



LOS LIBERTADORES
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

**PRONÓSTICO DE LA CANTIDAD DE ESTUDIANTES QUE SE MATRICULAN
EN LOS ESPACIOS ACADÉMICOS CON MAYOR DEMANDA EN EL
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DE LA FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES**

**FORECAST OF THE NUMBER OF STUDENTS ENROLLED IN THE ACADEMIC
SPACES WITH THE HIGHEST DEMAND IN THE INDUSTRIAL ENGINEERING
PROGRAM AT LOS LIBERTADORES UNIVERSITY FOUNDATION**

Wilson Rodríguez Rozo

Rafael Antonio Lozano Sánchez

Carmen Aleyda Joya Durán

José John Fredy González Veloza

jjgonzalezv02@libertadores.edu.co

Fundación Universitaria Los Libertadores

RESUMEN

Las series de tiempo adquieren una atención especial en los diversos programas académicos ya que a través de estas se puede llegar a comprender la dinámica de potenciales inscritos en dichos espacios. En este artículo se propone el uso del método de suavizamiento exponencial Holt-Winters para llegar a estimar la cantidad de estudiantes matriculados en los espacios académicos que ofrece el programa de Ingeniería Industrial de la Fundación Universitaria Los Libertadores de manera que dicha Institución pueda tener una mejor proyección de los recursos humanos, físicos y tecnológicos que pondrá a disposición de sus estudiantes. A



partir de los análisis y proyecciones realizadas a las diez materias con mayor número de inscritos en el periodo comprendido entre el 2015-1 y el 2021-2 se obtuvo un error absoluto medio (MAE) de 14,85 y un valor-p de 0.08, esto bajo la prueba Shapiro-Wilks. A pesar del nivel de error que se presenta para los cálculos efectuados, Holt-Winters se convierte en un método de gran utilidad porque permite darle mayor importancia a los datos más recientes en donde pueden estar implícitos cambios significativos y no tanto a los históricos por su poca validez.

PALABRAS CLAVE: Espacios académicos, series de tiempo, Holt-Winters, Pronostico.

ABSTRACT

The time series acquire a special attention in the different academic programmes since through them it is possible to understand the dynamics of potential students enrolled in these spaces. This article proposes the use of the Holt-Winters exponential smoothing method to estimate the number of students enrolled in the academic spaces offered by the Fundación Universitaria Los Libertadores so that the institution can have a better projection of the human, physical and technological resources that it will make available to its students. The results obtained for the ten subjects with the highest number of students enrolled in the period between 2015-1 and 2021-2 present a mean absolute error (MAE) of 14,85% and a p-value of 0.08 under the Shapiro-Wilks test. Despite the level of error in the calculations made, Holt-Winters is a very useful method because it allows greater importance to be given to the most recent data, where significant changes may be implicit, and less to historical data because of its low validity.

KEY WORDS: Academic subjects, time series, Holt-Winters, forecasting.



INTRODUCCIÓN

Los pronósticos que se llevan a cabo en el mundo de hoy juegan un papel importante en el proceso de planificación de toda organización, sea privada o pública, ya que estos influyen poderosamente en la toma de decisiones. Bajo este contexto, el programa de Ingeniería Industrial de la Fundación Universitaria Los Libertadores (en adelante FULL) busca estimar la cantidad de personas inscritas en los espacios académicos, esto con el objetivo de proyectar su oferta académica y el recurso humano y logístico que hará parte de ella. Es de resaltar que las decisiones que se tomen a partir de las proyecciones realizadas pueden tener un impacto significativo en cuanto a las estimaciones presupuestarias de corto y mediano plazo con las cuales pueda lograrse una administración óptima de sus recursos.

