



## **ANÁLISIS DE LOS GRADUADOS POR GÉNEROS EN CARRERAS STEM EN COLOMBIA**

### **ANALYSIS OF GRADUATES BY GENDER IN STEM CAREERS IN COLOMBIA**

Heidy Lisbeth Giral Huertas

[\*\*hlgiralh@libertadores.edu.co\*\*](mailto:hlgiralh@libertadores.edu.co)

Fundación Universitaria Los Libertadores.

#### **RESUMEN**

Las carreras profesionales en STEM a menudo se consideran como una de las áreas que generaran la mayor cantidad de empleos en el futuro, diversas fuentes anticipan que hasta el 75% de los empleos estarán relacionados con el campo de las STEM (UNESCO, 2018). Lo que promueve el desarrollo sostenible: estimulando la innovación, el bienestar social y el crecimiento inclusivo. A pesar de los importantes progresos alcanzados en los últimos años, el número de global de mujeres en estas áreas sigue siendo muy reducido. El objetivo de este artículo es pronosticar los graduados de las Instituciones de Educación Superior en las áreas de conocimiento STEM, para poder analizar el panorama de la participación entre géneros de estos programas académicos. De esta forma estimar el comportamiento y la tendencia que se presentará en los egresados en Colombia durante los próximos 4 semestres y para esto se realizó un análisis de series de tiempo aplicando un modelo ARIMA.

**Palabras clave:** STEM, pronostico, género, educación superior, ARIMA.

#### **ABSTRACT**

Stem careers are often seen as one of the areas that will generate the most jobs in the future, sources anticipate that up to 75% of jobs will be related to STEMS (UNESCO, 2018). What promotes sustainable development: stimulating innovation, social well-being inclusive growth. Despite significant progress in recent years, the number of women in these areas remains very small. The objective of this article is to forecast graduates of Higher Education Institutions in the areas of STEM knowledge, to be able to analyze the gender participation landscape of these academic programs. In this way estimate the behavior and trend that will be presented in graduates in Colombia over the next 4 semesters and for this a time series analysis was performed using a ARIMA model.

**Keywords:** STEM, forecast, gender, higher education, SARIMA.



## INTRODUCCIÓN

A pesar del avance en la participación de la mujeres en carreras donde han sobresalido los hombres, entre las que se encuentra las carreras STEM (por sus siglas en inglés), es decir, las relacionadas con Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, estas brindan ofertas con mejor remuneración y condiciones laborales, sin embargo, aún sigue siendo uno de los sectores con menor presencia femenina (Gallego y Rocha, 2019).

En la última década se han generado diversas investigaciones que analizan la brecha de género en carreras STEM e identifican sus determinantes. Las principales causas encontradas son: 1) un menor desempeño escolar de las niñas en matemáticas y ciencias en comparación con los hombres (Ayalon, 2003), 2) diferencias en preferencias y expectativas futuras en el mercado laboral (Reuben et al., 2017), y 3) estereotipos de género relacionados con aspectos culturales (Buser et al., 2014).

Según datos del Ministerio de Educación, las carreras que tienen mayor participación femenina en Colombia, se encuentran Administración de Empresas, Contaduría Pública, Derecho, Psicología y Medicina. Estas ocupan un 85 % de las 41.547 mujeres que se graduaron en el 2018. El 15 % restante está en carreras STEM. En contraste, en países de la OECD, del total de estudiantes en educación terciaria, 34% de los que pertenecen a programas de ciencias y 24% de los que están en programas de ingeniería, manufactura y construcción son mujeres. En Colombia, del total de mujeres que están matriculadas en educación superior, el 43% pertenecen a carreras STEM. Sin embargo, las brechas son dramáticas en programas como matemáticas, física e ingeniería electrónica donde el porcentaje de ellas es apenas el 34%, 26% y 16% respectivamente (Gómez, Abadía, & Bernal, 2020; OECD, 2017).

Con el presente estudio se quiere realizar un pronóstico de los graduados de las Instituciones de Educación Superior en carreras STEM, para poder analizar el panorama de la participación entre géneros de estos programas académicos (Oliveiro, 2020). De esta forma estimar el comportamiento y la tendencia que se presentará en los egresados en Colombia durante los próximos 4 semestres utilizando un modelo SARIMAX en una series de tiempo entre los años 2001 y 2018. Adicionalmente, se quiere validar si las políticas públicas y programas que se han implementado en los últimos años han impactado en la reducción de la brecha género en los programas STEM.



## REFERENTES TEORICOS

La llamada cuarta revolución industrial (que se refiere a una visión de la producción informatizada con procesos interconectados por medio de internet), la necesidad de contar con personal cada vez más competente en habilidades en STEM se ha convertido en una exigencia para las naciones, sin importar si estas son desarrolladas o se encuentran en vías de desarrollo (Oliveros, 2019).

Por lo que el futuro está en las manos de las nuevas; afrontando los retos que se aproximan entre los que se encuentran el dominio de la tecnología. Es muy relevante que se desarrolle estas capacidades para afrontar el mercado laboral, y esto cobra mayor relevancia en el caso de las mujeres, que muestran una menor participación en estos procesos (Camacho, 2020).

Por otro lado, una mirada simplista de los principales indicadores de género en la educación ha permitido generar una falsa interpretación en términos del estado de la equidad entre hombres y mujeres, sobre todo cuando se tiene en cuenta que, en varios contextos nacionales, las mujeres tienen mayores tasas de graduación en la educación superior que los hombres. A esto habría que añadirle una vez más que el acceso no es equitativo según las áreas del conocimiento como tampoco a medida que aumenta el nivel educativo. Así mismo, las carreras académicas de las mujeres docentes e investigadoras están marcadas tanto por las brechas salariales como por la segregación vertical y horizontal (Mingo, 2006; Buquet et al., 2006; Palomar, 2009).

El índice de desigualdad de género (IDG), que tiene como objetivo dejar en evidencia la pérdida de potencial de desarrollo humano como consecuencia de las disparidades entre hombres y mujeres, debe tomarse como un indicador de desigualdad. El puntaje general de América Latina en el IDH se reduce en un 22% cuando se ajusta para tener en cuenta la desigualdad de género, especialmente con respecto al ingreso, incluso a pesar de que América Latina y el Caribe presenta la menor brecha de género de todas las regiones en desarrollo (2,3%) (PNUD, 2018).

