



Análisis multi-criterio de la transformación del sector productivo en el Paraguay: el rol de la energía eléctrica

Eduardo Ortigoza, Arturo González, Aldo Martínez, Gerardo Blanco

Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos, Facultad Politécnica - UNA

Paraguay

RESUMEN

Los países que han sido más exitosos en términos de desarrollo económico se han caracterizado por tener sistemas de producción con mayor valor agregado y complejidad. En el Paraguay, aunque el país ha mostrado un crecimiento económico importante en los últimos años, la población general no percibe directamente el desarrollo económico, ya que este crecimiento se ha basado primordialmente en actividades agropecuarias de capital intensivo sin mucho valor agregado y salida laboral directa. Sin embargo, el país cuenta con grandes ventajas comparativas en su sector productivo que se podrían utilizar para fomentar una fuerte expansión de dicho sector y así obtener un desarrollo económico sólido y sustentable. Ante este escenario se ha instalado la pregunta de ¿cómo invertir de manera eficiente los recursos humanos, energéticos y financieros limitados para lograr un cambio hacia el desarrollo económico sostenible y con inclusión social? Como respuesta a esta cuestión, este trabajo propone utilizar el método del Espacio Producto (EP), en combinación con el método del Proceso Analítico Jerárquico (AHP), para realizar un análisis y una selección de los sectores productivos que permitirían invertir de manera más eficiente los recursos limitados antes mencionados. El EP es la representación gráfica de todos los productos que son exportados en el comercio mundial, este nos permite observar los productos que están más cercanos y que se podrían producir en el país. Pero este enfoque no permite seleccionar los bienes a producir de acuerdo al contexto específico de una economía. Ante este escenario se propuso la aplicación del método AHP para la selección de los productos a ser elaborados. El AHP es una técnica utilizada para la toma de decisiones y se basa en realizar la distribución de las decisiones a tomar en función de una jerarquía que ayuda a visualizar cual o cuales son las decisiones que podría generar un mayor impacto en el objetivo buscado. Por medio del análisis del EP, se han seleccionado los productos con mayor potencial, considerando las capacidades existentes. Posteriormente, se ha aplicado un modelo integral AHP para evaluar los productos y así obtener la mejor alternativa para impulsar una economía más compleja. Los criterios escogidos para la evaluación AHP han sido el económico, social, ambiental, de oportunidad y de factibilidad. Para este artículo cuatro alternativas, sectores económicos representados por el mejor producto de las mismos, son evaluados: (A1) sector agrícola (soja); (A2) sector ganadero (carne fresca de animales); (A3) sector manufacturero (cuero y pieles) y (A4) sector industrial (energía eléctrica). Los resultados del AHP muestran que la mejor alternativa bajo los criterios analizados es desarrollar los productos que tengan mayor proximidad a la *energía eléctrica*. Finalmente, realizando el análisis combinado EP-AHP, hemos encontrado que el Paraguay debería impulsar las industrias de la madera, aluminio y máquinas agrícolas en ese orden de prioridad. Impulsando estas industrias, se podría conseguir una diversificación de la canasta exportadora y se lograría una economía más compleja, sustentable y de mayor valor agregado.

PALABRAS CLAVES

Crecimiento Económico, Ventaja Comparativa, Espacio Producto (EP), Proceso Analítico Jerárquico (AHP), Industria.



1. INTRODUCCIÓN

Aunque el Paraguay ha mostrado un crecimiento económico importante en la última década, tal crecimiento no se ha filtrado a la población general ya que se ha basado en actividades agropecuarias con un valor agregado limitado. Sin embargo, el país cuenta con grandes ventajas comparativas que se podrían utilizar para fomentar la fuerte expansión de un sector industrial más complejo. Ante este escenario se ha instalado la pregunta de ¿cómo invertir de manera eficiente los recursos limitados para lograr un cambio hacia el desarrollo económico sustentable? En la búsqueda de las respuestas a estas cuestiones, este trabajo utiliza el método del Espacio Producto (EP), en combinación con un Proceso Analítico Jerárquico (AHP), para realizar un análisis y una selección de los sectores productivos que permitirían destinar de manera más eficiente los recursos limitados más arriba mencionados. El EP es la representación gráfica de todos los productos que son exportados en el comercio mundial, este nos permite observar los productos que están más cercanos y que se podrían producir en el país. Pero este enfoque no permite seleccionar los bienes a producir de acuerdo al contexto específico de una economía. Ante este escenario se propuso la aplicación del método AHP para la selección de los productos a ser elaborados. El AHP es una técnica utilizada para la toma de decisiones y se basa en realizar la distribución de las decisiones a tomar en función de una jerarquía que ayuda a visualizar cual o cuales son las decisiones que podría generar un mayor impacto en el objetivo buscado.