Es importante precisar que cualquier tipo de proyección que desee realizarse puede llegar a verse afectada por variables exógenas de diversa índole, una de ellas el COVID19, el cual desde su aparición empezó a afectar de manera notable las actividades laborales de las personas, así como aquellas de índole académico. Frente a esto último es válido señalar, (Chacón, 2021) que si bien el número de matriculados a nivel general venía en una disminución constante, la pandemia acentuó esta problemática más allá de que los claustros educativos ofrecieran auxilios educativos, que ciertamente no fueron suficientes para hacer contra peso a la crisis económica y social.

Así las cosas, puede decirse entonces que la pandemia ha afectado a muchos segmentos de la sociedad, incluidas las instituciones de educación superior quienes adicional a su incapacidad para atraer y retener a su población estudiantil, han tenido que acoplarse a las restricciones y demandas de las autoridades de salud pública, relacionadas estas en esencia con el distanciamiento físico durante gran parte de 2020, lo cual llevó a que varias universidades utilizaran el aprendizaje virtual como su principal fuente de educación para el periodo académico 2020-2021 o por el contrario dejaran de ofertar ciertos programas.

Frente a lo expuesto y a partir de la metodología de Suavizamiento Exponencial Holt-Winters (HW), el objetivo de este artículo es generar un pronóstico de la cantidad de estudiantes que se matricularían en los espacios académicos con mayor demanda para el periodo 2022-1.



El artículo se estructura de la siguiente manera: la metodología que contiene la descripción de la base de datos, las fases de desarrollo, conceptualización de las series de tiempo y el método de HW, así mismo, se presentan los análisis, resultados obtenidos y conclusiones.

METODOLOGÍA

La base de datos objeto de estudio fue provista por la FULL, mediante la cual se adelantó el estudio analítico prospectivo explorativo – descriptivo. La población consta de 28.258 estudiantes inscritos en los espacios académicos de la Universidad en un lapso de 6 años, cuyo periodo abarca el primer semestre de 2015 al segundo semestre de 2021.

Con el propósito de analizar el número de estudiantes que se matricularon en las 10 materias con mayor demanda durante el periodo comprendido entre el 2015-I y el 2021-II en los programas de la FULL, se llevó a cabo un análisis descriptivo para conocer el comportamiento de estas, y, a partir del modelo Holt-Winters, se generaron las estimaciones de los posibles inscritos para estos espacios académicos en lo que respecta al primer semestre de 2022.

Lo señalado anteriormente tuvo lugar a partir de las siguientes fases:

Fase uno: Se realizó el análisis a cada una de las variables de la base de datos para comprender cuál de ellas podrían generar el mejor pronóstico, igualmente, se efectuó la limpieza y depuración a este conjunto de datos para identificar valores nulos, espacios académicos discontinuados o los cambios de nombre que se han producido para algunas materias.

Fase dos: Análisis descriptivo de la base de datos de los estudiantes inscritos en los espacios académicos de la FULL.

Fase tres: Se emplea el método de Suavizamiento Exponencial Holt-Winters para llevar a cabo el pronóstico de inscritos para las 10 materias con mayor demanda.

CONCEPTUALIZACIÓN



Conforme a Villavicencio (s.f), “Una serie de tiempo es una secuencia de observaciones, medidos en determinados momentos del tiempo, ordenados cronológicamente y, espaciados entre sí de manera uniforme, así los datos usualmente son dependientes entre sí”. Igualmente, Giraldo (2006), señala que las series de tiempo son de utilidad para tener una perspectiva del futuro, así como para comprender la forma en que se generan los datos debido al ruido presente al inicio de una investigación. Frente a lo dicho, también es importante señalar que una serie de tiempo se compone de tres aspectos como son la tendencia, el componente estacional y el componente aleatorio, y estas por su parte se dividen en estacionarias y no estacionarias (Rios, 2008)

