

# Multivariate Analysis Of Education And Innovation Sdgs Indicators In The World

Julio Álvarez Month<sup>1</sup>, Edith Johana Medina Hernández<sup>2</sup>, Karen Olivero Romero<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Magister en Estadística Aplicada, Magister en Gestión Pública, Especialista en Gerencia de la Hacienda Pública, Especialista en Gerencia Pública, Ingeniero Agroindustrial. Directivo y Docente catedrático de la Universidad de Sucre. Código <https://orcid.org/0000-0003-2295-019X> ; [julio.alvarez@unisucra.edu.co](mailto:julio.alvarez@unisucra.edu.co). Universidad de Sucre – Colombia.

<sup>1</sup> Doctora en Estadística Multivariante Aplicada de la Universidad de Salamanca, España. Profesora de la Universidad Nacional, Abierta y a Distancia, Medellín, Colombia. Código <http://orcid.org/0000-0003-4207-0333>; [edith.medina@usal.es](mailto:edith.medina@usal.es) y [edith.medina@unad.edu.co](mailto:edith.medina@unad.edu.co) .

<sup>1</sup> Magister en Educación, Especialista en la Enseñanza del Inglés, Licenciada en Lenguas Extranjeras. Docente de cátedra de la Universidad de Sucre. Código <https://orcid.org/0000-0002-4536-0494> ; [karen.olivero@unisucra.edu.co](mailto:karen.olivero@unisucra.edu.co). Universidad de Sucre – Colombia.

## Abstract

This study analyzes education and innovation as conditions for sustainable development. The variations and covariations observed between 8 indicators reported by 109 nations in the 2022 Sustainability Report are studied through the DUAL STATIS multivariate technique, from which it is possible to interpret the data according to 3 ways of analysis: the indicators, the countries, and their income levels. The analyzes carried out show that as the income level of the countries increases, better scores are observed in the indicators of interest. Despite that, in all income levels, there are nations with challenges and opportunities for favoring the educational conditions of the population and public spending on education and development. It is concluded that the incidence of the income level of the countries in the fulfillment of the 2030 Agenda goals makes evident the gap between countries with low- and high-income levels. Therefore, it is necessary to continue working on formulating public policies that reduce inequities in access to quality education and promote innovation among developing nations.

**Keywords:** Education; innovation; SDGs; multivariate analysis; DUAL STATIS.

## Resumen

Este estudio es de corte correlacional y exploratorio, en el cual se analizan los indicadores de los ODS asociados a la educación y la innovación como condiciones del desarrollo sostenible. Se examinan las variaciones y covariaciones observadas entre 8 indicadores reportados por 109 naciones en el Informe de Sostenibilidad 2022, categorizadas según los

niveles de ingreso definidos por el Banco Mundial como bajo, medio bajo, medio alto y alto. Inicialmente, se realiza un análisis exploratorio de los datos y luego, se utiliza la técnica multivariante STATIS DUAL, desde la cual es posible interpretar las variables según 3 vías de análisis: los indicadores, los países, y sus niveles de ingreso. Los análisis realizados muestran que en la medida en que se incrementa

el nivel de ingreso de los países se observan mejores puntajes en los indicadores de interés, a pesar de que en todos los niveles se evidencian naciones con retos y oportunidades para favorecer las condiciones educativas de la población, y los gastos públicos en educación y desarrollo. Se concluye que la incidencia del nivel de ingreso de los países en el cumplimiento de las metas de la Agenda 2030, hace evidente la brecha existente entre las naciones con niveles de

## I. Introducción.

Históricamente se ha estudiado la relación existente entre la educación y el desarrollo económico de las naciones. Autores como (López, 2008; Monroy & Flores, 2009; Mosquera, 2011), desde hace más de una década argumentaban al respecto. López (2008), presentó un análisis de las implicaciones de la globalización en las oportunidades y amenazas que ésta representa para el sistema educativo. Particularmente, hizo un análisis documental de las principales tendencias en el mundo impulsadas por los países desarrollados y las organizaciones internacionales, contextualizando la situación de América Latina y el Caribe. Este autor expresó que si no se invierte en educación en los países en vía de desarrollo, no se alcanza la excelencia y difícilmente se podrá tener instituciones competitivas un mundo globalizado.

Por su parte, Monroy & Flores (2009), hicieron una revisión de las teorías del capital humano, tratando de estudiar la relación entre la educación y la formación del individuo, con el desarrollo económico de los territorios. Estos autores plantearon que entre las economías abiertas al libre mercado, se evidencia una mayor sinergia entre la educación y el desarrollo económico; ya que, la formación de los individuos incide en la competitividad de las naciones. También, concluyeron la existencia de diferentes metodologías para valorar el impacto de la inversión en educación en el desarrollo,

ingreso bajo y alto. Por ello, es necesario continuar trabajando en la formulación de políticas públicas que permitan disminuir las inequidades de acceso a la educación de calidad, y que fomenten la innovación entre las naciones en vía de desarrollo.

**Palabras claves:** Educación; innovación; ODS; análisis multivariante; STATIS DUAL.

considerando la influencia de múltiples factores que intervienen en los procesos educacionales.

