

ANÁLISIS DE LAS CAPACIDADES PRODUCTIVAS EN LA REPÚBLICA DEL PARAGUAY, MEDIANTE EL MODELO ECONOMIC FITNESS Y DE TAXONOMÍA DE PRODUCTOS PARA EL PERIODO 2013-2022

Autores: Delgado, Genesis; genamarilla@gmail.com

Ramírez, María Sol; masolramirezar@gmail.com

Orientador/a: González, Arturo; arturogonzalez@pol.una.py

Facultad Politécnica

Resumen

En un mundo donde la competitividad económica es medida por la diversificación productiva, entender qué hace a un país más próspero que otro es importante. Paraguay ha crecido sostenidamente gracias a sus recursos naturales, pero ¿hasta qué punto ha desarrollado las capacidades necesarias para competir en mercados globales más sofisticados? Para evaluar la evolución productiva de un país, es fundamental analizar no solo el volumen de sus exportaciones, sino también la complejidad de los bienes que produce y su capacidad de diversificación. Este estudio examinó las capacidades productivas de Paraguay entre los años 2013 y 2022 utilizando el modelo de Economic Fitness y Taxonomía de Productos. El Economic Fitness es un enfoque basado en redes complejas que mide la competitividad productiva de un país según la diversidad y sofisticación de su canasta exportadora, mientras que la Taxonomía de Productos clasifica los bienes en función de las capacidades productivas necesarias para su fabricación. A través de un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, se desarrollaron dos modelos matemáticos computacionales basados en datos de comercio internacional. Los resultados revelaron que la economía paraguaya sigue dependiendo en gran medida de productos primarios con bajo valor agregado, lo que limita su desarrollo económico. No obstante, el análisis de la red de taxonomía de productos permitió identificar oportunidades estratégicas para incrementar la complejidad productiva. Impulsando la diversificación en bienes de mayor sofisticación, Paraguay podrá fortalecer su competitividad, reducir su dependencia de productos básicos y avanzar hacia un desarrollo económico más sostenible.

Palabras clave: Taxonomía de Productos, Economic Fitness, Capacidades productivas.

Introducción

La diversificación de las economías nacionales y el desarrollo de capacidades productivas avanzadas se han convertido en temas prioritarios dentro de la investigación económica global. En un contexto cada vez más competitivo, los países buscan estrategias que les permitan aumentar su complejidad económica y, con ello, mejorar su posicionamiento en el mercado internacional. (Hausmann, R., et al., 2013)

Los países tienden a favorecer el desarrollo de su estructura productiva mediante la elaboración y posterior exportación de productos más complejos, lo cual no solo contribuye a una mayor diversificación de la economía, sino que también aumenta las probabilidades de alcanzar niveles más elevados de desarrollo económico y social (González, A., 2019).

En el contexto de Paraguay, la economía presenta una dependencia significativa de sectores primarios y de bienes con bajo valor agregado, lo que limita su competitividad global y su capacidad de adaptación a las demandas internacionales. El país ha experimentado un crecimiento económico sostenido en las últimas décadas, reflejado en el aumento del Producto Interno Bruto (PIB) (Ver **Figura 1**). Entre 1995 y 2024, la tasa de

crecimiento promedio anual ha sido del 3,05% (Trading Economics, 2024), con una tendencia acelerada en los últimos años. Sin embargo, la estructura de su canasta exportadora pone en evidencia la necesidad de diversificación y transición hacia una economía más compleja, la cual en los últimos años ha estado dominada por productos primarios, como la soja, la carne y el maíz. (Observatorio de Complejidad Económica, 2022).

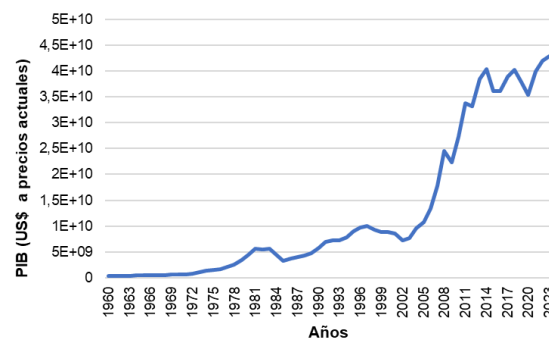


Figura 1: Crecimiento anual PIB a precios constantes. Periodo 1960 a 2023. Banco Mundial. 2025

Ante este escenario, el presente trabajo propone una metodología basada en los conceptos generales de Economic Fitness (Tacchella et al., 2012) y Taxonomía de Productos (Zaccaria, A., et al., 2014) con el fin de analizar las capacidades productivas de la República del Paraguay. Por lo tanto, se plantea la construcción de dos Modelos Matemáticos Computacionales: Economic Fitness y Taxonomía de Productos. Para ello, se busca aplicar inicialmente casos prácticos ficticios que permitan validar la literatura estudiada, y así lograr la

obtención de resultados con datos reales del comercio mundial. Una vez obtenidos dichos resultados, se propone diseñar una red de taxonomía.