Es preocupante que los empleos que son favorecidos por la ciencia y la tecnología y las áreas de estudio e investigación tengan una reducida participación de mujeres. Con base en el cuaderno *Niñas y mujeres de América Latina en el mapa tecnológico: Una mirada de género en el marco de políticas públicas de inclusión digital*, del Sistema de Información de Tendencias Educativas en América Latina (SITEAL) (Pavez, 2015), la desigualdad entre hombres y mujeres en STEM se da por varios factores complejos. Se trata de un ámbito en el que se solapan aspectos de tipo económico, cultural, social y religioso, generando brechas que pueden tornarse crónicas y que, a su vez, alimentan un círculo vicioso de diferencias económicas y sociales. Las barreras de acceso a, y al interior de, las carreras



profesionales en STEM pueden encontrarse en cualquier momento y se presentan bajo diferentes formas. Así, algunas pueden resultar más importantes en ciertas etapas de la vida que en otras (García y Pérez-Sedeño, 2002).

La subrepresentación de las mujeres en campos relacionados con las STEM se evidencia al nivel de la educación superior (ver tabla 1). Tal como lo refleja un estudio realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en todos los países de la región las mujeres son una minoría en el campo de la ingeniería, la industria y la construcción, y en las tecnologías de información y comunicación. Los dos países que presentan las mayores disparidades en este sentido son Chile y El Salvador, donde las mujeres solo representan el 17% del total de graduados de esos campos (BID, 2018).

*Tabla 1 Porcentaje de mujeres graduadas universitarias, por campo de estudio (2018 o año más)*

Pais	Año	Artes y humanidades	Ciencias sociales, periodismo e información	Estudios empresariales, administración y derecho	Ciencias naturales, matemáticas y estadística	Tecnologías de información y comunicación	Ingeniería, manufactura y construcción	Agricultura, pesca silvicultura, pesca y veterinaria	Salud y bienestar	Servicios
Argentina	2011	76,0	44,4	43,3	70,0	33,0	35,0	62,0	53,5	
Belice	2015	71,4	69,8	68,6	52,8	19,4	9,1	35,3	69,9	60,5
Bermudas	2018	-	-	62,1	46,2	33,3	6,3	-	100,0	35,3
Brasil	2017	55,2	70,9	58,0	59,5	14,6	36,7	49,5	75,7	61,4
Chile	2017	56,5	66,7	56,3	46,5	12,7	17,7	47,2	78,0	51,3
Colombia	2018	50,6	69,0	62,7	54,2	23,3	34,6	44,7	72,1	42,8
Costa Rica	2018	59,3	69,0	61,5	51,7	20,3	35,4	42,7	76,0	61,7
Cuba	2016	67,7	73,7	70,3	52,2	33,2	41,6	39,0	59,5	32,6
República Dominicana	2017	73,8	57,0	60,7	54,1	39,4	38,4	29,0	79,7	57,0
Ecuador	2016	48,8	64,5	59,7	47,9	36,8	20,7	35,0	71,3	45,4
El Salvador	2017	59,1	70,7	60,4	49,2	26,0	18,8	30,3	74,7	60,4
Guatemala	2015	56,0	64,3	54,9	45,2	21,1	35,0	30,9	70,5	47,3
Honduras	2018	62,6	72,9	62,4	54,9	27,1	38,5	24,7	73,5	19,4
México	2017	77,1	70,4	55,1	51,1	28,4	28,5	36,8	68,2	50,0
Panamá	2016	64,7	68,8	68,3	59,9	43,9	40,0	4,9	76,7	60,9
Perú	2017	58,1	51,5	58,0	46,0	49,6	47,5	40,6	78,8	39,7
Puerto Rico	2016	55,7	70,0	60,3	64,4	18,6	21,2	49,0	75,5	43,5
Uruguay	2017	64,1	74,3	62,7	70,7	17,7	45,9	39,7	77,5	28,5

*Fuente: Los datos son tomados del documento analítico elaborado por ONU Mujeres (Bello, 2020)*

*Leyenda: El color verde muestra los países que han alcanzado la paridad; el color naranja marca los países donde el número de mujeres ha superado al de hombres.*



Como se observa en la tabla anterior Colombia la proporción de investigadoras mujeres que se graduaron en 2018 en el ámbito de la ingeniería fue del 23,3, contrastando con su participación en artes y humanidades con un 50,6 lo cual contrasta con el patrón observado en el Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo (TERCE), las niñas se desempeñan mejor en las evaluaciones de lectura, mientras que los niños lo hacen mejor en las de matemáticas. En esta última área, a partir de sexto grado comienza a ampliarse la brecha a favor de los niños, un patrón que se acentúa cuando llegan a la universidad: en este nivel, las mujeres se concentran en las ciencias sociales y en ciertas áreas de las ciencias naturales o médicas y poseen una presencia limitada en las STEM. Esta diferencia se amplía aún más en el nivel de postgrado. (OREALC, 2013)

Todas estas situaciones terminan potenciando otras brechas como las educacionales y de empleos, así como la contribución en materias de emprendimiento (CEPAL, 2014b). Según el informe *The ABC of gender equality in education*, elaborado por la OCDE, uno de los mayores problemas que tiene el desarrollo de las áreas de conocimiento de STEM para las mujeres universitarias es la falta de interés que suelen tener en este tipo de carreras a causa de prejuicios y estereotipos que acompañan a dichas profesiones. (OECD, 2015)

En el transcurso de los años el gobierno de Colombia ha implementado diversas estrategias para aumentar el índice de matrícula y graduados en la educación superior desde el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 se expone una postura por la innovación y la competitividad como palancas de la prosperidad y del desarrollo. Estos dos aspectos completan el reto para triunfar en la denominada sociedad del conocimiento, de un lado, tendríamos la capacidad de crear productos nuevos, con mayor valor agregado y con sentido de oportunidad en una economía globalizada; y de otro, tendríamos una mayor competitividad mejorando la calidad y pertinencia de la educación, esto entre otros elementos que nos harían crecer en competitividad a mediano y largo plazo. (PND, 2010 – 2014).

Para el desarrollo de este trabajo se utilizarán series de tiempo univariadas, en este apartado se abordarán, de manera general, las ideas generales relacionadas con este tipo de series, así como la metodología Box-Jenkins y se describen algunas herramientas estadísticas relacionadas.

