



Doi: <https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.1076>

Recibido: 2026-06-16

Aceptado: 2026-06-30

Publicado: 2026-08-17

Series de Tiempo como Instrumento Metodológico para la Medición de Procesos Económicos en Puerto Rico

Time Series as a Methodological Instrument for Measuring Economic Processes in Puerto Rico

Autor(s)

Edwin Rivera Rivera¹

Facultad de Educación

edwin.rivera20@upr.edu

<https://orcid.org/0000-0001-7710-9598>

Universidad de Puerto Rico

Recinto de Río Piedras - Puerto rico

Cómo citar

Rivera Rivera, E. (2026). Series de Tiempo como Instrumento Metodológico para la Medición de Procesos Económicos en Puerto Rico. *ASCE MAGAZINE*, 5(3), 2113–2132. <https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.1076>

Resumen

Las series de tiempo constituyen una herramienta estadística y econométrica de alta relevancia para la medición, el análisis y la proyección de los procesos económicos en territorios con características estructurales particulares, como Puerto Rico. Sin embargo, la literatura académica que aplica estos modelos al caso puertorriqueño específico es todavía escasa y dispersa, y rara vez articula los hallazgos de fuentes oficiales y de investigación cuasi-experimental con el aparato formal de los modelos clásicos de series de tiempo. Ante ese vacío, este artículo se propuso examinar críticamente el estado del arte de los modelos ARIMA, VAR, de cointegración y ARCH/GARCH aplicados a indicadores macroeconómicos de Puerto Rico, así como su complementariedad con los enfoques contemporáneos de aprendizaje automático. Se realizó una revisión narrativa de la literatura especializada y de los informes técnicos oficiales publicados entre 1970 y 2026, organizada en torno a tres objetivos específicos: la sistematización de los fundamentos teóricos de los modelos, la identificación del estado del arte aplicado al contexto puertorriqueño y la formulación de una agenda de investigación futura. Los resultados muestran que los estudios disponibles sobre la actividad económica, la deuda pública y el impacto de los huracanes en Puerto Rico documentan rupturas estructurales severas y efectos económicos persistentes, mientras que la evidencia metodológica reciente sugiere que los modelos híbridos que combinan econometría clásica y aprendizaje automático mejoran la capacidad predictiva frente a los choques exógenos. Se concluye que el fortalecimiento de la base empírica puertorriqueña en este campo requiere mayor disponibilidad de datos de alta frecuencia, la incorporación sistemática de variables de intervención y una agenda de investigación que combine fuentes administrativas no convencionales con modelos bayesianos y de aprendizaje profundo.

Palabras clave: econometría; análisis económico; modelos económicos; investigación económica; política fiscal; Puerto Rico; inteligencia artificial.



Abstract

Time series constitute a statistical and econometric tool of high relevance for measuring, analyzing, and projecting economic processes in territories with particular structural characteristics, such as Puerto Rico. However, the academic literature applying these models specifically to the Puerto Rican case remains scarce and scattered, and seldom connects findings from official sources and quasi-experimental research with the formal apparatus of classical time series models. In response to that gap, this article critically examines the state of the art of ARIMA, VAR, cointegration, and ARCH/GARCH models applied to Puerto Rican macroeconomic indicators, as well as their complementarity with contemporary machine learning approaches. A narrative review of the specialized literature and official technical reports published between 1970 and 2026 was conducted, organized around three specific objectives: systematizing the theoretical foundations of the models, identifying the state of the art applied to the Puerto Rican context, and formulating a future research agenda. The results show that available studies on economic activity, public debt, and hurricane impacts in Puerto Rico document severe structural breaks and persistent economic effects, while recent methodological evidence suggests that hybrid models combining classical econometrics and machine learning improve predictive capacity in the face of exogenous shocks. The article concludes that strengthening the Puerto Rican empirical base in this field requires greater availability of high-frequency data, systematic incorporation of intervention variables, and a research agenda that combines non-conventional administrative data sources with Bayesian and deep learning models.

Keywords: econometrics; economic analysis; economic models; economic research; fiscal policy; Puerto Rico; artificial intelligence.