A través del método Holt-Winters puede realizarse un análisis del comportamiento de la serie cuando se está ante elementos característicos como la tendencia y la estacionalidad, de ahí que se conozca como un método de suavizamiento exponencial triple, ya que para sus predicciones utiliza los aspectos mencionados anteriormente junto con un valor promedio (Shehal, 2021). Dentro del método, la estacionalidad a la que se hace mención puede medirse por medio de un componente aditivo (variaciones estacionales a penas constantes) o mediante un componente multiplicativo (variaciones estacionales proporcionales) (Hyndman & Athanasopoulos, 2018). Por lo dicho, el método Holt-Winters se convierte en una herramienta de gran valor para establecer pronósticos en diversos ámbitos sociales, siempre y cuando la serie tenga la presencia de los elementos característicos mencionados anteriormente y se haga uso del componente más adecuado para obtener los mejores resultados (Bermúdez, Segura & Vercher, 2005).

RESULTADOS

- **Análisis Descriptivo**

De acuerdo con la base de datos de estudiantes inscritos, se pudo establecer que esta consta de 13 variables, en donde son 5 numéricas (Grupo, Cupo máximo, Cantidad, Pagos, Identificación), de estas, la relacionada con la cantidad de inscritos por espacio académico será la variable sobre la cual se ejecutaran los análisis numéricos. Por otro lado, se tienen 8



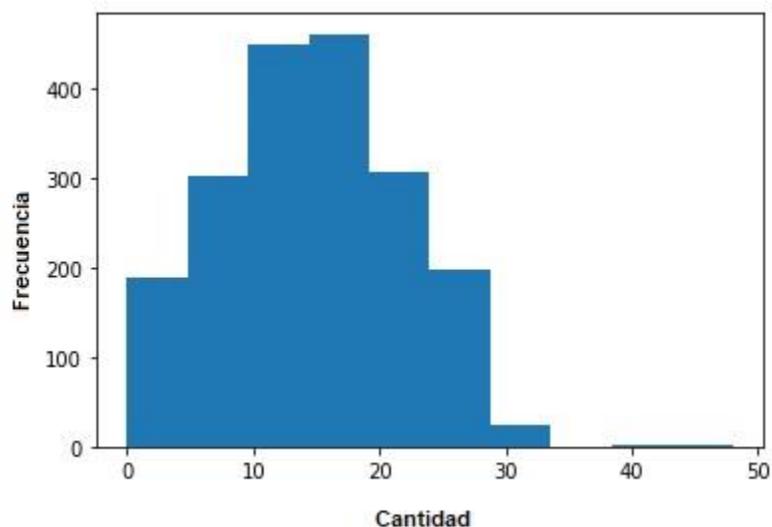
categorías, entre las cuales para el ejercicio en cuestión las más importantes son: Periodo (semestres académicos) y materia (espacios académicos).

Tabla 1. Resultados generales para la variable “Cantidad”

Medición	Resultado cantidad estudiantes inscritos
Registros	1.935
Media	14,60
Desviación estándar	7,25
Valor mínimo	0
25%	9
50%	15
75%	20
Valor máximo	48

En promedio se podría considerar que se inscriben 15 personas por materia con una variación que puede ir entre las 7 y las 21 personas por espacio académico disponible. De igual manera, se tiene que la máxima cantidad de estudiantes inscritos en todo el periodo histórico fue de 48 para la materia de "Formulación y Evaluación de Proyectos", esto en el segundo semestre de 2021 que en su momento ofrecía 50 cupos.

Figura 1: Rango de inscritos para los espacios académicos





En la figura 1 se observan los rangos de inscritos para los 90 espacios académicos, a partir de esta se podría considerar que los datos se agrupan en torno a la media, con un nivel de asimetría de -0.0056 y una curtosis de -0.41. En términos generales la cantidad de alumnos matriculados en las diferentes materias se encuentra entre las 10 y las 20 personas.

Figura 2. Espacios académicos con mayor número de inscritos



El periodo comprendido entre el primer semestre de 2015 y el segundo de 2021 deja ver que las materias que más presentan inscritos son las que se indican en la figura 2, frente a lo cual, el espacio académico de Formulación y Evaluación de Proyectos posee el mayor número de matriculados superando los 1.750, seguida de cerca por Materiales de Ingeniería e Introducción a proyectos de Investigación que superan los 1.500.