Mosquera (2011) analizó el efecto de la formación del capital humano en el desarrollo económico de los países, valorando cómo la formación de los individuos en conocimientos y habilidades faculta la generación de ingresos. Este autor indicó que es innegable que la educación influye de múltiples maneras en la competitividad de los países, al buscar aumentar la productividad de los individuos.

En contraste, en años recientes diversos autores han investigado mediante el análisis de datos y la utilización de técnicas de modelado de información, la relación existente entre variables de educación y de crecimiento económico o sostenible. Entre ellos, por ejemplo, Sandoval-Vásquez & Hernández-Castro (2018), quienes criticaron el concepto de capital humano y su relación con la educación y el desarrollo socioeconómico, al indicar que en la medida en que una sociedad no les dé cabida a todas las personas que la conforman, el trabajo humano pierde su capacidad de transformación social.

Lo cierto es que, independiente del enfoque de las investigaciones académicas, si éstas son metodológicas o se basan en la aplicación de modelos con datos empíricos, es necesario reconocer que en el marco de los estudios de desarrollo y las políticas de sostenibilidad, se

reconoce que la educación es un factor crucial para el crecimiento económico sostenible de las naciones. Por lo tanto, los gastos públicos en educación y otros aspectos asociados al acceso que tienen las poblaciones del mundo a la educación de calidad, son de gran interés tanto para los investigadores como para los responsables de la formulación de políticas (Hamdan et al., 2020; Ziberi et al., 2022).

Considerando todo lo anterior, en esta investigación se busca analizar indicadores ODS

de educación e innovación en el mundo, reportados en el marco del Informe de Sostenibilidad 2022 (Sachs et al., 2022) por 109 países, para investigar e interpretar las oportunidades que se visualizan entre las naciones, de acuerdo con su nivel de ingreso. Además, se busca establecer en qué indicadores y en cuales qué países se observan los mejores puntajes y/o brechas considerables. Para ello se utiliza la técnica estadística multivalente STATIS DUAL, que permite analizar los datos en tres vías: países, indicadores y niveles de ingreso.

## 2. Método

Este estudio es de corte correlacional y exploratorio dado que se busca analizar los indicadores de los ODS asociados a educación e innovación, que fueron reportados en el Informe de Sostenibilidad 2022 (Sachs et al., 2022), para establecer las correlaciones existentes entre estos,

y explorar los datos de forma multivariante. Se analizan indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible a nivel global, haciendo énfasis en las categorías de educación e innovación, según las variables incluidas en la tabla 1

**Tabla 1** Indicadores analizados

Categoría	Codificación	Indicador
<b>Educación (ODS 4)</b>	SEC	Tasa de finalización de secundaria inferior (%)
	ALF	Tasa de alfabetización (% de la población de 15 a 24 años)
	EMH	Relación de años medios de educación recibidos entre mujeres y hombres (%)
<b>Innovación (ODS 9 y 17)</b>	PUI	Población que usa Internet (%)
	SBA	Suscripciones de banda ancha móvil (por cada 100 habitantes)
	ART	Artículos de revistas científicas y técnicas (por cada 1000 habitantes)
	GID	Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)
	GSE	Gasto público en salud y educación (% del PIB)

Fuente: Elaboración propia a partir de indicadores del Informe de Sostenibilidad 2022 (Sachs et al., 2022)<sup>4</sup>

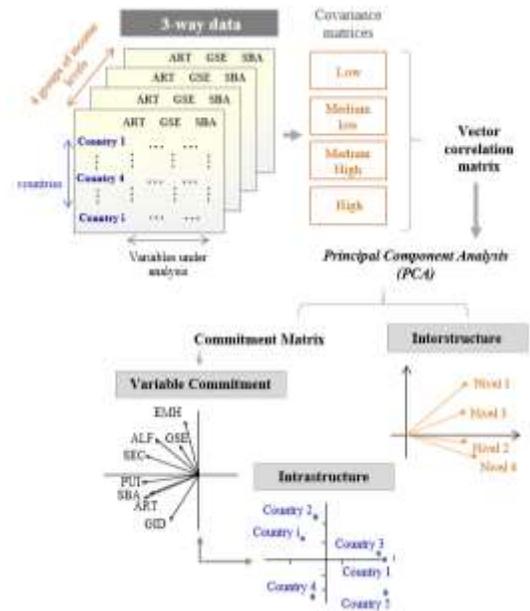
<sup>4</sup> El detalle de los indicadores y sus datos se encuentran para libre descarga en el link: <https://dashboards.sdindex.org/downloads>

En esta investigación, se examinan cifras para 109 países del mundo, según sus últimas clasificaciones de niveles de ingreso (Banco Mundial, 2022), en la cual se consideran umbrales según el ingreso nacional bruto (INB) per cápita del país. Así, se examina el comportamiento de 32 países del nivel alto que tienen un INB > 12,535 dólares americanos corrientes (USD), 30 países de ingreso medio alto (con un INB entre 4,046 y 12,535 USD), 33 del nivel medio bajo (entre 1,036 y 4,045 USD), y 14 naciones del nivel bajo (menos de 1.036 USD).