Introducción

La economía de Puerto Rico ocupa un lugar singular en el panorama latinoamericano y caribeño. Como territorio no incorporado de los Estados Unidos, su estructura económica combina rasgos de la economía continental norteamericana con dinámicas propias de una economía insular de pequeña escala. Esta hibridación ha planteado, durante las últimas dos décadas, desafíos analíticos considerables para economistas, estadísticos, planificadores y tomadores de decisiones que buscan comprender y proyectar el comportamiento de los principales indicadores macroeconómicos del archipiélago.

El uso de las series de tiempo como metodología cuantitativa para medir procesos económicos no es reciente. Desde los trabajos seminales de Box y Jenkins (1970) sobre los modelos ARIMA, pasando por las contribuciones de Engle y Granger (1987) sobre la cointegración, hasta los desarrollos contemporáneos vinculados al aprendizaje automático, las series temporales se han convertido en el paradigma metodológico dominante de la econometría aplicada. No obstante, su aplicación sistemática al caso específico de Puerto Rico conserva particularidades que ameritan una reflexión académica detallada, y que esta revisión busca documentar.

Planteamiento del problema

Puerto Rico experimentó, en las dos últimas décadas, una secuencia de perturbaciones exógenas sin precedentes en su historia económica reciente: la crisis fiscal iniciada en 2006, que precipitó una recesión prolongada; el proceso de reestructuración de la deuda pública bajo el mecanismo PROMESA (Puerto Rico Oversight, Management, and Economic Stability Act) a partir de 2016; los huracanes Irma y María en septiembre de 2017; y la contracción asociada a la pandemia de COVID-19 en 2020. Cada uno de estos choques produjo rupturas estructurales en las series macroeconómicas que comprometen la estabilidad paramétrica de los modelos clásicos de pronóstico (Bai & Perron, 1998, 2003).

A pesar de la magnitud de estos eventos, la literatura especializada que aplica modelos formales de series de tiempo al contexto puertorriqueño específico permanece dispersa, y con frecuencia los hallazgos relevantes provienen de informes técnicos e investigaciones cuasi-experimentales — antes que de un cuerpo consolidado de econometría aplicada al caso insular— que rara vez se sistematizan junto con los fundamentos formales de los modelos. De ahí surge el problema central

que orienta este trabajo: ¿en qué medida los modelos de series de tiempo disponibles en la literatura econométrica han sido aplicados y validados frente a las particularidades estructurales de la economía de Puerto Rico, y qué vacíos quedan por atender para fortalecer esa base empírica?

Objetivos

Objetivo general: examinar críticamente, mediante una revisión narrativa de la literatura, la aplicación de los modelos de series de tiempo (ARIMA, VAR, cointegración y ARCH/GARCH) como instrumento metodológico para la medición de procesos económicos en Puerto Rico, e identificar las oportunidades de integración con los enfoques contemporáneos de aprendizaje automático.

De este objetivo general se desprenden tres objetivos específicos:

- a) sistematizar los fundamentos teóricos y matemáticos de los principales modelos de series de tiempo aplicables al análisis económico, sin que el desarrollo formal comprometa la fluidez de la exposición;
- b) identificar y organizar el estado del arte disponible sobre la aplicación de estos modelos —y de métodos cuasi-experimentales afines— a los indicadores macroeconómicos de Puerto Rico, particularmente en lo relativo a la actividad económica, la deuda pública y el impacto de los desastres naturales;
- c) proponer líneas de investigación futura que articulen los métodos clásicos de series de tiempo con los enfoques recientes de aprendizaje automático y fuentes de datos no convencionales, con miras a mejorar la capacidad predictiva de los modelos en el contexto puertorriqueño.

Material y Métodos

Este artículo se desarrolló como una revisión narrativa de la literatura con elementos de sistematicidad en la búsqueda, selección y organización de las fuentes, siguiendo la lógica de respuesta directa a los tres objetivos específicos enunciados en la sección anterior.

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

La búsqueda de literatura se realizó entre enero y junio de 2026 en las siguientes bases y repositorios: Scopus, Web of Science, EconLit, JSTOR, RePEc/IDEAS, SSRN, Google Académico y Dialnet, complementada con la consulta directa de fuentes institucionales primarias (Junta de Planificación de Puerto Rico, Oficina de Gerencia y Presupuesto, Financial Oversight and Management Board for Puerto Rico, Federal Reserve Bank of New York y U.S. Government Accountability Office). Se utilizaron combinaciones booleanas de los términos: ("Puerto Rico") AND ("series de tiempo" OR "time series" OR ARIMA OR VAR OR cointegration OR GARCH) AND (economía OR econometría OR "public debt" OR hurricane OR forecasting).

Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron: (a) artículos arbitrados, documentos de trabajo de centros de investigación reconocidos (NBER, Federal Reserve) e informes técnicos oficiales con metodología cuantitativa explícita; (b) estudios que aplicaran modelos de series de tiempo, métodos de control sintético u otras técnicas econométricas a indicadores macroeconómicos de Puerto Rico, o estudios metodológicos generales sobre series de tiempo y aprendizaje automático con aplicación potencial al caso puertorriqueño; (c) publicaciones en español o inglés con fecha de publicación entre 1970 y 2026. Se excluyeron columnas de opinión, notas de prensa sin sustento metodológico, y fuentes cuya autoría o existencia no pudo verificarse de manera independiente; este último criterio resultó determinante para depurar la versión preliminar de este manuscrito, en la cual se habían incorporado referencias que no pudieron corroborarse y que, en consecuencia, fueron retiradas y sustituidas por fuentes verificables.

Procedimiento de análisis

Las fuentes seleccionadas se organizaron temáticamente en tres líneas de evidencia, correspondientes a cada objetivo específico: (1) fundamentos teóricos de los modelos; (2) aplicaciones empíricas y cuasi-experimentales al caso de Puerto Rico, agrupadas en torno a la actividad económica, la deuda pública y los desastres naturales; y (3) desarrollos metodológicos recientes en aprendizaje automático aplicado a la predicción económica. Para cada fuente se extrajo el objetivo del estudio, el método empleado, los principales hallazgos cuantitativos cuando estuvieron disponibles, y las limitaciones señaladas por los propios autores. Esta síntesis temática-comparativa, antes que un metaanálisis estadístico formal, constituye el procedimiento analítico

de este artículo, dado el carácter heterogéneo de las fuentes incluidas (estudios econométricos, informes institucionales y documentos de política fiscal).

Marco Teórico: Fundamentos de las Series de Tiempo

Una serie de tiempo se define formalmente como una colección de observaciones de una variable aleatoria indexadas según el tiempo: $\{Y_t, t \in T\}$, donde T representa un conjunto ordenado de instantes temporales (Hamilton, 1994; Enders, 2015). A diferencia del análisis estadístico clásico, que asume independencia entre observaciones, el análisis de series de tiempo reconoce explícitamente la dependencia temporal entre los datos; esa dependencia constituye, precisamente, el objeto central de modelización. Las subsecciones siguientes resumen, de forma deliberadamente concisa, los cinco bloques de modelos que esta revisión utiliza como marco de referencia para evaluar la literatura aplicada a Puerto Rico.

Estacionariedad y procesos estocásticos

Un proceso estocástico $\{Y_t\}$ se denomina débilmente estacionario si satisface tres condiciones: media constante en el tiempo, $E[Y_t] = \mu$; varianza finita y constante, $\text{Var}[Y_t] = \sigma^2 < \infty$; y una función de autocovarianza que depende únicamente del rezago k y no del instante t , $\text{Cov}(Y_t, Y_{t-k}) = \gamma(k)$. La mayoría de las series macroeconómicas, incluidas las puertorriqueñas, son no estacionarias en niveles y requieren diferenciación o transformación logarítmica antes de proceder al modelado (Dickey & Fuller, 1979; Phillips & Perron, 1988).

Modelos ARIMA

Los modelos autorregresivos integrados de media móvil, $\text{ARIMA}(p,d,q)$, propuestos por Box y Jenkins (1970), constituyen la base del análisis univariado de series de tiempo. Un proceso $\text{ARIMA}(p,d,q)$ se especifica como:

$$\Phi(B)(1-B)^d Y_t = \theta(B)\epsilon_t$$

donde B es el operador de rezago ($BY_t = Y_{t-1}$), $\Phi(B)$ es el polinomio autorregresivo de orden p , $\theta(B)$ es el polinomio de media móvil de orden q , d es el orden de integración, y ϵ_t representa ruido blanco gaussiano (Brockwell & Davis, 2016). En su variante estacional, los modelos SARIMA incorporan componentes periódicos de orden s , relevantes para series de empleo, turismo y

actividad comercial en las que la estacionalidad desempeña un papel significativo (Junta de Planificación de Puerto Rico, 2022).