Tabla 2. 10 espacios académicos con mayores inscritos entre 2015-1 y 2021-2

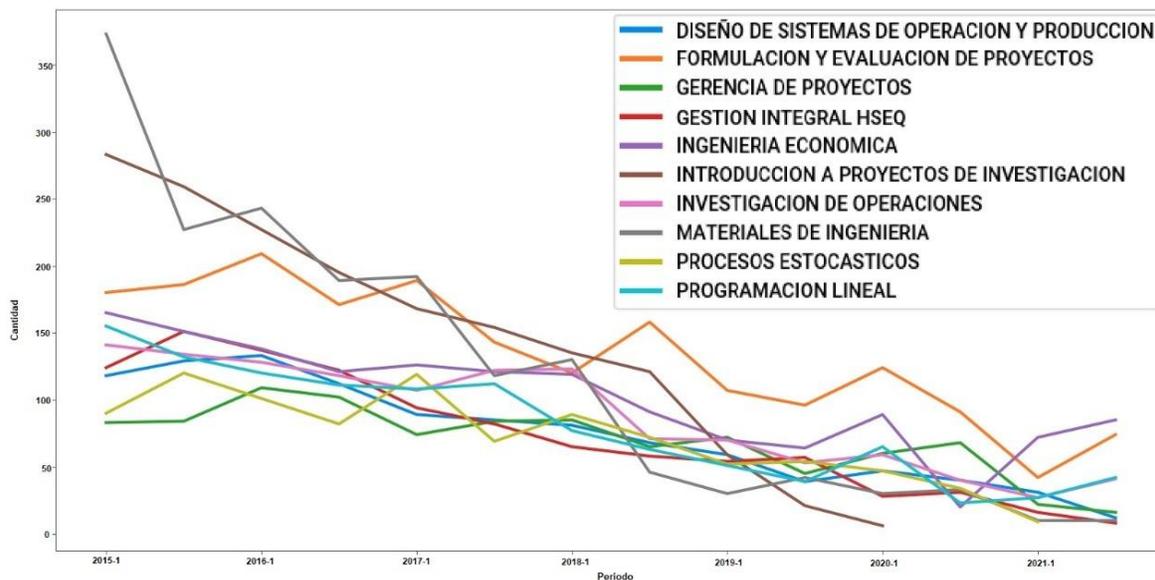
Espacio académico	Inscritos	Acumulado porcentual
Formulación y evaluación de proyectos	1.890	0,06
Materiales de ingeniería	1.673	0,12
Introducción a proyectos de investigación	1.628	0,18
Ingeniería económica	1.432	0,23
Investigación de operaciones	1.234	0,27



Programación lineal	1.125	0,31
Diseño de sistema de operación y producción	1.043	0,35
Gestión Integral HSEQ	1.043	0,39
Gerencia de proyectos	969	0,42
Procesos estocásticos	938	0,45

Las 10 materias con más personas inscritas (12.959) dejan ver que, dentro de este grupo, las tres primeras acumulan un 40% de los interesados en las asignaturas de este top 10. Por otro lado, también es importante señalar que estos 10 espacios académicos representan el 45% de la totalidad de escritos para las 90 materias ofertadas entre 2015-1 y 2021-2, las cuales totalizan un valor de 28.258 personas interesadas en cursar estudios en la Universidad.