Para el análisis de los datos se utiliza la técnica multivariante STATIS DUAL que hace parte de la familia de métodos para el análisis de datos en tres vías STATIS “Structuration de Tableaux À Trois Indices de la Statistique”. Sus orígenes se remontan a las aportaciones metodológicas de L’Hermier des Plantes (1986), que posteriormente, fueron desarrolladas como método estadístico para procesar datos ecológicos por Lavit (1988).

Esta técnica permite examinar el comportamiento de los indicadores en tres vías (indicadores, países y niveles de ingreso, en este caso), para encontrar y describir de forma multivariante, la estructura común que comparten los países agrupados en los diferentes grupos de ingreso, y así conocer la posición relativa de todos los 109 países analizados, frente a la estructura de covariación que comparten los indicadores ODS de interés. Este método considera tres etapas de análisis: la interestructura, el compromiso y la intraestructura, según como se representan en la figura 1.

**Figura 1.** Estructura de análisis de datos en el método STATIS DUAL



Fuente: Elaboración propia a partir de (Thioulouse et al., 2004)

En la primera etapa análisis de la interestructura, se toma como punto de partida la matriz de correlación que muestra los coeficientes de correlación vectorial (Robert & Escoufier, 1976) entre tablas de países según niveles de ingreso. Éstos se reflejan en una representación gráfica en la que cada matriz se observa como un punto y esto permite, visualizar la asociación entre los pares de matrices, a partir de la conexión de cada vector con el origen.

En la segunda fase a partir de un Análisis de Componentes Principales (Pearson, 1901; Hotelling, 1933) se construye una matriz de media denominada compromiso, desde el cual se logra la representación gráfica de las asociaciones entre variables, a partir de la estructura media de covariación. Por su parte, en la tercera fase, llamada intraestructura, se logra visualizar la posición que tienen las observaciones (países en este caso) estudiadas en el espacio compromiso, esto considerando la tercera vía de análisis, es decir, los niveles de ingreso.

En el software estadístico R es posible implementar esta metodología desde las funciones de las librerías *ade4* (Thioulouse et al., 2018) y *adegraphics* (Julien-Laferrière et al., 2021), las cuales se utilizan en este estudio para la obtención de los resultados.

Autores como Rodríguez et al. (2017), Ballesteros et al. (2021), Gallego et al. (2021),

Medina-Hernández et al. (2021), y Vega & Patiño (2021), recomiendan el uso de las técnicas multivariantes de la familia STATIS para el análisis de indicadores socioeconómicos y políticos, considerando que éstos permiten obtener resultados, que luego pueden considerarse en el marco del diseño e implementación de políticas públicas.

### 3. Resultados

#### 3.1 Análisis exploratorio de datos

En la tabla 2 se resumen las comparaciones de las medidas de tendencia central de los indicadores

en análisis según categorías del nivel de ingresos de los países.

**Tabla 2** Estadísticas descriptivas de los indicadores estudiados

	Estadística	SEC	ALF	EMH	PUI	SBA	ART	GID	GSE
Bajo	Mínimo	15.04	30.79	34.21	9.4	2.98	0.004	0.013	3.13
	Media	38.77	74	65.69	22.54	28.45	0.035	0.267	5.53
	Máximo	57.58	92.45	110.4	36.5	51.07	0.095	0.647	8.07
	Mediana	38.42	76.43	63.94	23	33.38	0.029	0.276	5.82
	DE	13.48	18.44	19.89	8.21	14.82	0.024	0.186	1.75
Medio Bajo	Mínimo	20.74	63.95	41.3	11.21	9.79	0.004	0.011	2.01
	Media	72.32	91.83	86.69	47.99	62.15	0.141	0.302	6.32
	Máximo	103.9	100	124.1	84.12	122.9	0.83	0.83	12.3
	Mediana	77.42	95.78	90.41	43	64.92	0.078	0.165	6.36
	DE	22.62	18.68	17.35	19.43	30.67	0.187	0.262	2.5
Medio Alto	Mínimo	46.99	89.78	81.11	41	16.53	0.022	0.029	3.96
	Media	85.89	98.44	97.34	72.71	75.32	0.363	0.47	8.54
	Máximo	112	100	109.7	89.56	126.6	1,146	1,160	23
	Mediana	87.48	99.15	97.85	73.25	76.69	0.298	0.374	7.63
	DE	15.95	2.15	6.73	10.54	22.18	0.261	0.323	3.69
Alto	Mínimo	71.59	94.64	88.37	64.25	37.61	0.18	0.062	4.56
	Media	97.39	99.18	100.2	86.77	111.5	1,593	1,059	8.82
	Máximo	112.7	99.95	120.2	100	239.9	3,945	4,528	13.5
	Mediana	97.59	99.61	98.64	87.58	102	1,466	0.957	9.01
	DE	7.67	1.18	7.5	9.7	38.13	0.964	0.929	2.2