Modelos de vectores autorregresivos (VAR)

Cuando el análisis exige modelar simultáneamente varias variables interdependientes, los modelos VAR introducidos por Sims (1980) constituyen el marco más adecuado. Un VAR(p) se especifica como:

$$Y_t = c + A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

donde Y_t es un vector de variables endógenas, c es un vector de constantes, A_i son matrices de coeficientes y ε_t es un vector de errores no correlacionados serialmente (Lütkepohl, 2005). Los modelos VAR permiten analizar funciones de impulso-respuesta, la descomposición de la varianza del error de predicción y la causalidad de Granger entre variables, lo que resulta útil para estudiar la transmisión de choques macroeconómicos.

Cointegración y modelos de corrección de error

Cuando varias series no estacionarias mantienen una relación de equilibrio a largo plazo, se dice que están cointegradas en el sentido de Engle y Granger (1987): un vector de series $I(1)$ está cointegrado $CI(1,1)$ si existe un vector β tal que $\beta' Y_t \sim I(0)$. El procedimiento de Johansen (1988) permite estimar el rango de cointegración y los vectores cointegrantes, dando lugar al Modelo de Corrección de Error Vectorial (VECM), que distingue entre el ajuste de corto plazo y la relación de equilibrio de largo plazo.

Modelos ARCH/GARCH y la volatilidad económica

Los modelos ARCH (Engle, 1982) y su generalización GARCH (Bollerslev, 1986) capturan la tendencia de las series financieras y macroeconómicas a alternar períodos de alta y baja volatilidad, fenómeno conocido como agrupamiento de volatilidad. La especificación GARCH(1,1) es:

$$\sigma^2_t = \omega + \alpha \varepsilon^2_{t-1} + \beta \sigma^2_{t-1}$$

donde $\omega > 0$, $\alpha \geq 0$ y $\beta \geq 0$. Esta especificación resulta pertinente para analizar la varianza condicional de los ingresos del gobierno de Puerto Rico, los flujos de inversión y los índices de precios durante períodos de crisis.

Contexto Económico de Puerto Rico: una Perspectiva desde los Datos Temporales

Estructura macroeconómica y disponibilidad de datos

El análisis de series de tiempo en Puerto Rico enfrenta un desafío metodológico particular relacionado con la disponibilidad, calidad y consistencia de los datos. A diferencia de los estados de la Unión, Puerto Rico no cuenta con cobertura plena del sistema estadístico federal, lo que genera lagunas en series históricas de indicadores fundamentales. Entre las principales fuentes de datos destacan: la Junta de Planificación de Puerto Rico (JPPR), que publica el Informe Económico al Gobernador con series del Producto Nacional Bruto (PNB) desde 1940; la Autoridad de Asesoría Financiera y Agencia Fiscal (AAFAF) y la Junta de Supervisión y Administración Financiera (FOMB), que proveen datos fiscales desde la implementación de PROMESA; el Negociado de Estadísticas del Trabajo, que reporta mensualmente empleo y desempleo; y el Índice de Actividad Económica (IAE), que constituye el indicador de mayor frecuencia disponible para el monitoreo del ciclo económico (Federal Reserve Bank of New York, 2014).

Rupturas estructurales y sus implicaciones para el modelado

La historia económica reciente de Puerto Rico está marcada por rupturas estructurales que afectan directamente la especificación de los modelos de series de tiempo. Las pruebas de cambio estructural de Chow (1960) y los procedimientos de Bai y Perron (1998, 2003) para la detección de múltiples rupturas resultan indispensables en cualquier análisis econométrico riguroso de series puertorriqueñas.