Figura 3. Tendencia 10 espacios académicos con mayor número de inscritos 2015 - 2021



A partir de la figura 3 puede decirse que a nivel general los 10 espacios académicos con mayor número de inscritos han presentado una tendencia constante a la baja, en cuanto a los matriculados semestre a semestre para el lapso que va de 2015-1 a 2021-2. Indiferente de los aspectos exógenos que puedan estar llevando a esta baja continua de las personas registradas, es de notar que la materia de Ingeniería Económica y Formulación y Evaluación de Proyectos tienden a mantenerse en el plano central de la gráfica sin desconocer que también presentan caída, con una leve inclinación al alza a partir del segundo semestre de

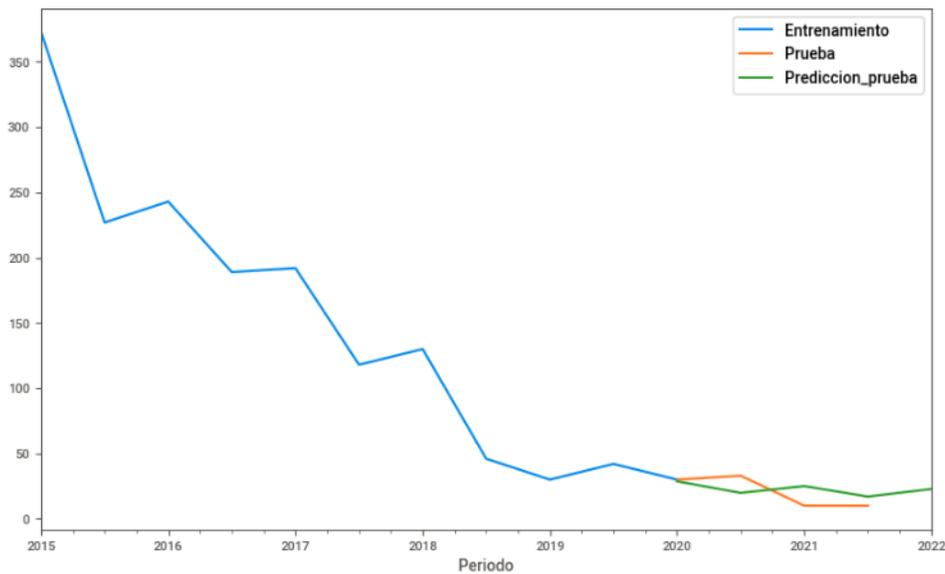


2020-2 para Ingeniería Economía y a partir del 2021-1 para Formulación y Evaluación de Proyectos.

- **Pronóstico**

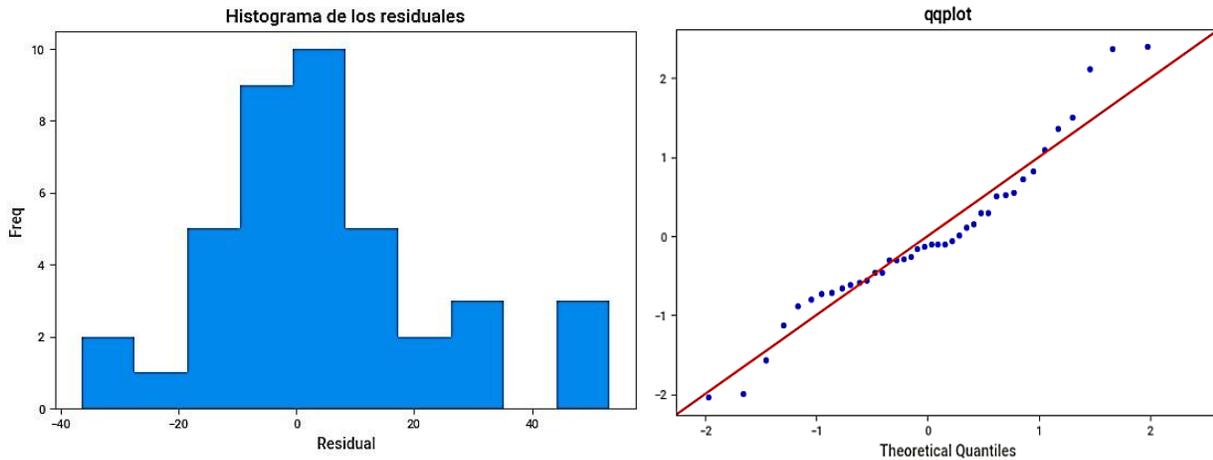
La base de datos se dividió en entrenamiento y prueba para llevar a cabo los pronósticos de cada uno de los espacios académicos.