De acuerdo a la teoría de la Complejidad Económica [1], la trayectoria de crecimiento socio-económico de un país está vinculada a su capacidad de exportar productos con mayor sofisticación además de la diversificación de los bienes que son elaborados en el país. El objetivo principal de este enfoque es el de identificar productos más complejos y de mayor valor agregado que son más cercanos a los bienes que actualmente se producen en un país. Sin embargo, este enfoque no permite elegir los sectores a desarrollarse de acuerdo al contexto específico de una economía. Para salvar esta brecha, nosotros proponemos identificar nuevos sectores de acuerdo al método EP y posteriormente analizarlos con la técnica multicriterio de toma de decisiones AHP teniendo en cuenta criterios de evaluación económico, social, ambiental, de oportunidad y de factibilidad. De esta manera, sostenemos que la identificación de nuevos productos, a través del método EP, y su posterior producción implicaría la utilización eficiente del capital humano, físico y tecnológico ya instalados en el país.

Así encontramos que los sectores con fortalezas para impulsar una economía más compleja del Paraguay son las industrias de la madera, cemento, plástico, entre otras.

Este artículo se presenta como sigue: Objetivo General, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión y Conclusiones.

2. OBJETIVO

Determinar, los sectores con fortalezas para impulsar el desarrollo económico del Paraguay, identificando una hoja de ruta hacia un sector productivo más complejo, sofisticado y con mayor valor agregado.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Espacio Producto (EP)

La representación en una red de todos los productos que son exportados en el mundo es conocida como “Espacio Producto”. En la Fig. 1 se muestra una visualización del EP mundial a partir de datos de comercio global (UNCOMTRADE) [2]. Los nodos representan a los productos y sus tamaños son proporcionales a sus volúmenes de participación en el comercio mundial. Los colores de los nodos corresponden a la clasificación de los productos. Los enlaces son las distancias entre los productos, determinados por la proximidad. Para la

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

construcción del EP se emplean dos indicadores fundamentales: la Ventaja Comparativa Revelada y la Proximidad.

La Ventaja Comparativa Revelada (VCR) permite conocer la especialización de la canasta exportadora. Este índice se utiliza para conocer los bienes para los cuales existirían capacidades (tecnológicas, físicas e institucionales) y que están siendo exportados. En concreto, para obtener el índice VCR se aplica la Eq. 1:

$$VCR(Ai) = \frac{\left(\frac{X_{iA}}{X_A}\right)}{\left(\frac{X_{iW}}{X_W}\right)} \quad (1)$$

Donde X_{iA} son las exportaciones del bien i del país A , X_A son las exportaciones totales del país A , X_{iW} son las exportaciones mundiales de bien i , y X_W son las exportaciones totales mundiales.

Proximidad (ϕ_{ij}): Hausmann [3] calcula la proximidad de dos productos i, j como la mínima distancia entre la probabilidad de que los países puedan exportar un producto i con ventaja comparativa revelada, dado que exportan el bien j y la probabilidad de que los países puedan exportar un bien j , dado que exportan el producto i con ventaja comparativa revelada. Formalmente, para un par de bienes definimos Proximidad como:

$$\phi_{ij} = \min\{P(VCR_i > 1 | VCR_j > 1), P(VCR_j > 1 | VCR_i > 1)\} \quad (2)$$

A partir de la Eq. 2 se puede elaborar una matriz de proximidades entre los bienes que conforman el EP.