Nota: DE denota desviación estándar

Fuente: elaboración propia a partir del Informe de Sostenibilidad 2022

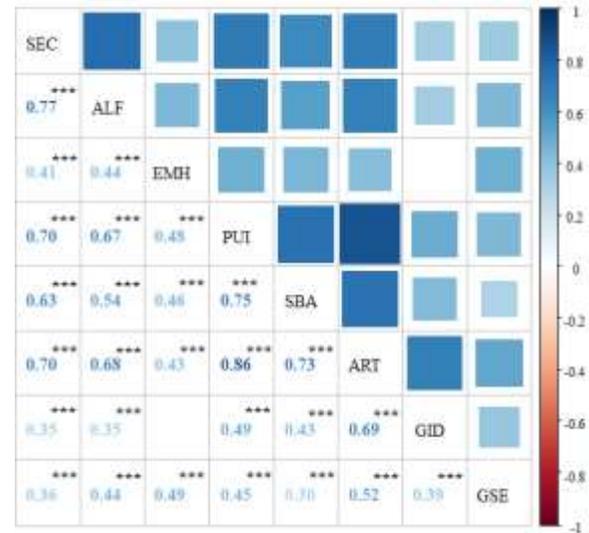
Se puede decir de la tabla 2, que la variable de suscripciones a banda ancha móvil por cada 100 habitantes (SBA), tiene la mayor variabilidad de los indicadores estudiados en todos los niveles de ingreso. En indicadores como SEC, ALF, EMH, PUI y GSE, los resultados de la media y la mediana son bastante similares, mientras que en los indicadores SBA, ART y GID, los valores de estas medidas estadísticas se alejan un poco entre sí.

Seguidamente, se observa que la tasa de finalización de secundaria es mayor en la medida en que se incrementan los ingresos de los países. Los más desarrollados y de ingreso alto presentan un promedio de 97.39%. Luego, se ubican las naciones categorizadas con ingresos medio altos (con 85.89%), los países medio bajos registran un promedio de 72.32% de estudiantes que finalizan la secundaria. Por último, se tienen las naciones menos desarrolladas (con un porcentaje de 38.77%).

También, se hace evidente la diferencia en las variabilidades, la cual es marcada al comparar los países de ingresos medio bajos, frente a los de ingresos altos. En éstos últimos el mayor acceso de la población a la educación secundaria se observa homogéneo entre países y casi universal. Esto a pesar de que se aprecian dos datos atípicos que corresponden a Panamá que registra 71.592% (con resultados inferiores a la media de países con ingreso medio bajo), y Trinidad y Tobago 80.937 % (con resultados por debajo de la media de países con ingreso medio alto).

Por otra parte, antes de aplicar la técnica estadística STATIS DUAL, se confirmó por medio de un análisis de correlación de Spearman (ver figura 2), la existencia de asociaciones entre las variables estudiadas, para determinar la viabilidad de la aplicación del método propuesto.

**Figura 2.** Matriz de correlaciones para los indicadores en análisis.



Nota: \*\*\* denota un nivel de significancia  $\alpha < 0.01$

Desde la figura 2 se observa que, existe una asociación alta y muy positiva entre los indicadores estudiado, de forma que las correlaciones son estadísticamente significativas, exceptuando la asociación entre los indicadores EMH y GID (calculada en 0.09). Esto implica que cuando un país fomenta la igualdad de género en el acceso a la educación, no necesariamente realiza altas inversiones en investigación y desarrollo, dado que ambos indicadores miden conceptos diferentes y los datos muestran que no se asocian entre sí. Además, cabe recordar que la existencia de correlación no implica causalidad, sin embargo, las asociaciones positivas entre indicadores ODS implican interrelaciones de aspectos que al tiempo contribuyen al desarrollo sostenible.

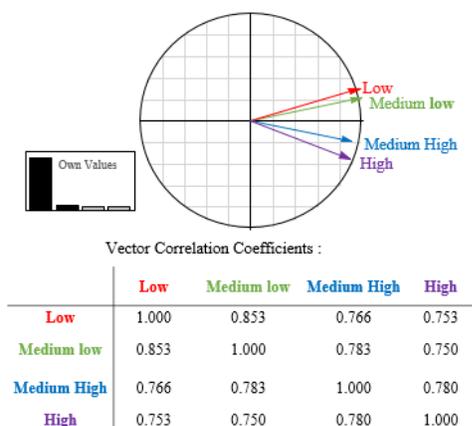
Desde la figura 2 se puede indicar entonces que es conveniente la aplicación del método estadístico STATIS DUAL, para analizar de forma conjunta las asociaciones existentes entre las tres vías de análisis.

### 3.1. Análisis multivariante

El primer paso del análisis STATIS DUAL, se centra en la descripción de la interestructura (ver figura 3). A través de ésta se pueden observar diferencias y similitudes según la tercera vía de análisis, es decir, los niveles de ingreso de los países, de forma que cada uno de ellos se representa mediante un punto que se interpreta respecto al origen y éstos dependen de las correlaciones vectoriales calculadas.

En la figura 3, se observa que el mayor nivel de asociación se presenta entre las categorías bajo y medio bajo, con una correlación vectorial de 0.853. Esta asociación es seguida de la relación entre los niveles alto y medio alto, que alcanzan el 0.780. En contraste, la menor asociación se da entre los grupos alto y bajo, llegando a ser 0.753. Este resultado en términos interpretativos implica que, en cuanto a los indicadores ODS de educación e innovación, los países del nivel medio bajo tienden a comportarse como si fueran bajos, y de forma equivalente, las naciones de la categoría medio alto, tienden a tener las características de los países con ingresos altos. Esto independiente de que el Banco Mundial plantee cuatro grupos de niveles de ingreso, los datos ODS analizados sugieren que en realidad sólo deberían tenerse 2 grupos de países.