Según los principales exponentes, esta Taxonomía de Productos permite organizar bienes de acuerdo con las capacidades necesarias para su producción, identificando las interdependencias entre ellos y las rutas posibles para avanzar hacia bienes de mayor complejidad. Por su parte, el modelo de Economic Fitness ofrece una perspectiva no lineal que evalúa la competitividad industrial de los países en función de su canasta exportadora, vinculando la diversificación y sofisticación productiva con el desarrollo económico sostenible. (Cristelli, M., et al., 2015).

Objetivos

Objetivo General

Analizar las capacidades productivas en la República del Paraguay para el periodo 2013 – 2022 mediante la teoría del Economic Fitness y el modelo de Taxonomía de Productos.

Objetivos Específicos

- Identificar fuentes de datos de comercio internacional para el análisis de las capacidades productivas para el periodo 2013 -

2022.

- Diagnosticar la situación actual de las capacidades productivas existentes en la República del Paraguay desde la perspectiva del Economic Fitness.
- Desarrollar un modelo matemático-computacional para construir una red de Taxonomía de Productos de la República del Paraguay basada en la teoría de Economic Fitness para el periodo 2013 - 2022.

Materiales y Métodos

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental y un corte longitudinal. Es correlacional, descriptivo y exploratorio, ya que analiza relaciones entre variables en la clasificación de productos, caracteriza las capacidades productivas y aborda un tema poco sistematizado. Se utilizan datos numéricos de fuentes secundarias para el periodo 2013-2022, permitiendo observar tendencias y validar modelos computacionales aplicados primero a un caso ficticio y luego a datos reales, con el fin de construir la taxonomía de productos del Paraguay.

Primera etapa.

Se realizó una revisión sistemática y detallada de la literatura sobre Complejidad

Económica, Economic Fitness y Taxonomía de Productos, lo que permitió identificar las principales tendencias en estos campos. Además, se destacaron los métodos más consolidados y las herramientas metodológicas empleadas en investigaciones previas, así como las regiones que han aplicado estos modelos, analizando sus diferencias y enfoques. Posteriormente se desarrollaron tanto el diseño metodológico formal como la ingeniería de diseño para el presente trabajo.

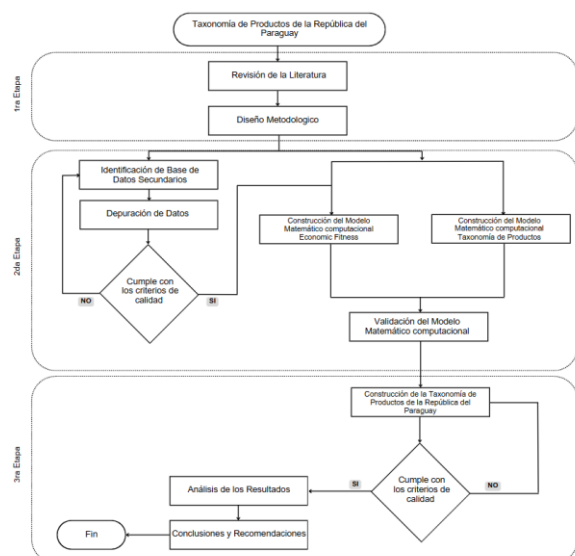


Figura 2: Esquema Metodológico Propuesto

Segunda Etapa

El siguiente paso fue seleccionar fuentes confiables, para luego proceder con la obtención y depuración de los datos. Para esta investigación, los datos fueron obtenidos de fuentes de acceso libre, entre ellas el Atlas de Complejidad Económica de la Universidad de Harvard (Atlas of

Economic Complexity Dataverse - Harvard University), que proporciona información detallada sobre exportaciones a nivel global. Asimismo, se accedió a las bases de datos del Banco Mundial y del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) para obtener información sobre el PIB y el IDH, respectivamente.

Dado que la calidad y confiabilidad de los datos comerciales, en particular los de exportación, son esenciales para obtener resultados precisos la estandarización de la información es fundamental para garantizar coherencia en el análisis y en la construcción de la taxonomía de productos. Por esa razón, se utilizó el Sistema Armonizado (Harmonized System - HS), una nomenclatura estándar ampliamente empleada a nivel internacional, establecida por la Organización Mundial de Aduanas, para la codificación y categorización de bienes. (Organización Mundial del Comercio, s.f.)

Seguidamente, se realizó el proceso de depuración de datos que comenzó con la conversión de los archivos originales en formato. *.dca a *.xls, utilizando la herramienta Python.

A continuación, se seleccionó el período de estudio en función de la disponibilidad de datos sobre los índices de Economic Fitness del Banco Mundial, necesarios para la validación posterior del análisis. El último año disponible para estos valores fue 2022, por lo que se determinó un

período de estudio de 10 años, comprendido entre 2013 y 2022.

Posteriormente, se llevó a cabo la selección de países y productos. Para la selección de países, se incluyeron únicamente aquellos disponibles en la base de datos del Banco Mundial, con el objetivo de garantizar la coherencia de los datos y facilitar la validación de los resultados. Como consecuencia, el número de países se estandarizó en 171.

