereira da Cunha.-

Nació en Sao Paulo, Estado de Sao Paulo - Brasil en 1967. Recibió su título de Ingeniero Mecánico de la Universidad de Sao Paulo USP en 1993; Master en Matemática Aplicada (2005) y Doctor en Planificación Energética (2011) por la

Universidad Estatal de Campinas UNICAMP. Actualmente es Profesor Principal del Instituto de Economía de la UNICAMP, actuando en las áreas de economía matemática y economía empresarial. Tiene experiencia en el desarrollo de modelos económicos para analizar los impactos socioeconómicos y medio ambientales debido a la implementación de políticas, mudanzas tecnológicas o estructurales en la economía.