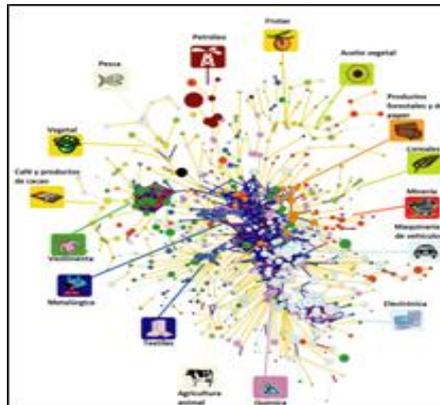


Figura 1: Espacio Producto [4]

3.2. Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

El método AHP es una herramienta sistemática para la evaluación y selección de alternativas que tengan un marco bien fundamentado en lo matemático y simple en su aplicación [5]. El método AHP permite derivar escalas relativas utilizando el juicio o datos estándar, realizando operaciones aritméticas posteriores en tales escalas [5].

El método AHP es un proceso estructurado e interactivo para evaluar alternativas que permite integrar datos “duros” con opiniones subjetivas. Este proceso se basa en tres pasos. Lo primero es establecer criterios a ser considerados y las alternativas disponibles para ser evaluadas. Esto se puede representar de manera jerárquica, facilitando la generación de las alternativas y la identificación de los criterios para su evaluación. La Fig. 2 muestra la jerarquía de las decisiones para la selección de las alternativas.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

El segundo paso es la obtención de los juicios de comparación por pares para la evaluación de los elementos de cada nivel contra los elementos del nivel superior del árbol jerárquico. El tercer paso es establecer las prioridades globales de las alternativas y evaluarlas aplicando un algoritmo que determine la importancia de cualesquiera sean las opciones. Como resultado, se escoge la alternativa que presente mayor prioridad en base a los criterios analizados. En cada caso, se analiza el índice de consistencia de los juicios emitidos [6].

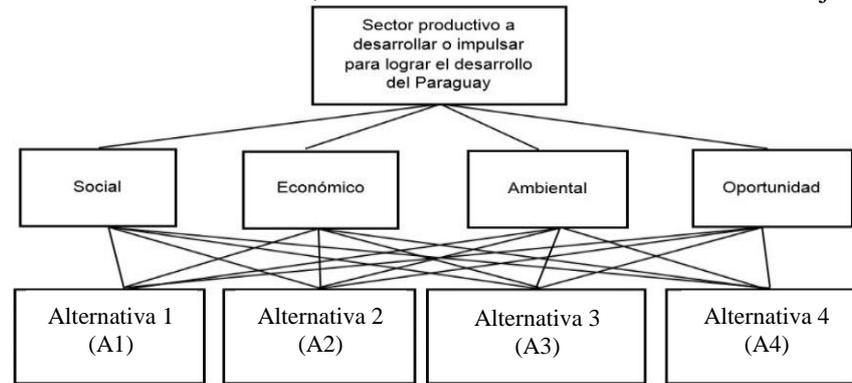


Figura 2: Árbol Jerárquico de Decisiones

Se desarrolló una metodología que consta de un proceso general de tres etapas

a) Primera etapa

Se parte con un análisis del sector productivo del Paraguay, para identificar cuáles son los productos hechos en el país que son representativos a nivel mundial. Posteriormente, se tomaron los sectores productivos más relevantes con el objeto de realizar una evaluación sectorial y posteriormente una evaluación intersectorial, ambas con el método AHP. Para facilitar la elección y favorecer la realización del análisis, se establecieron los criterios de valoración a utilizar. Para ambas evaluaciones se utilizaron los siguientes criterios:

Criterio Económico: los pesos de las alternativas para este criterio se calcularon de acuerdo a los índices de Ventaja Comparativa Revelada (VCR).

Criterio Social: los pesos de las alternativas para este criterio están basados en el número de empleos que se genera con cada producto.