La metodología Box-Jenkins se podría definir como un ciclo iterativo que busca encontrar el mejor modelo de ajuste para la realización de pronósticos y estimaciones. Esta metodología fue planteada por los autores George P.E. Box y Gwilym M. Jenkins en 19670 en su texto *Time series for analysis and control* (E.P.Box & Jenkins, 1970), gráficamente se puede visualizar en la figura 1.

Figura 1. Etapas de la construcción metodológica Box-Jenkins



Fuente: elaboración propia con base en Box & Jenkins (1976).

Para la identificación del modelo en el primer punto del flujograma anterior se puede enunciar que hace referencia a modelos de tipo Autoregressive (AR), Moving Average (MA), ARMA (p, q), ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) SARIMA (Seasonal ARIMA) (Brockwell & Davis, Introduction to time series and forecasting, 2002). Aplicando la metodología anterior a un conjunto de datos determinado se podrán generar pronósticos con cierto grado de precisión.

**Prueba Dickey-Fuller:** El criterio de estacionariedad es fundamental para la aplicación de la metodología Box - Jenkins se pueden utilizar diversas herramientas para evaluar dicha propiedad en una serie de tiempo. Una de las técnicas formales más usadas para evaluación de estacionariedad es la prueba Dickey – Fuller que fue presentada por David A. Dickey and Wayne A. Fuller en 1979. La prueba de Dickey – Fuller se basa en una prueba de hipótesis con la siguiente estructura (Dickey & Fuller, 1979)

$$H_0: Y_t \sim I(1)$$

$$H_1: Y_t \sim I(0)$$

Donde H0 o hipótesis nula indica que la serie es no estacionaria y posee raíces unitarias y H1 es la hipótesis alternativa e indica que la serie es estacionaria y no se encuentran raíces unitarias. Lo anterior evaluado para una modelo autorregresivo con la siguiente estructura:

$$Y_t = \alpha Y_t + e_t$$



Donde  $Y_t$  es una serie de tiempo y  $e_t$  es una secuencia normal de variables aleatorias con media cero y varianza  $\sigma^2$ .

### **Modelos ARIMA**

Los modelos ARIMA (p, d, q) se pueden considerar el corazón mismo de la metodología Box-Jenkins y se definen como un compendio de ecuaciones asociados a cada componente particular del modelo. En general el modelo ARIMA (p, d, q) está constituido por los siguientes componentes (Kirchgassner & Wolters, 2007):

**Modelos AR (p):** Componente autorregresivo de los modelos ARIMA (p, 0, 0) que se define de la forma (E.P.Box & Jenkins, 1970):

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \dots + \phi_p z_{t-p} + a_t$$

La idea general de los modelos autorregresivos es que los valores presentes  $z_t$  de una serie pueden ser explicados como una función de p valores pasados (Stoffer, 2011).

**Modelos MA (q):** Componente de medias móviles de los modelos ARIMA (0, 0, q) que se define por la siguiente combinación lineal (E.P.Box & Jenkins, 1970):

$$z_t = a_t + \theta_1 z_{t-1} + \dots + \theta_q z_{t-q}$$

Orden de integración (d): El orden de integración obedece a la transformación de la serie de tiempo original para buscar alcanzar su estacionariedad.

Procesos estacionarios: Los procesos estacionarios (débilmente) son aquellos en los que para una serie  $z_t$  se observa (Mills, 2019):

$$E(z_t) = c$$

$$\text{Varianza}(z_t) = c$$

$$\text{Covarianza}(z_t, z_{t+s})$$

Es decir, que la serie  $z_t$  tiene media y varianza relativamente constante (c) y la covarianza depende del tamaño del intervalo y no de su posición t en la serie de tiempo. La condición de estacionariedad es fundamental y condición sine qua non para la construcción de modelos bajo la metodología Box-Jenkins.

### **Criterios de información para selección de modelos**



**AIC (Akaike Information Criterion):** El criterio de información Akaike mide la bondad de ajuste de determinado modelo definido matemáticamente de la siguiente forma (Akaike, 1974):  $AIC = -2 \times \ln(L) + 2k$

Donde:

k: Es el número de parámetros del modelo.

ln: Es la función de verosimilitud

L: Valor máximo para la función de verosimilitud

**BIC (Bayesian Information Criterion):** El criterio de información bayesiano es la alternativa al clásico criterio de evaluación de modelos AIC. Matemática se define cómo (Schwarz, 1978):

$BIC = -2 \log(L) + k \log(T)$

Donde:

k: Es el número de parámetros del modelo.

T: Cantidad de datos disponibles

Una de las diferencias fundamentales entre los criterios de evaluación AIC y BIC es que este último penaliza los modelos con mayor número de parámetros estimados obteniéndose modelos de menor orden y por ende más parsimoniosos.

Para realizar el proceso de evaluación de los pronósticos generados por los modelos propuestos se tendrán en cuenta los siguientes criterios: Al considerar una serie de tiempo con  $T$  observaciones, serán retiradas de ésta serie, las últimas observaciones. Se genera el modelo con las  $T-n$  observaciones y al generar los pronósticos, se evaluará la diferencia de los valores pronosticados y los valores verdaderos contenidos en la serie los puntos que fueron retirados. Considere  $e_j = y_j - \hat{y}_j$ , donde  $\hat{y}_j$  denota el pronóstico  $y_j$ . (Lozano Forero Sébastien, 2019)

La capacidad predictiva del modelo estimado puede ser evaluada utilizando las siguientes medidas de error, donde  $k=T-n$

1. Error medio (ME):

$$ME = \frac{1}{n-1} \sum_{j=k+1}^T e_j$$

2. Raíz de error cuadrático medio (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=k+1}^T e_j^2}$$



3. Error absoluto medio (MAE):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{j=k+1}^T |e_j|$$

4. Error medio porcentual (MPE):

$$MPE = \left( \frac{1}{n} \sum_{j=k+1}^T \frac{e_j}{e_j} \right)$$

5. Error absoluto medio porcentual (MAPE):

$$MAPE = \left( \frac{1}{n} \sum_{j=k+1}^T \frac{|e_j|}{e_j} \right)$$

6. Autocorrelación de los errores con rezago 1. (ACF1)  
7. Índice U de Theil de desigualdad.

## METODOLOGÍA

Para responder al problema de investigación se utilizó una metodología descriptiva de corte interpretativo. La muestra está conformada por la información del Sistema Nacional de Información de Educación Superior (SNIES)<sup>1</sup>, a partir de las bases de datos de graduados entre 2001 y 2018, en las áreas de conocimiento STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática).