En cuanto a los productos, el criterio de selección se basó en la menor cantidad de productos disponible en las 10 bases de datos (correspondientes a los años 2013-2022). De este modo, se unificó el número de productos en 1.219.

Finalmente, el proceso dio como resultado 10 bases de datos, cada una con 171 países y 1.219 productos, listas para el análisis.

Después de depurar las bases de datos, se estandarizó la identificación de países y productos para facilitar su interpretación. Los países, originalmente codificados con el sistema M49, fueron convertidos al formato ISO-Alpha-3 mediante un diccionario en Excel. De forma similar, se creó un diccionario para los productos, transformando los identificadores numéricos del Growth Lab al sistema HS-92, adoptado como referencia. Para construir el modelo de Economic Fitness, se realizó primero un análisis detallado de la teoría correspondiente, seguido del

desarrollo de un caso práctico ficticio para consolidar los conocimientos.

Se parte de una matriz de exportaciones construida con 4 países y 5 productos ficticios, que contiene el total de exportaciones de un año en millones de dólares, como se muestra en la Tabla 1.

Matriz de Exportaciones					
Producto \ País	p1	p2	p3	p4	p5
C1	26661	47024	12314	31204	42168
C2	25193	17477	40416	41264	3920
C3	17530	5906	46305	8846	9383
C4	33071	49174	31008	30619	14568

Tabla 1: Total de exportaciones (millones de USD)

El segundo paso consiste en calcular la matriz de Ventaja Comparativa Revelada.

Cálculo de la matriz VCR

$$VCR_{cp} = \frac{\frac{X_{cp}}{X_{cT}}}{\frac{X_{Mp}}{X_{MT}}}$$

Reemplazando:

$$VCR_{cp} = \frac{\frac{X_{c1p1}}{X_{c1T}}}{\frac{X_{Mp1}}{X_{MT}}} \rightarrow VCR_{c1p1} = \frac{\frac{26661}{159371}}{\frac{102455}{534051}} \rightarrow VCR_{c1p1} = 0,8720005$$

Se repite el procedimiento para cada producto de cada país.

A partir de la Matriz VCR construimos la matriz binaria país – producto teniendo en cuenta que:

$$M_{cp} = \begin{cases} 1, & \text{Si } VCR_{cp} \geq 1 \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Siguiendo con el ejemplo del primer país con el primer producto:

$$M_{c1p1} = \{(VCR_{c1p1} = 0,8720005) < 1\} \rightarrow M_{c1p1} = 0$$

MATRIZ M_{cp}					
	p1	p2	p3	p4	p5
C1	0	1	0	0	1
C2	1	0	1	1	0
C3	1	0	1	0	0
C4	1	1	0	0	0

Tabla 2: Matriz M_{cp} . Caso práctico.

Una vez construida la matriz M_{cp} se procede al cálculo del Fitness (F_c) y la Complejidad de producto (Q_p):

Partimos desde ($n=0$) donde las condiciones iniciales son:

$$\tilde{F}_c^{(0)} = 1 \quad \forall c$$

$$\tilde{Q}_p^{(0)} = 1 \quad \forall p$$

Para la primera iteración ($n=1$) primeramente calculamos:

$$\tilde{F}_c^{(n)} = \sum_p M_{cp} Q_p^{(n-1)}$$

Luego, procedemos a normalizar:

$$F_c^{(n)} = \frac{\tilde{F}_c^{(n)}}{\langle \tilde{F}_c^{(n)} \rangle_c}$$

Posteriormente, se calcula:

$$\tilde{Q}_p^{(n)} = \frac{1}{\sum_c M_{cp} \frac{1}{F_c^{(n-1)}}}$$

Seguida de la normalización:

$$Q_p^{(n)} = \frac{\tilde{Q}_p^{(n)}}{\langle \tilde{Q}_p^{(n)} \rangle_p}$$

Estos cálculos se repiten iterativamente hasta alcanzar la convergencia.

Una vez definida la base teórica a través del caso práctico, se procedió al desarrollo del algoritmo, lo que permitió avanzar en la construcción del modelo matemático computacional utilizando la herramienta Python.

La construcción del modelo de Taxonomía de Productos se llevó a cabo siguiendo un enfoque similar al aplicado en el caso de Economic Fitness, iniciando con un riguroso proceso de revisión sistemática de

la literatura.

Con el propósito de validar los principios teóricos revisados, se diseñó un caso de estudio ficticio basado en datos estructurados. Para ello, se empleó la matriz de exportaciones presentada en la **Tabla 1**, teniendo en cuenta la descripción del algoritmo:

Definamos la diversificación como el número de productos exportados por el país, medido por la Ventaja Comparativa Revelada:

$$d_c = \sum_p M_{cp}$$

y la ubicuidad como el número de países que exportan el producto:

$$u_p = \sum_c M_{cp}$$

Para obtener una matriz producto-producto proyectamos:

$$B_{pp'} = \frac{1}{\max(u_p, u_{p'})} \sum_c \frac{M_{cp} M_{cp'}}{d_c}$$

Una vez contruidos ambos modelos se procede a la validación de los mismos. Para validar el modelo matemático de Economic Fitness, se utilizaron los índices de fitness de los países proporcionados por la base de datos del Banco Mundial, correspondientes al año 2022. Con el objetivo de replicar estas medidas, se implementó el modelo desarrollado en este estudio mediante la herramienta Python, obteniendo así cálculos propios del fitness de los países.