La primera ruptura significativa se ubica alrededor de 2006, coincidiendo con la expiración de la Sección 936 del Código de Rentas Internas federal, que durante décadas incentivó la radicación de corporaciones multinacionales en la isla. Su eliminación gradual, completada en 2006, precipitó una salida de inversión productiva que marcó el inicio de una contracción prolongada (Federal Reserve Bank of New York, 2014). La segunda ruptura mayor se produjo en septiembre de 2017 con los huracanes Irma y María, que destruyeron buena parte de la red eléctrica y paralizaron la actividad económica formal durante varios meses; ese choque generó discontinuidades abruptas en prácticamente todas las series macroeconómicas relevantes, como documentan los estudios de impacto reseñados en la sección de resultados.



Principales indicadores macroeconómicos analizados mediante series de tiempo

Entre los indicadores que la literatura analiza mediante series de tiempo para Puerto Rico se destacan: (a) el Producto Nacional Bruto (PNB) real, preferido al PIB porque captura mejor el ingreso de los residentes al eliminar las distorsiones generadas por las ganancias de corporaciones multinacionales repatriadas; (b) el Índice de Actividad Económica (IAE), de frecuencia mensual, que sirve como indicador adelantado del ciclo económico; (c) la tasa de desempleo y el empleo por sector, que revelan la desindustrialización y terciarización de la economía; (d) los ingresos fiscales del gobierno central, cuya dinámica refleja tanto el ciclo económico como el impacto de las reformas contributivas; y (e) las transferencias federales, que constituyen un estabilizador automático de magnitud considerable en el presupuesto de la Isla (U.S. Government Accountability Office [GAO], 2025).

Resultados

Esta sección presenta los hallazgos de la revisión organizados en respuesta directa a los tres objetivos específicos planteados en la introducción: el estado del arte aplicado a la actividad económica y la deuda pública (objetivo b, primera parte), el impacto de los desastres naturales evaluado mediante métodos cuasi-experimentales afines a las series de tiempo (objetivo b, segunda parte), y los desarrollos metodológicos recientes en aprendizaje automático aplicables al contexto puertorriqueño (objetivo c).

Actividad económica y deuda pública: evidencia institucional

A diferencia de otras jurisdicciones de Estados Unidos, la literatura académica arbitrada que aplica modelos ARIMA o VAR formales a series puertorriqueñas de actividad económica es escasa; la evidencia disponible proviene principalmente de informes técnicos de organismos con capacidad analítica propia. El informe de actualización de la Reserva Federal de Nueva York sobre la competitividad de la economía de Puerto Rico documentó una caída sostenida del Índice de Actividad Económica entre 2006 y 2014, asociada al deterioro fiscal y a la pérdida de competitividad tras la expiración de la Sección 936, y advirtió que la sostenibilidad de la deuda pública dependía de manera crítica de la recuperación del crecimiento económico (Federal Reserve Bank of New York, 2014).

En cuanto a la deuda pública, el informe más reciente de la Oficina de Rendición de Cuentas del Gobierno de los Estados Unidos (GAO, 2025) reporta que, tras la reestructuración bajo PROMESA, la deuda pública de Puerto Rico se redujo en aproximadamente 12,500 millones de dólares —un 19 %— entre los años fiscales 2016 y 2022, y que la Junta de Supervisión certificó una reducción combinada de cerca de 40,000 millones de dólares en deuda y reclamaciones hacia 2024. No obstante, el mismo informe documenta riesgos persistentes: retrasos de hasta veintidós meses en la publicación de estados financieros auditados, la reestructuración pendiente de la deuda de la Autoridad de Energía Eléctrica, y la exposición continua a la disminución poblacional y al encarecimiento del sistema eléctrico. Estos hallazgos, aunque no derivan de un modelo formal de series de tiempo, documentan precisamente el tipo de ruptura estructural y de dependencia de largo plazo entre deuda, transferencias federales y actividad económica que los modelos VECM (sección 3.4) están diseñados para capturar, y subrayan la necesidad de que la investigación académica formalice económicamente esta evidencia institucional.

Impacto de los desastres naturales: evidencia cuasi-experimental

La línea de investigación más sólida y mejor documentada en la literatura disponible corresponde al impacto económico de los huracanes sobre Puerto Rico, evaluado mediante el método de control sintético —una técnica conceptualmente emparentada con el análisis de series de tiempo, en tanto construye un contrafactual a partir de trayectorias temporales de unidades de comparación—. Albalade y Padró-Rosario (2018) estimaron el efecto del huracán Georges (1998) sobre el producto de Puerto Rico construyendo un control sintético a partir de un panel de economías comparables; sus resultados indican que la relación entre la paridad de poder adquisitivo y el producto interno bruto pudo haber sido hasta un 9 % superior hacia 2010 de no haber ocurrido el huracán, y que la economía puertorriqueña no había recuperado la trayectoria contrafactual incluso doce años después del evento.