### Fases:

De la base de datos general de graduados 2001 – 2018 se realiza un análisis descriptivo de la evolución de graduados a nivel general para comprender la naturaleza del comportamiento de género en todos los programas de educación superior del país, luego se estudian los datos a partir de la variable área de conocimiento. A partir de esta información se realiza un comparativo entre las áreas de economía y afines, ciencias sociales y STEM, observando la brecha de género que se presenta en cada una de ellas, luego, tomando como base los datos STEM se genera un análisis descriptivo de las variables ciudad y programas con mayor número de mujeres graduadas por medio del cual se analiza el comportamiento y tendencia de estos.

Se genera la serie de datos a trabajar tomando el periodo 2001 – 2018 y los graduados semestralmente, se evalúa la estacionariedad de las series a utilizar, es decir, que su comportamiento presente una media y varianzas constantes usando la prueba de Dickey–Fuller, inicialmente se realizó una búsqueda de los tipos de modelos que se

---

<sup>1</sup> <https://www.mineduacion.gov.co/sistemasinfo/Informacion-a-la-mano/212400:Estadisticas>



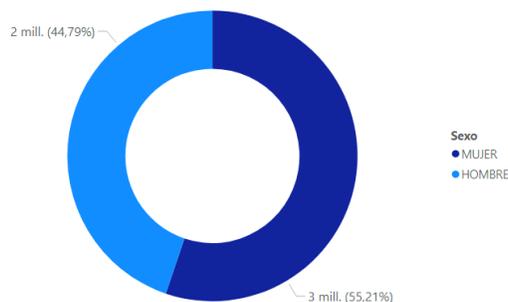
pudieran ajustar a los datos empleados determinando que la mejor opción es un modelo VAR, luego se realiza un proceso iterativo buscando encontrar el mejor ajuste de los parámetros del modelo significativos y este es evaluado mediante las gráficas de autocorrelación ACF y PACF y el índice BIC.

Una vez determinado el modelo se realiza validaciones de estabilidad, normalidad por medio de la prueba de jarque-bera y autocorrelación con Ljung-Box, validados estos criterios se genera el pronóstico para observar el comportamiento de 5 semestres.

## RESULTADOS

Como se observa en la gráfica 1, si bien las mujeres constituyen la mayoría de los estudiantes universitarios graduados con 55,21% a comparación del 44,79% en hombres, esto muestra una tendencia general positiva, sin embargo, esto no tiene en consideración la distribución por sexos en las distintas áreas de conocimiento.

Gráfica 1. Graduados por género

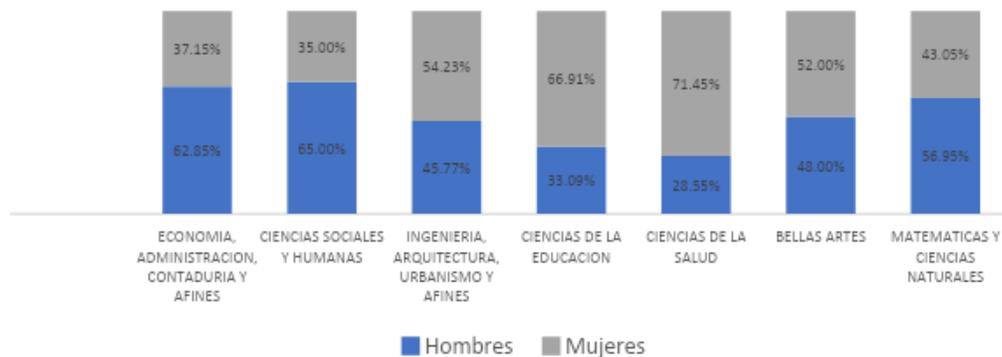


Fuente: Creación propia a partir de datos del SNIES (2021)

Se observa en la gráfica 2 entre las dos áreas que las mujeres tuvieron mayor participación fueron las ciencias de la salud (71,45 %), y seguido por las ciencias de la educación (66,91%) Los hombres, por su parte, se inclinaron más por las ciencias sociales y humanas (65.4 %); y las ciencias económicas y administrativas (62,85%).



Gráfica 2. Graduados por área de conocimiento

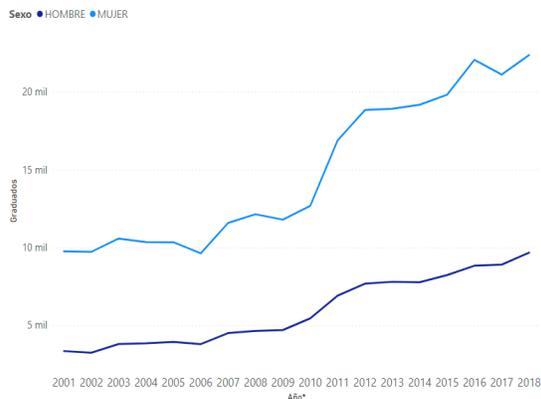


Fuente: Creación propia a partir de datos del SNIES (2021)

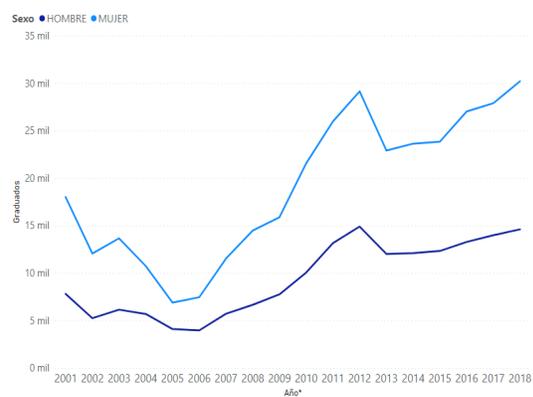
El porcentaje de mujeres graduadas supera al de los hombres, como se visualiza en la gráfica 3 ellas optan más por carreras en el ámbito de la educación o la salud, y su participación es menor en el área STEM, mostrando una marcada distribución según sexo en los campos del conocimiento, lo que visibiliza la continuidad de una orientación vocacional tradicional en términos de la división sexual en el área laboral.