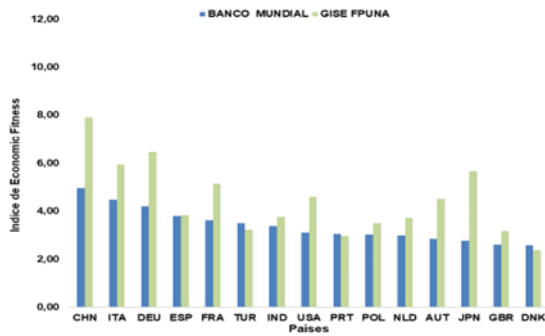


Figura 3: Validación del Modelo Matemático

La **Figura 3** se muestra la validación del modelo, destacando los 15 mejores valores de Fitness según el orden establecido por el World Data Bank. Esto permite evaluar la precisión y relevancia del modelo en función de los estándares internacionales. Para la validación del modelo de Taxonomía de Productos, se implementó el modelo matemático computacional propio utilizando como fuente de datos la matriz de exportaciones presentada en la Tabla 1. Inicialmente, se compararon los valores de fitness y complejidad de producto obtenidos por el modelo de taxonomía con los del modelo ya validado de Economic Fitness, observándose que los resultados coinciden.

	Fitness		Complejidad
c ₁	1,071429	p ₁	0,222222
c ₂	2,142857	p ₂	0,333333
c ₃	0,428571	p ₃	0,444444
c ₄	0,357143	p ₄	2,666667
		p ₅	1,333333

Tabla 3: Resultados del fitness y complejidad.
Modelo ficticio.

Como se observa en la matriz M_{cp} del caso práctico (Ver **Tabla 2**), el producto 1 es exportado por 3 de los 4 países, lo que lo convierte en el más ubicuo de los 5 productos analizados. Esto sugiere que las capacidades necesarias para su producción son relativamente básicas o ampliamente disponibles. Esta hipótesis se confirma en la Tabla 3, donde dicho producto presenta la menor complejidad. En consecuencia, el Producto 1 se posiciona como la raíz de la red taxonómica ya que su presencia es una condición necesaria para la fabricación de otros productos más específicos.

Seguidamente, los productos p_2 y p_3 se conectan a p_1 ya que los países que exportan dicho producto también exportan p_2 y p_3 , específicamente:

- p_2 es exportado por c_1, c_4
- c_4 también exporta $p_1 \rightarrow$ esto crea un enlace entre p_1 y p_2 , como se observa en la **Figura 4**

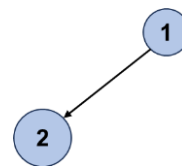


Figura 4: Enlace dirigido de p_1 a p_2

- p_3 es exportado por c_2, c_3
- c_2 y c_3 también exportan $p_1 \rightarrow$ esto crea un enlace entre p_1 y p_3 , como se observa en la **Figura 5**

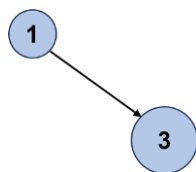


Figura 5: Enlace dirigido de p_1 a p_3

De esta manera, se obtiene el segundo nivel de la red taxonómica conformado por p_2 y p_3 .

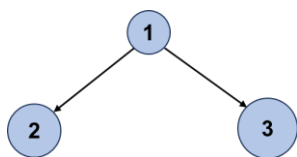


Figura 6: Segundo nivel de la red taxonómica.
Modelo Ficticio

Análogamente, se construye el tercer nivel de la red, compuesta por p_4 y p_5 . De esta forma, se valida la red taxonómica resultante presentada en la **Figura 7**. Cabe destacar que el tamaño de los nodos es proporcional al valor de la complejidad del producto, lo que significa que los productos más complejos aparecen representados con nodos de mayor tamaño en la red taxonómica.

Este comportamiento tiene sentido desde la perspectiva de la diversificación productiva y la acumulación de capacidades. A medida que se avanza en la red y se desciende en la jerarquía, los productos requieren mayores conocimientos tecnológicos, infraestructura más avanzada y un desarrollo industrial más sofisticado.

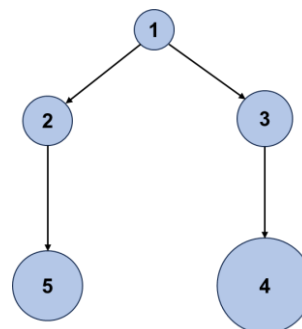


Figura 7: Red de Taxonomía de Productos. Modelo ficticio.