Figura 4. Predicción de inscritos primer semestre 2022-1



Tomando uno de los espacios académicos entre 2015-1 y 2021-2, el periodo de entrenamiento se delimitó desde el primer semestre de 2015 y el segundo de 2019, mientras que los datos de prueba corresponden al periodo comprendido entre 2021-1 y 2021-2. En la figura 4, se presenta a manera de ejemplo el comportamiento de la serie de tiempo de la cantidad de inscritos del espacio 2021-2, se puede observar un ligero incremento en los inscritos para 2022-1.

Figura 5. Comportamiento de residuales 10 materias con más inscritos 2015-1 – 2021-2

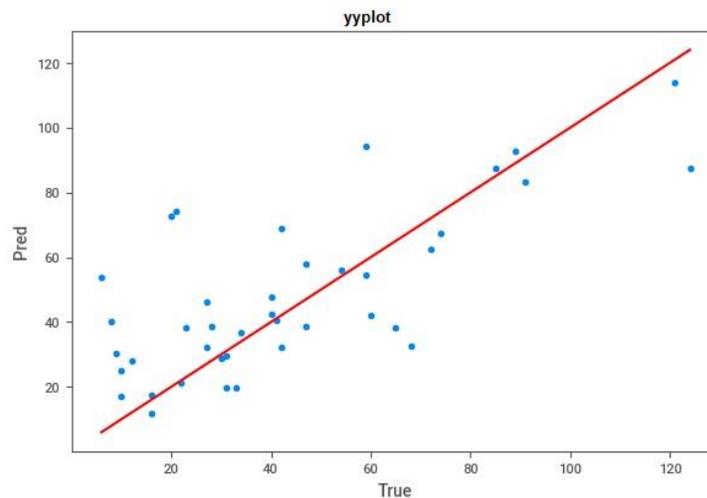


Izquierda: Histograma de residual

Derecha: qqplot de residuales frente a los cuantiles teóricos de la distribución normal

En la figura 5 (izquierda) se puede apreciar que los residuos tienden a la normalidad, con un valor a destacar como posible típico, en la otra figura (derecha), hay un cierto grado de relación lineal entre los percentiles de la muestra y los teóricos que podría llevar a considerar que los errores estarían normalmente distribuidos con algunos puntos atípicos, así las cosas, hay un crecimiento lento hacia las colas y uno rápido entre -1 y 1.

Figura 6. Valores predichos vs reales para 10 materias con más inscritos 2015-1 – 2021-



Los valores predichos y reales que se muestran en la figura 6 ponen en consideración el hecho de que el modelo tiende en cierta manera a realizar un buen ajuste, el cual, si bien no es tan



marcado, permite concluir que, debido a la tendencia y estacionalidad particular de cada espacio académico, se crearon ciertos pronósticos demasiado optimistas, en tanto que hay otros que podrían catalogarse como inferiores a lo que realmente se presentó para el periodo señalado.

Tabla 3. Pronósticos para los 10 espacios académicos 2021-2 a 2022-2

Espacio académico	Pronósticos			Cambio %
	2021-2	2022-1	2022-2	2022-1 2022-2
Formulación y evaluación de proyectos	67	55	56	2
Materiales de ingeniería	17	23	15	-35
Introducción a proyectos de investigación	54	34	13	-62
Ingeniería económica	88	85	67	-21
Investigación de operaciones	41	39	35	-10
Programación lineal	32	27	27	0
Diseño de sistema de operación y producción	28	32	19	-41
Gestión Integral HSEQ	40	22	3	-86
Gerencia de proyectos	12	0	0	0
Procesos estocásticos	30	27	13	-52

Por último, en la tabla 3 se presentan los pronósticos en lo que respecta al periodo comprendido entre 2021-2 a 2022-2 para las 10 materias que se han estudiado hasta el momento. Frente a los pronósticos se destaca que el espacio académico de Materiales de Ingeniería tendrá un aumento en el número de inscritos de aproximadamente 6 personas para 2022-1, en tanto que Diseño de sistemas de operación y producción lo hará con aproximadamente 4 matriculados, sin embargo, es importante resaltar que para 2022-1 es probable que no haya población registrada para la materia de Gerencia de proyectos.