Gráfica 3. Graduados por género y por área de conocimiento 2001 – 2018

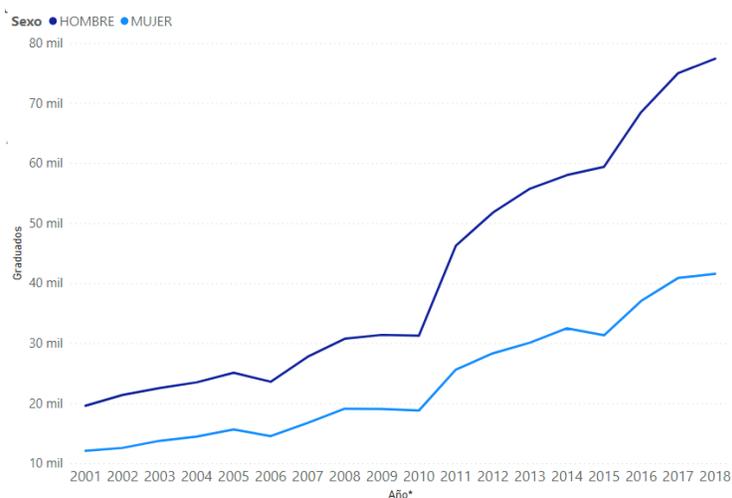
### Ciencias de la Salud



### Ciencias de la educación



### STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática)

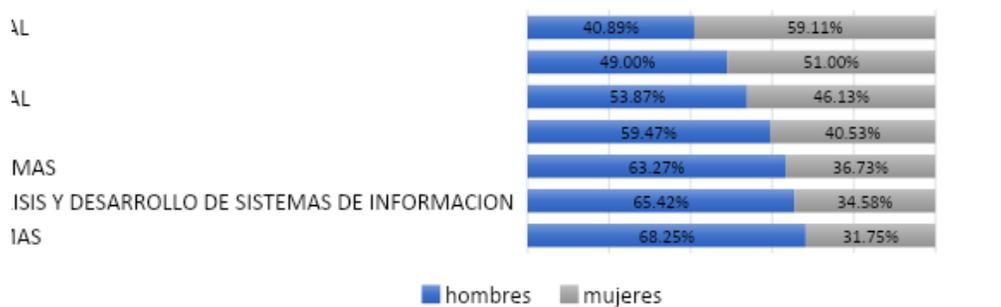


Fuente: Creación propia a partir de datos del SNIES (2021)

En la gráfica anterior se observa que en Colombia se gradúan más hombres en STEM con una brecha en 2018 del 27.7% y adicionalmente en el año 2010 se presenta un cambio de tendencia para ambos géneros, esto debido a la implementación del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 que buscaba una mayor competitividad en la mejora de la calidad y la pertinencia de la educación y la disminución de la deserción a mediano y largo plazo.

Entre los programas STEM con mayor cantidad de mujeres graduadas se encuentran: Ingeniería Ambiental con una participación femenina del 59.1% e Ingeniería Química con el 51%. Seguidas de Ingeniería Industrial y Arquitectura, con 46.1% y 40.5% de participación como se visualiza en la gráfica 2.

Gráfica 4. Carreras STEM con mayor graduación de mujeres 2001-2018

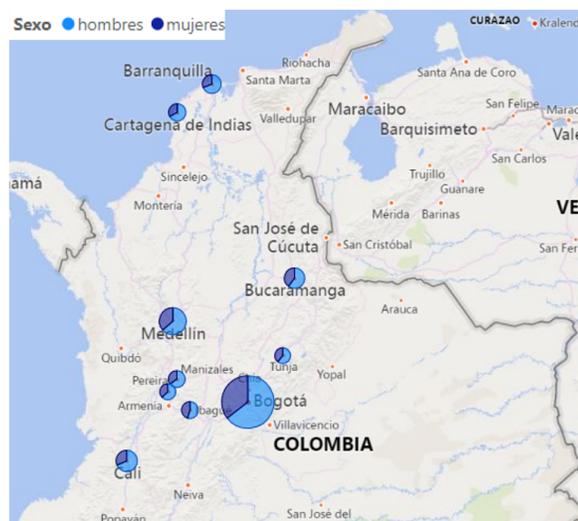


Fuente: Creación propia a partir de datos del SNIES (2021)

Como se observa en la gráfica 5, las cinco ciudades líderes en desarrollar egresados STEM entre el periodo 2001 - 2018 son: 1) Bogotá con 394.301 graduados, el 35,5% mujeres y el 64,5% hombres; 2) Medellín con 133.208 graduados, el 36,5 mujeres y el 63,5% hombres;

3) Cali con 76.427 graduados, el 31,4% mujeres y el 68,6% hombres; 4) Bucaramanga con 66.221 graduados, el 39,8% mujeres y el 60,2% hombres; y 5) Barranquilla con 50.352 graduados, el 31,1% mujeres y el 68,9% hombres. Se puede analizar que el promedio de la brecha por género es en promedio de un 30,3%, sin embargo, Bucaramanga tuvo una brecha más baja en las 5 ciudades con mayor cantidad de graduados.

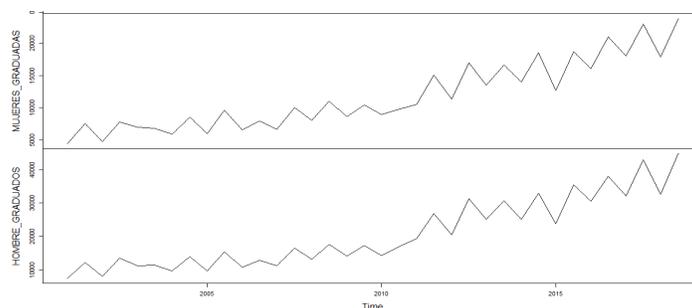
Gráfica 5. Ciudades con mayor número de egresados en campo STEM en Colombia



Fuente: Creación propia a partir de datos del SNIES (2021)

En la gráfica 6 se observa el comportamiento de las series de graduados en áreas STEM de mujeres y hombres muestran una tendencia de crecimiento, también se pueden identificar ciclos con dos picos en el año, sobresaliendo una mayor de cantidad de graduados en el segundo semestre que en el primero.