Tercera etapa

La tercera etapa comienza con la construcción de la taxonomía de productos, la cual es sometida nuevamente a un control de calidad. Si cumple con los criterios establecidos, se procede con el análisis de la taxonomía de productos para la República del Paraguay, seguido de un análisis de los resultados obtenidos. Finalmente, el estudio concluye con la presentación de conclusiones y recomendaciones, dando cierre al proceso de investigación.

Resultados y Discusión

Economic Fitness en el MERCOSUR.

El Economic Fitness de los países del Mercado Común del Sur presenta comportamientos diferenciados entre 2013 y 2022, reflejando las variaciones en su capacidad de diversificación y sofisticación productiva.

Brasil, líder en la región, alcanzó su punto más alto casi a mitad del periodo, pero luego enfrentó fluctuaciones y una caída,

aunque logró una recuperación en los últimos dos años. Uruguay por el contrario siguió una tendencia descendente cerrando el periodo con uno de los valores más bajos entre los países analizados, pese a un leve repunte entre 2020 y 2021. Argentina también vio una pérdida sostenida de competitividad especialmente en la primera mitad del periodo, con una desaceleración en la caída hacia los últimos años. Por último, Paraguay, aunque con valores históricamente más bajos, logró una relativa estabilidad y una recuperación significativa hacia el final del periodo.

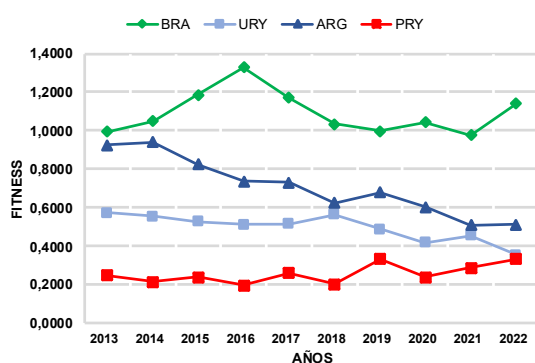


Figura 8: Evolución temporal del Fitness de países del MERCOSUR. 2013-2022

que, en general, los países con mayores niveles de fitness tienden a tener un IDH más alto. reforzando la idea de que un mayor nivel de diversificación y sofisticación productiva puede estar asociado con un desarrollo humano más elevado. Sin embargo, la relación no es perfectamente lineal. El coeficiente de determinación $R^2 = 0,3574$ indica que aproximadamente el 35,74% de la variabilidad del IDH puede explicarse a través del fitness lo que indica que otros factores también influyen el desarrollo humano.

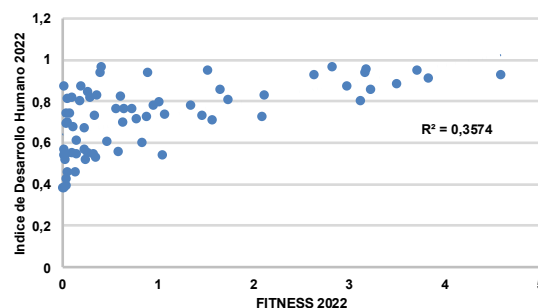


Figura 9: Índice de Desarrollo Humano vs. Fitness de los países. 2022.

Principales productos con mayor Ventaja Comparativa en Paraguay.

La

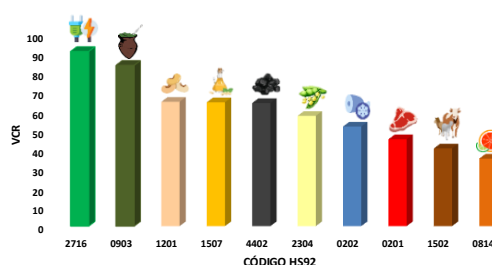


Figura 10 y su correspondiente

Análisis comparativo Fitness vs IDH.

El análisis de la relación entre el valor de *Fitness* y el Índice de Desarrollo Humano (IDH) de los países en 2022 revela una tendencia positiva moderada entre ambas variables. El gráfico de dispersión muestra

Ranking	Código HS92	Descripción	VCR
1°	2716	Energía Eléctrica	90,83861
2°	0903	Yerba Mate	83,6187
3°	1201	Soja	64,67128
4°	1507	Aceite de soja	64,41423
5°	4402	Carbón Vegetal	64,01551
6°	2304	Residuos Sólidos de Soja	57,34921
7°	0202	Carne Bovina, Congelada	51,78329
8°	0201	Carne Bovina, Fresca o Refrigerada	45,18497
9°	1502	Grasas de Bovino, Ovino y Caprino	40,41916
10°	0814	Corteza de Frutas Cítricas, Melones y Sandías	35,12797

Tabla 4 revela la ventaja comparativa de Paraguay en la exportación de ciertos productos, medida a través del índice de Ventaja Comparativa Revelada (VCR).. En este sentido, la energía eléctrica ocupa el primer lugar con una VCR de 90,83, reflejando su enorme relevancia en el comercio exterior del país. Le sigue la yerba mate con una VCR de 83,62, lo que confirma su importancia histórica y cultural en la economía paraguaya, además de señalar que Paraguay tiene una presencia significativamente superior en este mercado respecto a otros países.