Interstructure

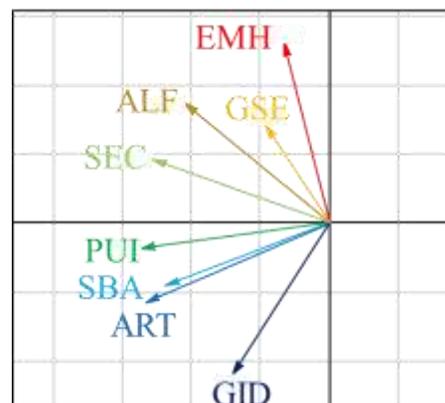


**Figura 3.** Interestructura del análisis STATIS DUAL

Fuente: Elaboración propia en el software estadístico R

En la figura 4, se presenta el Compromiso de los indicadores ODS estudiados. Éstos se representan en el plano como vectores y resulta evidente que apuntan en la misma dirección (hacia la izquierda), por lo que se puede decir que todos responden a un mismo constructo de educación e innovación.

**Figura 4.** Compromiso de variables en el análisis STATIS DUAL



Fuente: Elaboración propia en el software estadístico R

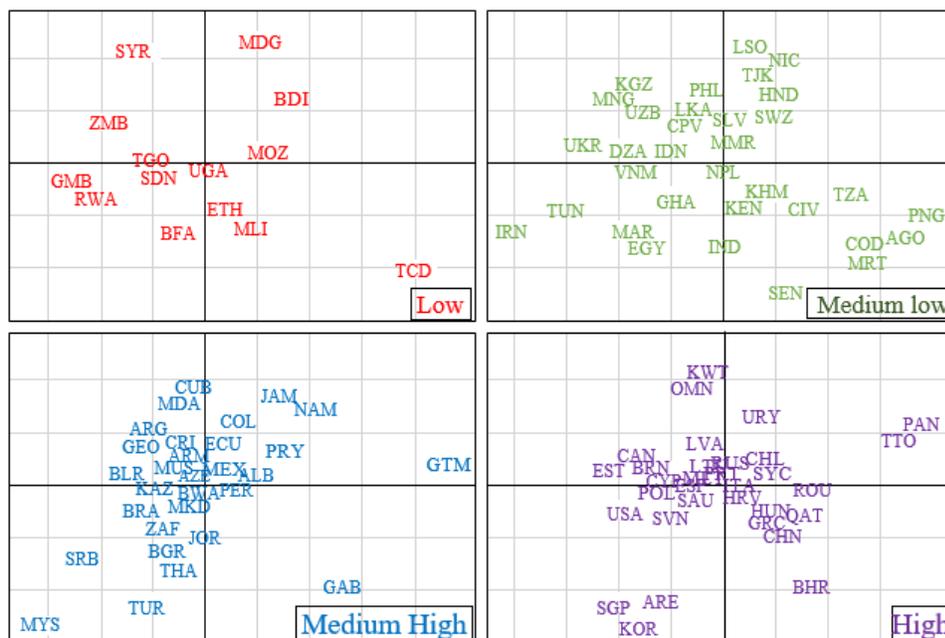
Desde el compromiso se observa que los indicadores tasa de finalización de secundaria (SEC) y población que usa internet (PUI), son los más cercanos al eje 1, y por tanto, realizan el mayor aporte a este. Por el contrario, las variables de gasto en investigación y desarrollo (GID) y la relación de años medios de educación recibidos entre mujeres y hombres (EMH), se acercan más al eje y, esto muestra que son las que menor aporte realizan al primer eje.

Desde el Compromiso también es posible interpretar los ángulos entre los vectores para explicar la covariación observada. Así, ángulos de 90° indican que no existe correlación lineal (o

no es significativa) entre las variables y ángulos menos agudos, muestran mayor correlación entre los indicadores. Partiendo de este hecho, se destaca que la variable que expresa la relación de años medios de educación recibidos entre mujeres y hombres (EMH), que se observa hacia arriba en el plano, está formando un ángulo cercano a 90° frente a las variables suscripciones de banda ancha móvil (SBA) y artículos de revistas científicas y técnicas (ART). En caso

contrario, al comparar las variables gasto público en salud y educación (GSE) con la tasa de alfabetización (ALF), se perciben ángulos que reflejan correlación.

Continuando con el análisis, en la figura 5, se presenta la proyección de los países en el espacio compromiso, haciendo la diferenciación entre grupos de países según los niveles de ingreso que establece el Banco Mundial.



**Figura 5.** Proyección de los países sobre el Compromiso - Intraestructura  
 Nota: Se representan los países según su codificación ISO 3166-1 alfa-3

Dado que en la gráfica del compromiso se evidenció que todos los indicadores apuntan hacia el lado izquierdo del plano, en consecuencia, las naciones que se ubican en los cuadrantes II y III, son las que tienen mejores indicadores de educación e innovación en el mundo, y de forma contraria, las que se ubican más hacia la derecha del gráfico, son las que registran mayores retos y oportunidades.