Gráfica 6. Series graduados por género 2001 -2018



Fuente: Creación propia (2021)

Uno de los requisitos para la identificación de modelos estadísticos según la metodología Box-Jenkins, es la validación de estacionariedad y es necesario considerar los autocorrelogramas y autocorrelogramas parciales muestrales de los datos. La gráfica 7 presenta los datos con tres diferencias: en su componente estacional y en su componente no



estacional. La prueba de Dickey-Fuller aumentada aporta un p-valor del 0.02084 para la serie mujeres y 0.01364 para la serie hombres.

En la tabla 2 de la serie mujeres bajo el análisis univariado se evaluaron 12 modelos para la serie de mujeres, de los cuales el modelo elegido es el número 12, debido a que pasa las pruebas de autocorrelación, normalidad y heterocedasticidad, además tiene el menor BIC.

**Tabla 2. Pruebas Modelos ARIMA – Serie Mujeres**

Nombre	Descripción	Jarque.bera	Box.test / Ljung-Box	BIC
Modelo 1	ARIMA (0,0,0) (0,1,1) [2]	0.01109	0.6455	606.452
Modelo 2	ARIMA (4,0,0) [0]	0.8997	0.002011	685.226
Modelo 3	ARIMA (4,1,1)	0.4091	0.5059	636.6098
Modelo 4	ARIMA (1,1,4)	0.1245	0.9817	628.7102
Modelo 5	ARIMA (4,1,0)	0.7912	0.002449	646.0048
Modelo 6	ARIMA (5,1,1)	0.5998	0.08613	637.0959
Modelo 7	ARIMA (0,1,4)	0.6292	1.824e-05	660.8845
Modelo 8	ARIMA (4,1,1) (0,1,1) [2]	0.4358	0.8266	586.0241
Modelo 9	ARIMA (4,1,1) (0,1,1) [2] ar (4) – ma (1) – sma (1)	0.2193	0.7134	579.1325
Modelo 10	ARIMA (4,1,1) (1,1,1) [2]	0.7134	0.2193	582.3166
Modelo 11	ARIMA (4,1,1) (0,1,0) [2]	0.01953	0.9119	581.7408
Modelo 12	ARIMA (4,1,1) (0,1,1) [2]	0.314	0.7494	577.8029

*Fuente: Creación propia (2021)*

Mientras que en la serie de hombres como se visualiza la tabla 3 se evaluaron 9 modelos para la serie de mujeres, de los cuales el modelo elegido es el número 7, debido a que pasa las pruebas de autocorrelación, normalidad y heterocedasticidad, además tiene el menor BIC.

**Tabla 3. Pruebas Modelos ARIMA – Serie Hombres**

Nombre	Descripción	Jarque.bera	Box.test Ljung-Box	BIC
Modelo 1	ARIMA (0,0,0) (0,1,1) [2]	0.0006269	0.6098	647.4357
Modelo 2	ARIMA (4,0,1) (0,1,0) [2]	0.183	0.7054	645.257
Modelo 3	ARIMA (4,0,1) (0,1,0) [2] ar (3) – ma (1)	0.1151	0.9526	635.5249
Modelo 4	ARIMA (4,0,4) (0,1,0) [2] ar (3) – ma (1,4)	0.08563	0.984	638.9803
Modelo 5	ARIMA (4,1,1)	0.3623	0.5877	678.2668
Modelo 6	ARIMA (4,1,4) (0,1,0) [2]	0.002775	0.9065	621.9733
Modelo 7	ARIMA (4,1,1) (0,1,0) [2] ar (2, 4) - ma (1)	0.2147	0.9979	619.6165
Modelo 8	ARIMA (1,1,4) (0,1,1) [2] ma (1) - sma (1)	0.1574	0.8698	619.8657



Modelo 9	ARIMA (4,1,5) (0,1,1) [2] ar (1) - ma (1)	0.0003024	0.6405	624.5809
----------	--	-----------	--------	----------

Fuente: Creación propia (2021)

Los parámetros del modelo seleccionado se dan en la tabla 4 y se observan valores significativos respecto a los p-valores de ambos modelos por lo que acepta la hipótesis de normalidad de los residuos, así como de no autocorrelación de serial de estos.

Tabla 4. Estimativas para los modelos ARIMA

**Estimativas para el modelo ARIMA  
(4,1,1) (0,1,1) [2] – Serie Mujeres**

Parámetro	ar4	ma1	sma1
Estimación	-0.49382	-0.57680	-0.65997
Error estándar	0.17414	0.14603	0.23247
t-valor	-2.8357	-3.9500	-2.8389

**Estimativas para el modelo ARIMA  
(4,1,1) (0,1,0) [2] – Serie Hombres**

Parámetro	ar4	ma1	sma1
Estimación	-0.38925	-0.68548	-0.50053
Error estándar	0.16613	0.14469	0.16206
t-valor	-2.3430	-4.7377	-3.0884

Tabla 5. Medidas de error del modelo ARIMA

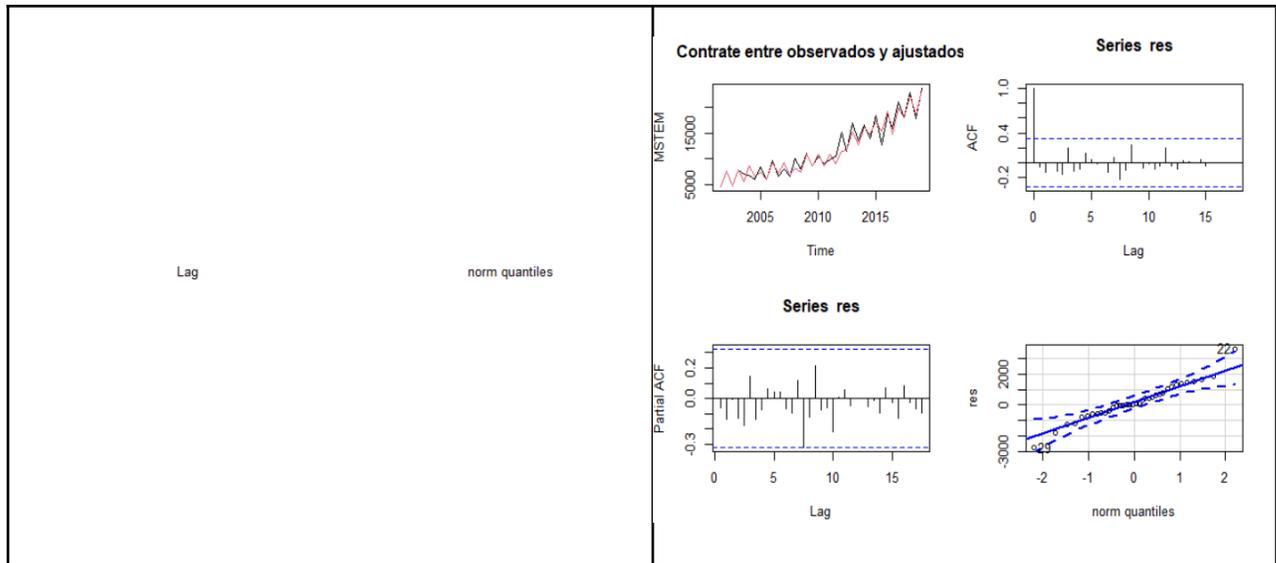
Serie	ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE	MASE	ACF1
Hombres	216.2982	1159.573	840.7129	0.9830582	7.536169	0.2767922	-0.05874775
Mujeres	169.0373	1136.162	805.1375	0.661884	7.23647	0.2650796	0.05108467