La soja y el aceite de soja tienen valores de VCR similares (64,67 y 64,41, respectivamente), evidenciando así la importancia de la industria sojera en Paraguay. En la misma línea, los residuos sólidos de soja alcanzan una VCR de 57,34, lo que muestra el aprovechamiento de subproductos en la cadena productiva. También destaca el carbón vegetal con un valor de 64,01, reflejando su peso en las exportaciones del país.

El sector cárnico tiene una presencia importante en el ranking con la carne bovina congelada y la carne bovina fresca o refrigerada, que registran valores de

51,78 y 45,18, respectivamente. Además, las grasas de bovino, ovino y caprino presentan una VCR de 40,41, consolidando la exportación de productos ganaderos. Finalmente, la corteza de frutas cítricas, melones y sandías cierra el listado con VCR= 35,12, mostrando una diversificación en las exportaciones agrícolas del país.

Cabe resaltar que los resultados se han obtenido teniendo en cuenta un promedio de los valores de VCR a lo largo de los diez años analizados en el estudio (2013-2022).

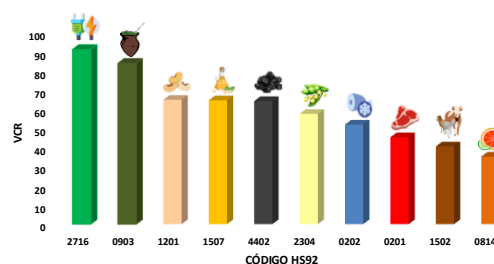


Figura 10: Ranking de los 10 productos con mayor VCR - Paraguay (2013-2022)

El análisis muestra los productos con mayor VCR en Paraguay, comparando este indicador (en verde) con la complejidad de cada producto (en azul). La VCR refleja el grado de especialización del país en la exportación de ciertos bienes, indicando su competitividad internacional. En contraste, la complejidad mide el nivel de sofisticación tecnológica y conocimiento requerido para producirlos.

Ranking	Código HS92	Descripción	VCR
1°	2716	Energía Eléctrica	90,83861
2°	0903	Yerba Mate	83,6187
3°	1201	Soja	64,67128
4°	1507	Aceite de soja	64,41423
5°	4402	Carbón Vegetal	64,01551
6°	2304	Residuos Sólidos de Soja	57,34921
7°	0202	Carne Bovina, Congelada	51,78329
8°	0201	Carne Bovina, Fresca o Refrigerada	45,18497
9°	1502	Grasas de Bovino, Ovino y Caprino	40,41916
10°	0814	Corteza de Frutas Cítricas, Melones y Sandías	35,12797

Tabla 4: Ranking de los 10 productos con mayor VCR - Paraguay (2013-2022)

Se observa que los productos con alta VCR en Paraguay, como energía eléctrica, soja, aceite de soja y carne bovina, son materias primas o productos básicos. Esto sugiere que, si bien le otorga al país una fuerte presencia en el mercado internacional, su baja complejidad implica que requieren relativamente pocas capacidades tecnológicas y conocimientos especializados para su producción.

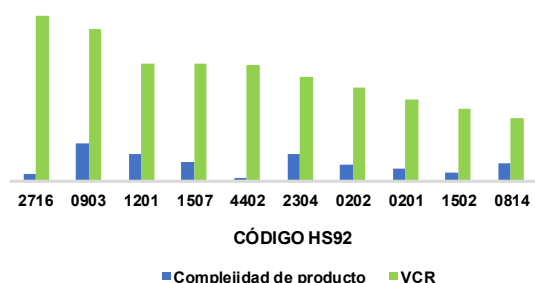


Figura 11: Productos de mayor VCR comparados con su complejidad.

En la **Figura 12** se presenta la red de taxonomía de productos general de Paraguay, compuesta por 1219 productos (nodos) y las 2202 conexiones (aristas), la cual proporciona una visión integral de la estructura productiva del país. Esta red permite identificar las conexiones entre distintos sectores y analizar las

oportunidades de diversificación económica. Cabe destacar que, del total de productos, un 7,47 % cuenta con una Ventaja Comparativa Revelada (VCR).

Ranking	Código HS 92	Descripción corta
1°	2716	Energía Eléctrica
2°	0903	Yerba Mate
3°	1201	Soja
4°	1507	Aceite de soja
5°	4402	Carbón de leña
6°	2304	Residuos Sólidos de Soja
7°	0202	Carne de Res, congelada
8°	0201	Carne de Res
9°	1502	Grasas de Bovino, Ovino y Caprino
10°	0814	Cáscara de cítricos, melones, sandías, etc.

Tabla 5: Productos de mayor VCR comparados con su complejidad.