En general, al interpretar las posiciones de los países en la figura 5, puede notarse que en todos los niveles de ingresos los países se observan

distribuidos entre los diferentes cuadrantes, lo cual implica que, en todos los niveles de ingreso, se perfilan países que puntúan muy bien en los indicadores ODS de educación e investigación y desarrollo, pero también se visualizan naciones con oportunidades de mejora. De manera que no es posible concluir que en la medida en que aumenta el nivel de ingreso de los países, también aumentan sus puntuaciones en los indicadores ODS estudiados.

En la figura 5, en el nivel bajo, el país que mejores resultados registra en cuanto a la relación

de años medios de educación recibidos entre mujeres y hombres (EMH), es Madagascar (MDG), dado que este es el país que tiene la ubicación más arriba en el gráfico, estando cerca al eje 2, en la dirección del vector (que puede observarse en la figura 6). En este país se registra que actualmente 110 mujeres acceden a la educación por cada 100 hombres que estudian.

En contraste, se observan a países como Chad (TCD), Etiopía (ETH) y Mali (MLI), que en el plano se ubican forman un ángulo cercano a los 180° con respecto a la posición del vector, y por ende, sus resultados para este indicador son de los inferiores. En estos países se reporta que actualmente por cada 100 hombres estudiando, las mujeres que acceden a la educación son sólo 34, 39 y 56, respectivamente.

Entre los países de ingreso medio bajo, las naciones que registran actualmente mayores oportunidades para buscar cumplir las metas en los ODS de educación e innovación son las que se ubican en el cuadrante III del plano, en dirección opuesta a la ubicación de los vectores EMH, GSE, ALF y SEC.

En Senegal (SEN) se registra una tasa de finalización de la secundaria del 37.09% y en Papúa Nueva Guinea (PNG) tal porcentaje es del 37.171%. En la república democrática del Congo (COD), sólo se invierte un 2.014% del PIB en gastos de salud y educación. En Martinica

#### 4. Discusión

En los distintos indicadores examinados en este estudio se identificaron países con retos para mejorar la situación actual que registran en sus indicadores ODS de educación e innovación. Por ejemplo en cuanto al indicador SEC, y específicamente entre los países del nivel bajo de ingreso, los resultados mostraron que, en África, Chad (TCD), tiene los resultados más bajos en tasa de finalización de secundaria, lo cual es

(MRT), se invierte en investigación y desarrollo sólo el 0.011% del PIB.

Respecto a los países clasificados por el Banco Mundial como de ingreso medio alto, el país que se perfila con mayores oportunidades es Guatemala (GTM), que se ubica en dirección opuesta a la posición del vector PUI reflejando que sólo un 49.9% de la población tiene acceso a internet. En contraste Malasia (MYS), se observa con una posición ventajosa, en el cuadrante III del plano. Esta nación reporta actualmente 126.5 suscripciones a banda ancha por cada 100 habitantes (indicador SBA).

Ahora bien, en el nivel alto, el país que se encuentra mejor ubicado con respecto a la trayectoria del vector que representa la publicación de artículos de revistas científicas y técnicas (ART), es Singapur (SGP), que es el país con la mejor puntuación de producción académica y científica reportada en el Informe de Sostenibilidad 2022.

De manera opuesta, se encuentran Panamá (PAN) y Trinidad and Tobago (TTO), que tienen una trayectoria completamente contraria al vector y por tal motivo, registran la menor cantidad de artículos publicados entre los países de ingresos altos. Otro país que destaca en el nivel alto es Corea del Sur (KOR), el cual actualmente registra la mayor inversión en investigación y desarrollo del mundo.

consecuente con lo planteado por Gallego-Gordón (2019).

Este autor expresa cómo a pesar de los esfuerzos de la comunidad internacional y gubernamental, este territorio afronta múltiples problemas en lo económico, político, y social, coadyuvados por la incidencia de los múltiples conflictos en la región y la inestabilidad, que

poder terminar en problemas internos de seguridad. Según lo planteado por Díaz-Hormiga (2018), esta nación africana afronta una gran problemática en torno a la educación; ya que, existe falta de interés del gobierno por ofrecer una educación de calidad, que garantice condiciones de infraestructura y formación en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

En los resultados de los compromisos del análisis STATIS DUAL, se pudo evidenciar que, en los países agrupados en el nivel medio alto, Gabón (GAB) proyecta un ángulo aproximado de 180° con respecto a la dirección del vector de tasa de alfabetización, lo que conlleva a tener resultados bastantes bajos en este aspecto. Al respecto, Eyeang (2011), expresa que el sistema educativo en este territorio es débil y frágil, a pesar de los esfuerzos realizados por el gobierno para mejorar en este sector. Estos a su vez, nos ayuda a entender la problemática que se presenta en este país africano, que a pesar de que cuenta con ingresos considerables tiene una brecha importante con respecto a los demás.

En contraste, el caso particular de Colombia, que es un país de ingresos medio alto, los resultados ratificaron que el porcentaje de la población con acceso a internet llega al 69.79%. Al respecto, Peña-Gil et al. (2017), manifiestan que, a pesar de los esfuerzos realizados por el gobierno orientados al fortalecimiento de la infraestructura tecnológica, existe brecha digital según áreas urbanas y rurales, por lo cual, las políticas en términos de telecomunicaciones deberían segmentarse con enfoque regional.