Para el huracán María (2017), Peri, Rury y Wiltshire (2020) examinaron, mediante un enfoque de control sintético aplicado a series mensuales de empleo, el efecto de la migración masiva de puertorriqueños hacia el área metropolitana de Orlando tras el desastre. Sus resultados muestran que el empleo en esa región aumentó de forma apreciable, en particular en los sectores de construcción y comercio al detal, con efectos agregados positivos sobre los salarios de trabajadores no hispanos y de menor escolaridad, aunque con una leve disminución salarial en construcción

compensada por el crecimiento en comercio y hospitalidad. Tomados en conjunto, ambos estudios evidencian que los choques de desastres naturales en Puerto Rico no solo deprimen el producto interno de la Isla de forma persistente, sino que también generan efectos económicos medibles en las economías receptoras de la migración asociada, un canal de transmisión que la literatura de series de tiempo aplicada al caso puertorriqueño apenas ha comenzado a explorar de forma sistemática.

Aprendizaje automático aplicado a la predicción económica

La literatura metodológica reciente sobre aprendizaje automático aplicado a la predicción económica, aunque no específica de Puerto Rico, resulta directamente transferible al contexto insular dadas las limitaciones de datos descritas en la sección 4.1. Masini, Medeiros y Mendes (2023) ofrecen una revisión exhaustiva de los métodos de aprendizaje supervisado y de alta dimensionalidad para la predicción de series de tiempo, incluyendo regresiones penalizadas, bosques aleatorios y redes neuronales recurrentes, y concluyen que estos métodos han mostrado mejoras consistentes de precisión predictiva frente a los modelos econométricos tradicionales en entornos de datos limitados o de alta dimensionalidad —precisamente la situación que enfrenta Puerto Rico—.

En la misma línea, Medeiros, Vasconcelos, Veiga y Zilberman (2021) demostraron, para la predicción de la inflación en un entorno rico en datos, que los métodos de aprendizaje automático superan sistemáticamente a los modelos lineales tradicionales cuando se dispone de un número elevado de variables predictoras, mientras que Babii, Ghysels y Striaukas (2024) sistematizan la econometría de los métodos de aprendizaje automático para la predicción y el nowcasting económico, con especial atención a la combinación de series temporales con datos de panel de baja frecuencia. Por su parte, los modelos híbridos que combinan ARIMA con redes LSTM —propuestos teóricamente por Zhang (2003) y validados empíricamente en contextos de alta volatilidad por Makridakis, Spiliotis y Assimakopoulos (2018) y por Ribeiro, da Silva, Mariani y dos Santos Coelho (2020)— han mostrado reducciones sustanciales del error de predicción frente a los modelos ARIMA puros. Estos hallazgos sugieren que la integración de fuentes de datos no convencionales con técnicas de aprendizaje automático constituye una vía metodológica prometedora para suplir, al menos parcialmente, la escasez de series históricas largas que caracteriza a los indicadores macroeconómicos de Puerto Rico.

Discusión

Los resultados presentados en la sección anterior permiten valorar, a la luz del objetivo general de este artículo, en qué medida los modelos de series de tiempo han sido aplicados al caso de Puerto Rico y qué vacíos persisten. En relación con el primer objetivo específico —la sistematización de los fundamentos teóricos—, el marco expuesto en la sección 3 confirma que el aparato formal de los modelos ARIMA, VAR, VECM y GARCH está plenamente desarrollado y validado en la literatura econométrica internacional (Box & Jenkins, 1970; Sims, 1980; Engle & Granger, 1987; Bollerslev, 1986), de modo que la limitación no reside en la disponibilidad de herramientas metodológicas, sino en su aplicación sistemática a series puertorriqueñas.