La red está compuesta por nodos y aristas que representan productos y sus relaciones productivas. El tamaño de los nodos es proporcional a la complejidad del producto, lo que indica el grado de sofisticación tecnológica y las capacidades requeridas para su producción. Los nodos de color verde corresponden a productos en los que Paraguay cuenta con una VCR significativo, mientras que los nodos de color rojo representan productos donde no se ha desarrollado una ventaja competitiva. Por otro lado, el grosor de las aristas refleja la intensidad de la conexión entre productos, y la dirección de las flechas indica la jerarquía productiva.

A partir de esta red general, se han analizado las redes de taxonomía específicas de diez productos destacados de la República del Paraguay durante el período 2013-2022. Los productos escogidos son: carne bovina fresca o refrigerada, soja, energía eléctrica, otras

semillas oleaginosas, yerba mate, maíz, carbón vegetal, arroz, alcohol etílico > 80% y caña de azúcar o sacarosa. Esta selección se basa en los resultados de este estudio, priorizando aquellos productos con VCR significativa y complementándolos con información sobre su porcentaje de participación en la exportación total nacional. Dicha información fue obtenida del Sistema Informático de Comercio Exterior (SICEX).

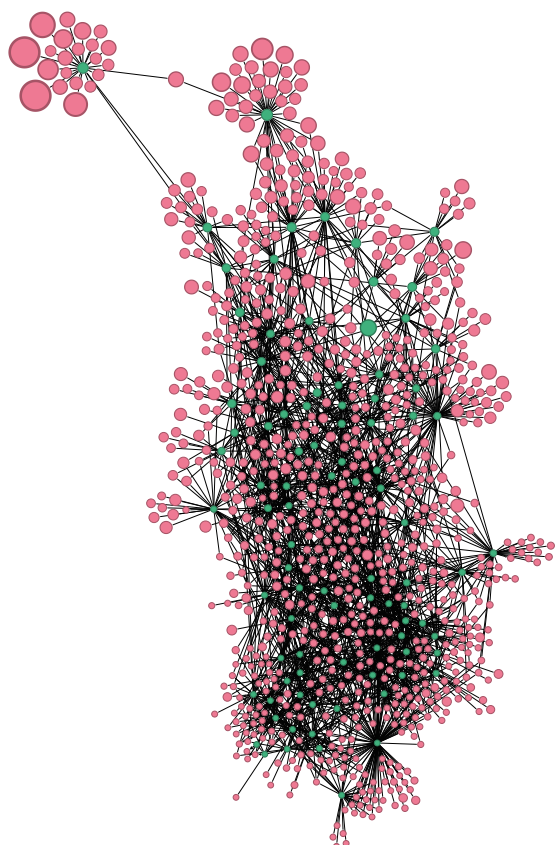


Figura 12: Red de Taxonomía de productos. Paraguay (2013-2022)

En la **Tabla 6** se presenta una síntesis de las oportunidades de diversificación productiva, basada en los resultados obtenidos y reflejados en la red taxonómica de cada uno de los 10 productos

estratégicos. En ella se identifican los productos que presentan un potencial de crecimiento, considerando las capacidades productivas existentes y su relación con los productos estratégicos seleccionados.

Productos estratégicos	Oportunidades de diversificación
Carné Bovina, Fresca o Refrigerada	Cuero compuesto
	Carné en conserva
Soja	Linaza
	Semillas de girasol
Energía Eléctrica	Medidores de gas, líquido o electricidad
	Carburos
Otras Semillas Oleaginosas	Extracto de malta
	Aguacates, piñas, mangos, etc.
Yerba Mate	Especias
	Té
Maíz	Tamices, cedazos y cribas de mano
	Maquinarias para procesar granos
Carbón Vegetal	Asfalto
	Remolcadores y empujadores
Arroz	Cebada
	Alimentos a base de cereales
Alcohol Etílico > 80%	Productos de limpieza
	Otras bebidas fermentadas
Caña de Azúcar y Sacarosa	Azúcar de confitería
	Confituras, jaleas y mermeladas

Tabla 6: Resumen de oportunidades de diversificación a partir de productos estratégicos

Conclusiones

En este trabajo se ha analizado las capacidades productivas existentes en la República del Paraguay en el periodo 2013-2022 utilizando el modelo *del Economic Fitness* y la Taxonomía de Productos, en base a la teoría estudiada.

Para ello, se identificaron fuentes de datos de comercio internacional que permitieron sustentar el análisis obtenidas del Atlas de la Complejidad Económica y el Banco Mundial.

El análisis comparativo entre el *Economic Fitness* y el Índice de Desarrollo Humano (IDH) ha mostrado una relación positiva moderada, donde los países con mayor diversificación y sofisticación productiva tienden a presentar un IDH más alto. Sin embargo, la correlación no es absoluta, ya que aproximadamente el 35,74% de la variabilidad del IDH puede explicarse por el fitness, lo que indica la presencia de otros factores determinantes en el desarrollo humano. Esto evidencia que el IDH, por sí solo, no es un indicador suficiente para comprender la situación económica de un país, y que el *Economic Fitness* aporta una perspectiva complementaria.