## 5. Conclusiones

En esta investigación se hizo evidente la incidencia del nivel de ingreso de los países en los indicadores ODS asociados a la educación e innovación. En términos generales, se observan mejores resultados en los indicadores para los

Respecto a los indicadores alusivos a inversiones, pudo observarse que Corea del Sur, de nivel de ingresos alto, es el país que mayor inversión realiza en investigación y desarrollo, alcanzando una participación con respecto al PIB de 4.528 %. Tal nivel de inversión, es consecuente con lo planteado por García et al. (2021), quienes manifiestan que la inversión en innovación tiene un efecto directo en el nivel de ingresos de las naciones y en consecuencia, Corea del Sur, ha construido un sistema considerando la importancia de la cooperación de la industria con la universidad, la formación científica y técnica, y la inversión en investigación y desarrollo, que hoy tiene a este territorio en la vanguardia del desarrollo económico y científico.

Específicamente con relación al indicador GSE, Estados Unidos, que se consolida como la economía más fuerte del planeta, destina un 13.474 % de recursos públicos para la salud y la educación, y cuenta con altos índices de producción científica. En contraste, a nivel global el porcentaje medio en inversión pública para salud y educación no alcanza a ser ni un 7% del PIB entre los países de ingreso medio bajo o bajo.

Al respecto y haciendo énfasis a las inversiones en educación, Espitia et al. (2018), ponen de manifiesto que existe una brecha significativa con respecto a la inversión por estudiante entre los países en vía de desarrollo, en comparación con la media de las naciones de la OECD, por tanto, manifiestan la necesidad de impulsar acciones de cooperación internacional para mejorar las inversiones en educación, entre los países de economías menos sólidas.

países agrupados en los niveles alto y medio alto, comparados con los datos para las naciones con ingresos en niveles bajo y medio bajo.

Los países reunidos en la categoría medio alto, han venido avanzando en el acceso de su

población a la educación secundaria, la alfabetización de sus ciudadanos y el porcentaje del PIB en gastos de educación y desarrollo. Sin embargo, los resultados mostraron rezagos importantes en cuanto al acceso al internet, la publicación de artículos científicos y las inversiones de los gobiernos en investigación y desarrollo; lo cual conlleva a la necesidad de plantear políticas públicas que pretendan superar estas dificultades.

Desde la técnica STATIS DUAL se pudo interpretar que existen estructuras de covariación entre los indicadores de los ODS analizados, producto de las correlaciones observadas (altas y muy positivas). En consecuencia, desde el punto de vista metodológico, esta técnica, resultó útil para el análisis de los datos en tres vías (países, nivel de ingreso e indicadores), porque permitió

identificar las diferencias y similitudes de las naciones categorizadas en los distintos niveles de ingreso.

Para terminar, es preciso indicar que los resultados de este estudio se convierten en una herramienta que permite la apertura de nuevas líneas de investigación, encaminadas a entender desde análisis multidimensionales, el efecto de la educación sobre el nivel de ingreso y de desarrollo de los países, y viceversa. En consecuencia, se recomienda la técnica estadística STATIS DUAL para identificar las naciones donde se presentan los mejores resultados en términos de cumplimiento de los ODS, en las cuales se podría tomar como referencia sus experiencias exitosas para replicarlas en países en vía de desarrollo.

## 6. Referencias

- [1] Ballesteros, V. I., Rodríguez, M., Sánchez, A. B., & Vicente, P. (2021). Proposal of the Dichotomous STATIS DUAL Method: Software and Application for the Analysis of Dichotomous Data, Applied to the Test of Learning Styles in University Students. *Mathematics*, 9, 2797. <https://doi.org/10.3390/math9212797>
- [2] Banco Mundial. (2022). Banco de datos. <https://datos.bancomundial.org/country>
- [3] Cuesta-Capellán, D. (2020). Crecimiento demográfico, analfabetismo y brecha digital: factores de desigualdad entre los países africanos. (Tesis de maestría, Universidad de Valladolid). Repositorio institucional BUCLE. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/46041>
- [4] Diaz-Hormiga, A. (2018). La educación en Gambia. (Tesis de grado, Universidad de la Laguna). Repositorio institucional RIULL. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/16233>
- [5] Espitia, J., Ferrari, C., González, J. I., Hernández, I., Reyes, L. C., Romero, A., Tassara, C., Varela, D., Villabona, J., & Zafra, G. (2018). El gasto público en Colombia. Reflexiones y propuestas. *Revista de Economía Institucional*, 21(40), 291–326. <https://doi.org/10.18601/01245996.v21n40.11>
- [6] Eyeang, E. (2011). El sistema educativo de Gabón, de la independencia a nuestros días (1960-2010). *Historia de la educación*, 30(57), 63-77. <http://hdl.handle.net/10366/121064>
- [7] Gallego-Gordón, A. (2019). La contribución de la Unión Europea y otros actores internacionales a la seguridad y estabilidad en el Sahel Occidental. La República del Chad: una aportación particular y excepcional y la