Fuente: Creación propia (2021)

Se visualiza en la gráfica 7 el diagnóstico del modelo en este se presentan los datos originales frente a los datos ajustados mostrando un buen ajuste. Los ACF y PACF de los residuos, no muestran ningún problema de autocorrelación y los modelos ajustados están dados por:

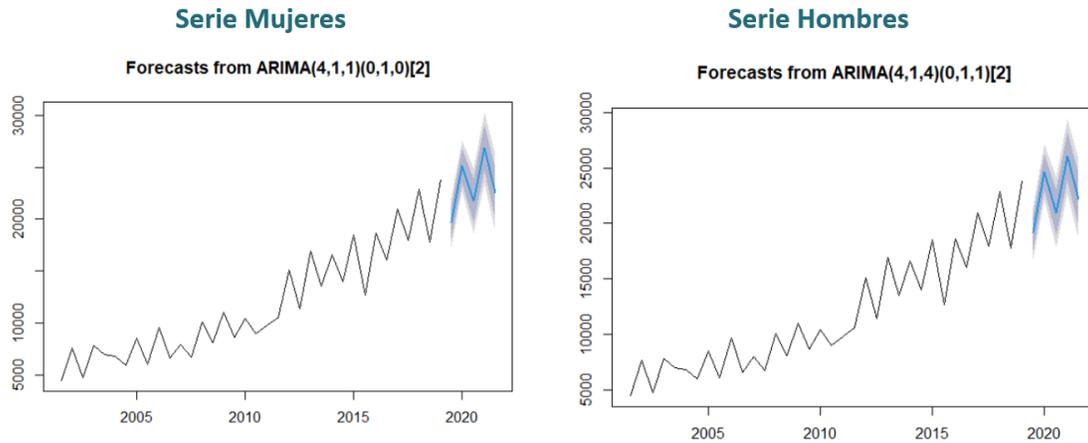
Gráfica 7. Validación de modelos dados en la tabla 4

<b>modelo ARIMA (4,1,1) (0,1,1) [2] – Serie Mujeres</b>	<b>modelo ARIMA (4,1,1) (0,1,0) [2] – Serie Hombres</b>
---	---



Fuente: Creación propia (2021)

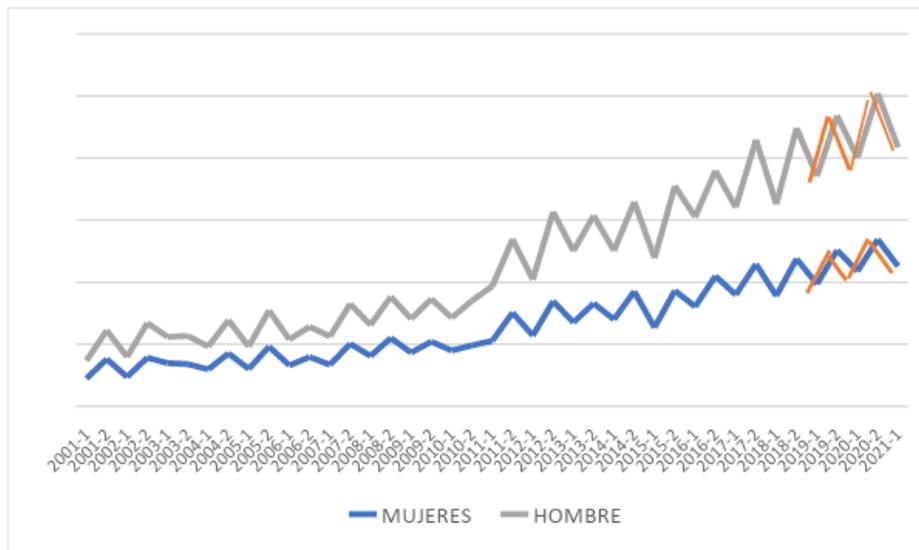
Respecto al pronóstico se observa un ajuste relativamente bueno a la hora de revisar las gráficas que integran los valores de pronóstico.



Fuente: Creación propia (2021)

Como se presenta en la gráfica 8 se realiza el comparativo entre las dos series la cual muestra una tendencia creciente y constante, la brecha entre géneros en 2018-2 era de un 30,71% y la proyección para el periodo 2021-1 es del 29.81%. Esto muestra una disminución del 0.9%, en la actualidad se presentan diversos instrumentos, actividades y medidas impulsados por entes gubernamentales y privados que contribuyen a aumentar la participación de las mujeres en actividades STEM y a reducir la brecha de género.

Gráfica 8. Comparativo proyección graduados por género



Fuente: Creación propia (2021)

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con el objetivo establecido, se llega a las siguientes conclusiones:

- Se construyó un modelo ARIMA para la serie de graduados para mujeres y hombres que superaron todos los test estadísticos propios de la metodología Box-Jenkins (criterio de selección BIC, la prueba de normalidad Jarque-Bera y el test de Ljung-Box) y dando buenos resultados en términos de medidas de evaluación de error ME, MAE, RMSE y MAPE.
- Las mujeres han incrementado su acceso a la educación superior teniendo un mayor porcentaje de graduación a lo largo de la última década, se observa que aún se presenta una orientación tradicional en la escogencia de cierto tipo de carreras tales como las licenciaturas y las ciencias de la salud.
- Los pronósticos permiten visualizar una leve reducción de la brecha de género en STEM, lo que permite intuir un mayor estímulo en la participación de las mujeres en esta área de conocimiento.