Criterio Ambiental: los pesos de las alternativas para criterio se calcularon en base a la tasa de emisión de gases de efecto invernadero (tCO_2e). Las ponderaciones cualitativas se realizaron en base a la generación de gases de efecto invernadero de cada producto.

Criterio de Oportunidad: los pesos de las alternativas para este criterio se obtuvieron en base al Índice de Complejidad de Producto (ICP) [8].

Para la evaluación sectorial se tienen en cuenta cuatro sectores: A1) agrícola, A2) ganadero, A3) manufacturero y A4) industrial. Se establecieron para cada sector los cinco mejores productos exportados de acuerdo al índice de VCR. Luego, esos productos fueron evaluados mediante la técnica AHP bajo los criterios mencionados anteriormente quedando un solo producto por sector. Para este caso de estudio, cada criterio se pondera con el mismo peso, como punto de partida de análisis.

En el caso de la evaluación intersectorial, posteriormente, se realizó un cálculo similar al anterior considerando los mejores productos de cada sector (A1, A2, A3 y A4). Asumiendo que las prioridades de los criterios de evaluación tienen igual valor y son los mismos del análisis previo, se obtuvo así el mejor producto.

b) Segunda etapa

Entonces se procedió a analizar el EP, buscando los bienes más cercanos (con mayor conexión primaria) al producto prioritario. Con esto se pudieron obtener los nuevos bienes que comparten las capacidades

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

productivas con las que se cuentan actualmente en el país. Se utilizó como fuente primaria el "Atlas de la complejidad económica" [4] del CID Harvard bajo la codificación HS92 [7].

c) Tercera etapa

En esta etapa se evaluaron los nuevos productos obtenidos, y los productos más cercanos al "producto prioritario", mediante la metodología AHP. Para esta evaluación, cada criterio se pondera los criterios con el mismo peso. En esta etapa, los bienes fueron evaluados teniendo en cuenta los criterios (económico, de oportunidad, ambiental y social) más uno de factibilidad, donde el criterio de factibilidad está dado por la Proximidad. Los pesos de las alternativas para este criterio se obtuvieron en base a la proximidad entre los productos (ϕ_{ij}).

Para el criterio económico, en esta etapa se utilizó el valor total de exportación (en US\$) a nivel mundial de cada producto "nuevo" para el año 2014. Los demás criterios son los mismos utilizados en la primera etapa. Al finalizar la priorización de los nuevos bienes, se los agrupó, tomando en cuenta sus características de producción, obteniendo así un ranking de los mejores sectores.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3. Primera etapa

Para los análisis sectoriales e intersectoriales se consideraron con el mismo peso (1) a todos los criterios, como se detalla en la Tabla 1.

Tabla I: Prioridades compuestas de criterios Análisis sectorial-intersectorial

CRITERIOS	Oportunidad	Económico	Social	Ambiental
Oportunidad	1	1	1	1
Económico	1	1	1	1
Social	1	1	1	1
Ambiental	1	1	1	1
Vector Propio	0,25	0,25	0,25	0,25

Los resultados de la evaluación sectorial se pueden apreciar en la Tabla 2.

Las evaluaciones sectoriales arrojaron el siguiente resultado: Para el sector A1, la "Soja" es la alternativa de mayor peso. En el sector A2 la "Carne fresca" presenta mayor peso. En el sector A3, "Cueros y Pielés" obtuvo mayor peso. Por último, el sector A4 muestra a la "Energía Eléctrica" como alternativa de mayor peso. El resultado de la evaluación intersectorial se observa en la Tabla 3.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

Tabla II: Resultados de las evaluaciones sectoriales

<i>Sector Agrícola</i>		<i>Sector Ganadero</i>	
Alternativas	%	Alternativas	%
Soja	26,25	Carne congelada	21,97
Maíz	19,38	Tripas, vejigas etc.	15,11
Arroz	9,14	Carne fresca	24,89
Carbón Vegetal	22,41	Grasa de animales	21,42
Yerba Mate	22,82	Productos animal	16,61
<i>Sector Manufacturero</i>		<i>Sector Industrial</i>	
Alternativas	%	Alternativas	%
Mantas	20,44	Energía Eléctrica	35,19
Abrigos, etc.	17,41	Aceite de soja	25,44
Prendas, etc.	17,16	Hilados	13,17
Cuero y Pieles	27,74	Insecticidas, etc.	12,94
Manufactura tripas	17,25	Hilos, cables, etc.	13,26

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

La evaluación intersectorial arrojó que la estrategia A4 tiene el mejor desempeño (50,77%). Por lo tanto, el mejor producto de exportación es la “Energía Eléctrica”.