- sostenibilidad de la misma. (Tesis de doctorado, Universidad Católica de Murcia). Repositorio institucional RIUCAM.  
<http://hdl.handle.net/10952/4178>
- [8] Gallego, I., Rodríguez, M., & Vicente, P. (2021). Are Worldwide Governance Indicators Stable or Do They Change over Time? A Comparative Study Using Multivariate Analysis. *Mathematics*, 9, 3257.  
<https://doi.org/10.3390/math9243257>
- [9] García, J. J., Ochoa, I., & Valenzuela, A. (2021). Innovación en economías latinoamericanas: Análisis comparativo con respecto a Corea del Sur. *Revista de ciencias sociales*, 27(4), 62-75. Recuperado de:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8229878>
- [10] Hamdan, A., Sarea, A., Khamis, R., & Anasweh, M. (2020). A causality analysis of the link between higher education and economic development: empirical evidence. *Heliyon*, 6(6), e04046.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04046>
- [11] Hotelling, H. (1933). Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal of Educational Psychology*, 24(6), 417-441.
- [12] Lavit, C. (1988). *Analyse Conjointe de tableaux quantitatifs*. Masson, Paris.
- [13] L'Hermier des Plantes, H. (1976). *Structuration des tableaux `a trois indices de la statistique: théorie et application d'une méthode d'analyse conjointe*. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.
- [14] López, F. (2008). Tendencias de la educación superior en el mundo y en América Latina y el Caribe. *Avaliação: Revista Da Avaliação Da Educação Superior* (Campinas), 13(2).  
<https://doi.org/10.1590/S1414-40772008000200003>
- [15] Martínez, R., Trucco, D., & Palma, A. (2014). El analfabetismo funcional en América Latina y el Caribe: Panorama y principales desafíos de política.  
<http://hdl.handle.net/11362/36781>
- [16] Medina-Hernández, E. J.; Fernández-Gómez, M. J.; Barrera-Mellado, I. (2021). Analysis of Time Use Surveys Using CO-STATIS: A Multiway Data Analysis of Gender Inequalities in Time Use in Colombia. *Sustainability*, 13, 13073.  
<https://doi.org/10.3390/su132313073>
- [17] Monroy, G. V., & Flores, R. P. (2009). Perspectiva de la teoría del capital humano acerca de la relación entre educación y desarrollo económico. *Tiempo de educar*, 10(20), 273-306.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31112987002>
- [18] Mosquera, A. B. (2011). La educación y su efecto en la formación de capital humano y en el desarrollo económico de los países. *Apuntes del CENES*, 30(51), 45-59.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3724527>
- [19] Organización de las Naciones (ONU). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- [20] Pearson, K. (1901). On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Philosophical Magazine*, 2(11), 559-572.  
<https://doi.org/10.1080/14786440109462720>
- [21] Peña-Gil, H. A., Cuartas-Castro, K. A., & Tarazona-Bermúdez, G. M. (2017). La brecha digital en Colombia: Un análisis de las políticas gubernamentales para su

- disminución. *Redes de Ingeniería*, 59–71.  
<https://doi.org/10.14483/2248762X.12477>
- [22] Rodríguez, M., Gallego, I., Vicente, M. P., & Galindo, M. P. (2017). Are Social, Economic and Environmental Well-Being Equally Important in all Countries Around the World? A Study by Income Levels. *Soc Indic Res*, 131, 543–565.  
<https://doi.org/10.1007/s11205-016-1257-x>
- [23] Robert, P., & Escoufier, Y. (1976). A Unifying Tool for Linear Multivariate Statistical Methods: The RV-Coefficient. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 25(3), 257–265.  
<https://doi.org/10.2307/2347233>
- [24] Romero, A., & Rocha, J. N. (2022). La integración regional en África subsahariana y la ciencia, la tecnología y el desarrollo económico: la experiencia del África Austral. *Revista Cubana de Economía Internacional*, 9(1), 135-157.  
<http://www.rcei.uh.cu/index.php/RCEI/article/view/192>
- [25] Sachs, J., Lafortune, G., Kroll, C., Fuller, G., & Woelm, F. (2022). From Crisis to Sustainable Development: The SDGs as Roadmap to 2030 and beyond. *Sustainable Development Report 2022*.  
<https://doi.org/10.1017/9781009210058>
- [26] Sandoval-Vásquez, J., & Hernández-Castro, G. (2018). Crítica a la teoría del capital humano, educación y desarrollo socioeconómico. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 13(2), 137-160.  
<https://doi.org/10.15359/rep.13-2.7>
- [27] Thioulouse, J., Simier, M., & Chessel, D. (2004). Simultaneous analysis of a sequence of paired ecological tables. *Ecology*, 85(1), 272–283.  
<https://doi.org/10.1890/02-0605>
- [28] Vega-Hernández, M. C., & Patino-Alonso, C. (2021). Comparing COSTATIS and Generalized Procrustes Analysis with Multi-Way Public Education Expenditure Data. *Mathematics*, 9(15), 1816.  
<https://doi.org/10.3390/math9151816>
- [29] Ziberi, B. F., Rexha, D., Ibraimi, X., & Avdiaj, B. (2022). Empirical Analysis of the Impact of Education on Economic Growth. *Economies*, 10(4), 89.  
<https://doi.org/10.3390/economies1004089>