DISCUSIÓN

- Los hallazgos del estudio realizado están relacionados con: I) el continuo descenso en la cantidad de inscritos para los diversos programas académicos que ofrece la Universidad, II) el nivel de porcentaje de error medio absoluto para cada espacio académico que en general fue relativamente alto para todas las materias, III) las predicciones efectuadas que no reflejan un ajuste perfecto entre los valores predichos y reales, lo cual da lugar para que se genere algo de ruido por la precisión que esto pueda requerir para la toma de decisiones.
- Si bien los auxilios educativos de ingreso a la Universidad se han constituido en una importante herramienta para ampliar y/o mantener la cobertura, las dinámicas sociales y económicas han mitigado el impacto de estos, en ese sentido, la desaceleración económica y el incremento anual de las matrículas permitiría soportar el hecho de que cada vez sea más difícil acceder a la educación universitaria de calidad o por el contrario se mantenga la continuidad de los estudiantes actuales, siendo este un aspecto que podría llegar a ser concluyente no solo para la FULL sino para otras instituciones educativas del medio colombiano.
- El estudio realizado tiene una alta relación con otros efectuados, con los cuales se puede tener una perspectiva de la situación de cobertura académica, como el de Tobón (2019) relacionado con la predicción de las matrículas en una institución universitaria de Cartagena, el de González (2021) sobre estrategias para el incremento de la competitividad en los programas académicos de la FULL, y el de Sepúlveda (2020) con el que se busca pronosticar la demanda de inscritos en la Universidad de la Amazonia.
- Se considera que el estudio realizado abre una interesante puerta de investigación en cuanto al análisis que pueda llevarse a cabo para comprender el impacto de ciertas variables endógenas y exógenas a la Universidad, y que pueden afectar el grado de interés por parte de ciertas personas al momento de cursar un determinado programa académico, así, los resultados que puedan obtenerse a partir del uso de los métodos de series de tiempo como de las técnicas de Machine Learning representarían un



impacto sustancial no solo para la FULL sino para otras universidades del medio colombiano que tengan interés en proyectar su población estudiantil potencial y sus posibles apegos e intereses en cuanto a aspectos académicos se refiere.

- La significancia de los análisis y proyecciones realizados es tal, que permitirá a la FULL tener una perspectiva sobre la manera que en puede encaminar recursos humanos y técnicos para el ofrecimiento de espacios físicos adaptados a la demanda, sin desconocer las condiciones sociales de la actualidad, de ahí que las proyecciones no se convierten en un número sin sentido, sino que estos son representativos para tomar decisiones de impacto en términos de eficiencia y eficacia institucional.
- Analizar las particularidades de los espacios físicos así como del capital humano, logístico y tecnológico son elementos básicos para ofrecer servicios de calidad, sin embargo, a partir de los resultados obtenidos, se considera necesario que la Universidad replantee la manera en que se desenvuelve dentro del contexto académico, o sea, si bien es cierto que los auxilios económicos son importantes o la certificación de los programas tiene un carácter relevante, el tema que debe trabajar la FULL está relacionado con la recordación o las experiencias significativas que permitan retener y atraer nuevos estudiantes, en donde el lema no sea el espacio sino la “experiencia”, experiencia esta que debe verse reflejada en actitud social y curricular que podría mejorar ostensiblemente la visión por parte de la comunidad.