La realización de este trabajo deja la oportunidad de analizar otras áreas de conocimiento como los son ciencias de la salud y ciencias de la salud con respecto al bajo porcentaje de



graduación que tienen los hombres en ellas, adicionalmente, se puede analizar la brecha de género en el acceso a la vida laboral donde es mucho más notorio la desigualdad de género.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akaike, H. (1974). A new look at statistical model identification. *IEEE Transactions on automatic control* 19 (6), 716-723

Ayala-Villamil, L. A. (2020). Conceptualización de naturaleza de la ciencia: el desarrollo de dos enfoques: Conceptualization of nature of science: the development of two approaches. *Noria Investigación Educativa*, 2(6), 105–128. <https://doi.org/10.14483/25905791.16653>

Ayalon, H. (2003). Women and men go to university: Mathematical background and gender differences in choice of field in higher education. *Sex Roles*, 48(5-6), 277-290.

Bello, A. (Mayo de 2020). Unwomen.org. Obtenido de <https://bit.ly/3yM4znc>

Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (2002). *Introduction to time series and forecasting*. New York: Springer.

Buser, T., Niederle, M. & Oosterbeek, H. (2014). Gender, Competitiveness, and Career Choices. *The Quarterly Journal of Economics*, 129(3), 1409-1447.

BUQUET, Ana, Jennifer Cooper, Hilda Rodríguez y Luis Botello, 2006, *Presencia de mujeres y hombres en la UNAM: una radiografía*, México, Universidad Nacional Autónoma de México-Comisión de Seguimiento a las Reformas de la Equidad de género en la UNAM.

Camacho-González, J. P. (2020). Educación Científica, reflexiones y propuestas desde los feminismos. *Revista Científica*, 38(2), 190–200. <https://doi.org/10.14483/23448350.15824>

Colombia, Congreso Nacional de la República. (22 de enero de 2009). "Ley 1286 del 23 de enero de 2009, por medio de la cual se modifica la Ley 29 de 1990, se transforma a Colciencias en Departamento Administrativo, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia y se dictan otras disposiciones. En *Diario Oficial*, núm. 47.241 de 23 de enero de 2009. Bogotá: Imprenta Nacional.

Colombia, Departamento Nacional de Planeación. (27 de abril de 2009). Documento Conpes 3582: "Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación". Bogotá: DNP.

E.P. Box, G., & Jenkins, G. M. (1970). *Time series analysis forecasting and control*. Holden Day.

Gallego Torres, A. P., & Rocha Salamanca, P. . (2019). Reconstrucción histórica del rol de la mujer en la “Universidad Distrital Francisco José de Caldas” (1995-2015): Historical reconstruction of the role of women in the “Universidad Distrital Francisco José de Caldas (1995-2015). *Noria Investigación Educativa*, 1(3) <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/NoriaIE/article/view/16323>

García, M., y Perez-Sedeño, E. (2002). Ciencia, Tecnología y Género. *CTS+I: Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*.



Lozano Forero Sébastien, S. C. (2019). Propuesta de un índice SIPSA y su relación con la inflación de alimentos para el caso colombiano: evidencia empírica. *Comunicaciones en Estadística*, 133-152.

Masingenieros.com (2016). El nuevo reto: La industria 4.0. Recuperado de <http://www.masingenieros.com/portfolio/el-nuevo-reto-la-industria-4-0>

Mills, T. C. (2019). *Applied time series analysis - A practical guide to modeling and forecasting*. United Kingdom: Academic Press.

MINGO, Aracelli, 2006, ¿Quién mordió la manzana?: sexo, origen social y desempeño en la Universidad, México, Universidad Nacional Autónoma de México-Centro de Estudios sobre la Universidad-Programa Universitario de Estudios de Género/Fondo de Cultura Económica.

OECD (2015), *The ABC of Gender Equality in Education: Aptitude, Behaviour, Confidence, PISA*, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264229945-en>

Oliveros Ruiz, M. A. (2019). STEAM as a tool to encourage engineering studies. *Revista Científica*, 35(2), 158–166. <https://doi.org/10.14483/23448350.14526>

OREALC, O. R. (2013). Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo Terce. Obtenido de UNESDOC: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000227501>

PALOMAR, Cristina, 2009, “La cultura institucional de la equidad de género en la Universidad de Guadalajara”, en: María Antonia Chávez, María Rita Chávez y Erika Ramírez, *Género y trabajo en las universidades*, México, Universidad de Guadalajara-Instituto Municipal de las Mujeres en Guadalajara.

Pavez, I. (2015). Niñas y mujeres de América Latina en el mapa tecnológico: Una mirada de género en el marco de políticas públicas de inclusión digital. Buenos Aires, Argentina: Sistema de Información de Tendencias Educativas en América Latina, Organización de Estados Iberoamericanos, Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura, Instituto Internacional de Planeamiento de a Educación. Recuperado de [http://www.tic.siteal.iipe.unesco.org/sites/default/files/stic\\_publicacion\\_files/tic\\_cuaderno\\_genero\\_20160210.pdf](http://www.tic.siteal.iipe.unesco.org/sites/default/files/stic_publicacion_files/tic_cuaderno_genero_20160210.pdf)

Presidencia de la República. Departamento Nacional de Planeación. Prosperidad para todos. Plan de Desarrollo Económico y Social 2010-2014.

Kirchgassner, G., & Wolters, J. (2007). *Introduction to modern time series analysis*. Berlin: Springer.

Reuben, E., Wiswall, M. & Zafar, B. (2015). Preferences and Biases in Educational Choices and Labour Market Expectations: Shrinking the Black Box of Gender. *The Economic Journal*, 127(604), 2153-2186.

Schwarz, G. E. (1978). Estimating the dimension of a model. *Annals of Statistics* 6 (2), 461–464.

Stoffer, R. H. (2011). *Time series analysis and its applications*. Springer.



**LOS LIBERTADORES**  
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

UNESCO. (2018). Telling SAGA: Improving measurement and policies for gender equality in Science, Technology and Innovation. París: UNESCO.