Tabla III: Resultados de la evaluación intersectorial

Alternativas	%
(A1) Soja	16,07
(A2) Carne fresca	18,23
(A3) Cuero y Pieles	14,94
(A4) Energía Eléctrica	50,76

3.4. Segunda Etapa

De acuerdo al análisis del EP, se identificaron los bienes más cercanos al producto “prioritario” (Energía Eléctrica).

Tabla IV: Productos con mayor conexión primaria a la “Energía Eléctrica”

Cód. HS92	Productos
0401	Leche y nata (crema), sin concentrar, sin adición de azúcar ni otro
7309	Depósitos, cisternas, cubas y recipientes similares para cualquier
7217	Alambre de hierro o acero sin alear.
7010	Bombonas (damajuanas), botellas, frascos, tarros (bocales), potes
6810	Manufacturas de cemento, hormigón o piedra artificial, incluso armadas
3925	Artículos para la construcción, de plástico, no expresados ni comprendidos
4415	Cajones, cajas, jaulas, tambores y envases similares, de madera
9403	Los demás muebles y sus partes
8432	Máquinas, aparatos y artefactos agrícolas, hortícolas o silvícolas, etc.
7616	Las demás manufacturas de aluminio.

3.5. Tercera Etapa

Tabla V: Prioridades compuestas de criterios análisis de los nuevos productos

CRITERIOS	Oportunidad	Económico	Social	Ambiental
Oportunidad	1	1	1	1
Económico	1	1	1	1
Social	1	1	1	1
Ambiental	1	1	1	1
Vector Propio	0,25	0,25	0,25	0,25

Para esta etapa, se consideraron con el mismo peso (1) a todos los criterios. Luego de aplicar el método AHP, los resultados del análisis arrojaron que “Los demás muebles y sus partes” tiene el mayor peso (19,60 %).

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

Tabla VI: Resultados de la evaluación de los nuevos productos

Productos	%
Los demás muebles y sus partes.	19,60
Manufacturas de cemento, hormigón.	16,74
Bombonas (damajuanas), botellas, frascos, etc.	10,51
Cajones, cajas, tambores y envases similares de madera.	9,43
Las demás manufacturas de aluminio.	9,06
Artículos para la construcción, de plástico.	8,70
Máquinas, aparatos y artefactos agrícolas, hortícolas.	7,69
Alambre de hierro o acero sin alear.	6,47
Depósitos, cisternas, y otros recipientes.	6,43
Leche y nata (crema), sin concentrar, etc.	5,36

Al finalizar la priorización de los nuevos bienes se los agrupó y fueron seleccionados los ocho mejores sectores.

Tabla VII: Prioridades de los sectores industriales asociados a los nuevos productos

Sector Productivo	Prioridad
Industria de la Madera	29,03%
Industria de Cemento	16,74%
Industria del Plástico	15,14%
Industria de Vidrio	10,51%
Industria del Aluminio	9,06%
Industria de las Máquinas Agrícolas	7,69%
Industria de Hierro	6,47%
Industria Láctea	5,36%

En resumen, podemos decir que existe potencial en Paraguay para impulsar las industrias de la madera, cemento, plástico, vidrio, aluminio, máquinas agrícolas, hierro y lácteas, en ese orden de prioridad. Una vez obtenido el ranking de los sectores se procedió a realizar el análisis de sensibilidad.

5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad se realizó variando los valores de los criterios de evaluación y se observó si es que hay un cambio en el orden de las prioridades de las alternativas. A continuación, en la Tabla VIII se muestran los resultados del análisis de sensibilidad de forma detallada para el resultado de la evaluación intersectorial.