CONCLUSIONES

En el estudio realizado se proyectaron los posibles inscritos para 10 espacios académicos dentro del periodo 2021-1 - 2022-1. Se llevaron a cabo análisis descriptivos que permitieran tener una perspectiva de los matriculados en los programas académicos y se hizo uso del método Holt-Winters para conocer el comportamiento de la serie temporal. Después de evaluar las 10 materias con mayor número de inscritos entre 2015-1 y 2021-2 se encontró que esta muestra representa el 45% de todos los espacios académicos ofertados por la Universidad, sin embargo, los resultados permitieron concluir que dichos programas académicos si bien tenían ciertos grados de estacionalidad, la tendencia general de estos es a un descenso gradual en el número de matriculados semestralmente. Importante resaltar frente



a lo anterior, que el MAE del ejercicio fue de 14,85, lo cual significa que este promedio entre los valores pronosticados y reales si bien presenta un cierto nivel de desajuste, este podría no ser problemático si se realizan ajustes al modelo para mejorar las proyecciones.

Los resultados obtenidos en este artículo permiten generar conciencia sobre las acciones que pueda estar realizando la FULL para mantener o ampliar la cobertura, por lo que se hace necesario la implementación de métodos de series de tiempo complementarios al Holt-Winters, con los cuales se pueda capturar de mejor manera la tendencia que presenta la información y se reduzca el nivel de incertidumbre y/o dispersión que tienen los datos disponibles para llevar a cabo estudios de este tipo.

Análisis y/o investigaciones posteriores deben incluir dentro de sus bases de población matriculada en los programas académicos, aspectos relacionados con la demanda social, el contexto económico de la nación y situación sanitaria del momento, de manera que los modelos a emplearse mejoren las proyecciones de cobertura presentados en este artículo.

REFERENCIAS

- Bermúdez, J., Segura, J. & Vercher, E. (2005). *Holt-Winters forecasting: an alternative formulation applied to UK air passenger data*.
https://www.researchgate.net/publication/24083728_Holt-Winters_Forecasting_An_Alternative_Formulation_Applied_to_UK_Air_Passenger_Data
- Chacón, M. (2021). *Desplome en número de matriculados en universidades por la pandemia*. <https://www.eltiempo.com/vida/educacion/matriculas-en-universidades-desplome-en-las-matriculas-de-universidades-por-la-pandemia-570528>
- Giraldo, N. (s,f). *Series de tiempo con R*.
https://www.academia.edu/36554871/Notas_de_Clase_Series_de_Tiempo_con_R



- Gonzalez, J. (2021). *Resultados estadísticos: Estrategias para el incremento de la competitividad de los programas académicos de pregrado y postgrado de la Fundación Universitaria Los Libertadores.*
- Hyndman, R & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and practice, 2nd edition.* <https://otexts.com/fpp2/>
- Rios, G. (2008). *Series de tiempo.* [https://www.u-
cursos.cl/ingenieria/2010/1/CC52A/1/material_docente/bajar?id_material=296003](https://www.ucursos.cl/ingenieria/2010/1/CC52A/1/material_docente/bajar?id_material=296003)
- Sepúlveda, G. (2020). *Pronostico para la demanda de inscritos en estudios de educación superior a nivel pregrado en la Universidad de la Amazonia.*
https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/3585/Sepulveda_Gener_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Shenal. (2021). *Holt Winter´s Method for Time Series Analysis.*
<https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/08/holt-winters-method-for-time-series-analysis/>
- Tobón, J. (2019). *Desarrollo de un modelo de pronóstico de la metodología de Box-Jenkins para la demanda de estudiantes de pregrado de la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco de la ciudad de Cartagena de Indias desde 2002 a 2018.*
https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/2792/Guzm%c3%a1n_%20Juan_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Villavicencio, J. (s,f). *Introducción a series de tiempo.*
http://www.estadisticas.gobierno.pr/iepr/LinkClick.aspx?fileticket=4_BxecUaZmg%3D