Además, los resultados del análisis de la VCR en Paraguay durante el periodo estudiado han evidenciado que en el país se cuenta con una marcada ventaja comparativa en la exportación de productos de bajo nivel de complejidad, liderados por la energía eléctrica, la yerba mate y la soja en sus diversas formas, lo que reafirma el rol estratégico de estos sectores en la economía nacional. Además, la presencia de la carne bovina y sus derivados, así como del carbón vegetal y otros productos agrícolas, demostraron

un patrón de especialización basado en recursos naturales.

Finalmente, la elaboración de la red de Taxonomía de Productos de Paraguay ha representado un avance significativo en el análisis de la estructura productiva del país. Esta herramienta innovadora confirmó que la producción nacional está altamente concentrada en bienes con alta Ventaja Comparativa Revelada (VCR), pero de baja complejidad.

Este análisis también manifestó el potencial de Paraguay para expandir su frontera productiva a través del fortalecimiento de encadenamientos industriales. La conexión entre sectores como la agricultura, la industria alimentaria y la química ha mostrado oportunidades para el desarrollo de productos de mayor valor agregado. En este sentido, la aplicación de la red taxonómica se convierte en una hoja de ruta para la transformación productiva del país, orientando esfuerzos hacia una economía más diversificada y competitiva a nivel internacional.

Anexos

Repositorio del Trabajo

Se pone a disposición los enlaces correspondientes al repositorio de datos del trabajo realizado disponible en GitHub.



Figura 13: Código QR del enlace al repositorio

Referencias Bibliográficas

Balassa, B. (1965). Trade Liberalization & “Revealed” Comparative Advantage. The Manchester School, 33(2),123.<https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1965.tb00050.x>.

Banco Central del Paraguay. (s.f.). Sistema Informático de Comercio Exterior (SICEX). Banco Central del Paraguay. Recuperado de <https://apps.bcp.gov.py:2053/>

Banco Mundial. (2022). GDP per capita (constant LCU). Recuperado de https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.KN?end=2023&most_recent_year_desc=true&start=1960&view=chart

Comisión Europea. (s. f.). Sistema Armonizado. Recuperado de <https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/es/content/sistema-armonizado-0>.

Cristelli, M., Tacchella, A., & Pietronero, L. (2015). The heterogeneous dynamics of economic complexity. PLoS One, 10(2), e0117174.

González, A., Ortigoza, E., & Llamosas, C. (2024). Análisis Multicriterio de la Transición de la Complejidad Económica en Economías Emergentes: El Caso del Paraguay. Debates sobre Innovación, 8(2), 321-331.

González, A., Ortigoza, E., Llamosas, C., Blanco, G., & Amarilla, R. (2019). Multi-criteria Analysis of Economic Complexity Transition in Emerging Economics: The Case of Paraguay. Socio-economic Planning Sciences, 68,100617. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2018.10.008>.

González, A., Ortigoza, E. (2016). Transformación Estructural Del Sector Productivo Del Paraguay: Un Enfoque Desde La Perspectiva De La Teoría De La Complejidad Económica. (Trabajo Final de Grado). San Lorenzo, Paraguay.

González Mercado, S. E. (2021). Dinámica del Crecimiento Económico del Paraguay desde la Perspectiva del Economic Fitness (Trabajo final de grado). San Lorenzo, Paraguay.

Hausmann, R., Hidalgo, C.A., Bustos, S., Coscia, M., Simoes, A., & Yildirim, M.A. (2013). El Atlas de la Complejidad Económica: Mapeando Caminos Hacia la Prosperidad. MIT Press.

Newman, M. E. J. (2018). Networks: An introduction. Oxford University Press.

Observatorio de Complejidad Económica (OEC). (2022). Paraguay (PRY) Exportaciones, importaciones y socios comerciales. Recuperado de <https://oec.world/es/profile/country/pry>.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2022). Informe "Índices de Desarrollo Humano en el Paraguay 2001 - 2020". Recuperado de https://www.undp.org/es/paraguay/noticias/IDH-2001-2020?utm_source.

Tacchella, A., Cristelli, M., Caldarelli, G., Gabrielli, A., & Pietronero, L. (2012). A new metrics for countries' fitness and products' complexity. *Scientific Reports*, 2(1), 723. <https://doi.org/10.1038/srep00723>

Tacchella, A., Cristelli, M., Caldarelli, G., Gabrielli, A., & Pietronero, L. (2013). Economic Complexity: Conceptual Grounding of a New Metrics for Global Competitiveness. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37(8), 1683-1691. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2013.04.006>.

Zaccaria, A., Cristelli, M., Tacchella, A., & Pietronero, L. (2014). How the taxonomy of products drives the economic development of countries. *PLoS One*, 9(12), e113770.

Agradecimientos

Agradecemos al Prof. M. Sc. Ing. Arturo González por sus valiosas enseñanzas y por inspirarnos con su pasión por la

investigación; a los docentes de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Producción de la Facultad Politécnica – UNA, por su compromiso en nuestra formación; y al Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos (GISE), por su constante apoyo y aportes fundamentales durante el desarrollo de nuestro trabajo.