Tabla VIII: Resultados del análisis de sensibilidad. Variación de un solo criterio.

	Criterios Iguales	C1	C2	C3	C4
Soja	16,07%	12,46%	19,26%	14,01%	18,53%
Carne de animales	18,23%	21,05%	16,42%	15,45%	19,97%
cuero y pieles	14,94%	13,06%	14,56%	19,42%	12,69%
Energía Eléctrica	50,77%	53,42%	49,75%	51,11%	48,80%

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
25 y 26 de Agosto de 2016

Se puede observar en la tabla de arriba, que para todas las variaciones de los criterios el resultado para todos los casos no varía; siempre se mantiene como el mejor producto de exportación la *Energía Eléctrica*, lo que cambia son los porcentajes de este. También, se realizó el análisis variando de a dos criterios. En la Tabla IX se puede observar los resultados de las variaciones de a dos los criterios.

Tabla IX: Resultados del análisis de sensibilidad. Variación de dos criterios.

	Criterios Iguales	C1,C2	C1,C3	C1,C4	C2,C3	C2,C4	C3,C4
Soja	16,07%	15,75%	11,82%	15,21%	16,92%	20,31%	16,38%
Carne de animales	18,23%	19,00%	18,27%	21,66%	14,79%	18,19%	17,46%
cuero y pieles	14,94%	13,25%	16,90%	11,85%	18,02%	12,97%	16,62%
Energía Eléctrica	50,77%	52,00%	53,02%	51,28%	50,26%	48,53%	49,55%

Se puede observar que para ninguna de las variaciones el resultado varia, esto nos muestra que para cualquiera sea los pesos que se les otorgue los resultados finales no varía, solamente lo que cambia son los porcentajes del resultado final.

6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la situación actual de la canasta exportadora y las capacidades que actualmente existen en Paraguay, la decisión sobre cuales sectores desarrollar puede llegar a ser muy compleja debido a que existen múltiples factores que influyen en ella. En este contexto, el principal aporte de este estudio es la combinación del EP con el AHP como un enfoque multicriterio para la identificación de oportunidades de transformación del sector productivo. Una vez realizado el análisis del sector productivo, se logró seleccionar los nuevos productos con mayor potencial mediante la metodología del EP. Posteriormente, se ha aplicado un modelo integral AHP para evaluar los productos y así obtener una hoja de ruta para impulsar un desarrollo económico sólido y sustentable.

En base a los análisis realizados se concluye que en el Paraguay se deberían impulsar o desarrollar las industrias de la madera (31,43 %), plástico (17,25 %), aluminio (11,75 %), máquinas agrícolas (9,34 %), cemento (8,77 %), láctea (7,85 %), hierro (7,31 %) y vidrio (6,32 %). Si se impulsan estas industrias, se podría iniciar una diversificación de la canasta exportadora y se lograría con el tiempo una economía más compleja, sustentable y de mayor valor agregado.

BIBLIOGRAFIA

- [1] R. Hausmann and B. Klinger, “Structural transformation and patterns of comparative advantage in the product space,” 2006.
- [2] U. Comtrade, “United Nations commodity trade statistics database,” URL: <http://comtrade.un.org>, 2010.
- [3] R. Hausmann and B. Klinger, The structure of the product space and the evolution of comparative advantage. Center for International Development at Harvard University, 2007.
- [4] R. Hausmann, R. Vuillemot, M. Coscia, M. Akmanalp, and L. B. (2014) The atlas of economic complexity. [Online]. Available:<http://atlas.cid.harvard.edu/>
- [5] T. L. Saaty, “How to make a decision: the analytic hierarchy process,” Interfaces, vol. 24, no. 6, pp. 19–43, 1994.
- [6] R. V. Vargas and P. IPMA-B, “Using the analytic hierarchy process (AHP) to select and prioritize projects in a portfolio,” in PMI global congress, 2010.
- [7] W. Antweiler, “Harmonized commodity description and coding system,” Faculty of Commerce and Business Administration, University of British Columbia (pacific.commerce.ubc.ca/trade/hs.html), 2001.