Respecto al segundo objetivo, los hallazgos de la sección 5 contrastan con lo que sería deseable encontrar en una literatura madura: mientras que la evidencia sobre el impacto de los huracanes está relativamente bien documentada mediante métodos cuasi-experimentales (Albalade & Padró-Rosario, 2018; Peri et al., 2020), la aplicación de modelos ARIMA o VAR formales a la actividad económica y a la deuda pública de Puerto Rico depende todavía, en gran medida, de informes institucionales antes que de investigación académica arbitrada (Federal Reserve Bank of New York, 2014; GAO, 2025). Esta asimetría es consistente con la limitación de datos de alta frecuencia señalada en la sección 4.1, y sugiere que el campo de la econometría aplicada al caso puertorriqueño se ha desarrollado de forma desigual entre sus distintas líneas temáticas.

En cuanto al tercer objetivo, la evidencia metodológica reseñada en la sección 5.3 —en particular los hallazgos de Masini et al. (2023) y de Medeiros et al. (2021) sobre la superioridad predictiva del aprendizaje automático en entornos de datos limitados— respalda la hipótesis de que los enfoques híbridos representan una vía especialmente pertinente para Puerto Rico, precisamente porque la Isla enfrenta el problema de series cortas que motiva ese tipo de soluciones metodológicas. Esta lectura coincide con la literatura general sobre modelos híbridos ARIMA-LSTM (Zhang, 2003; Makridakis et al., 2018; Ribeiro et al., 2020), aunque debe matizarse: ninguno de esos estudios fue diseñado específicamente para series puertorriqueñas, por lo que su transferibilidad debe validarse empíricamente antes de asumirse como evidencia concluyente para el caso insular.

Limitaciones del estudio

Este artículo presenta limitaciones que conviene reconocer explícitamente. En primer lugar, se trata de una revisión narrativa de la literatura y no de un análisis econométrico primario; por lo tanto, no se generaron ni validaron modelos propios sobre datos puertorriqueños, sino que se sistematizó evidencia secundaria. En segundo lugar, la escasez de estudios arbitrados que apliquen formalmente modelos ARIMA, VAR o VECM a series puertorriqueñas —puesta de manifiesto en la sección 5.1— limita la posibilidad de una síntesis cuantitativa comparativa entre estudios, por lo que el análisis se mantuvo en un nivel cualitativo-comparativo. En tercer lugar, el carácter acelerado de los avances en aprendizaje automático implica que parte de la evidencia reseñada en la sección 5.3, aunque vigente al momento de esta revisión, podría quedar desactualizada con relativa rapidez.

Conclusiones

Este artículo examinó, en respuesta a sus tres objetivos específicos, las bases teóricas, el estado del arte aplicado y las perspectivas metodológicas futuras de los modelos de series de tiempo como instrumento para medir los procesos económicos de Puerto Rico. Los hallazgos permiten formular las siguientes conclusiones.

En relación con el primer objetivo, se concluye que los fundamentos teóricos de los modelos ARIMA, VAR, VECM y GARCH constituyen un aparato metodológico maduro y plenamente disponible para su aplicación al contexto puertorriqueño, de modo que la principal barrera para su uso sistemático no es de orden teórico, sino de disponibilidad de datos de alta frecuencia y de continuidad institucional en su publicación.

En relación con el segundo objetivo, la evidencia revisada confirma que la economía de Puerto Rico ha atravesado rupturas estructurales severas —la expiración de la Sección 936, la crisis fiscal y la reestructuración bajo PROMESA, y los huracanes Irma y María— cuyo impacto está documentado de forma más sólida para los desastres naturales, mediante métodos de control sintético (Albalade & Padró-Rosario, 2018; Peri et al., 2020), que para la actividad económica y la deuda pública, donde la evidencia académica formal sigue siendo escasa frente a la disponible en informes institucionales (Federal Reserve Bank of New York, 2014; GAO, 2025).

En relación con el tercer objetivo, los enfoques contemporáneos que integran métodos clásicos de series de tiempo con técnicas de aprendizaje automático (Masini et al., 2023; Medeiros et al., 2021; Babii et al., 2024) ofrecen una vía metodológica prometedora para superar, al menos parcialmente, la limitación de series históricas cortas que caracteriza a los indicadores puertorriqueños, siempre que su aplicación se valide empíricamente sobre datos de la Isla antes de generalizarse.

Como aporte principal, este trabajo sistematiza y verifica una base de literatura aplicable al caso de Puerto Rico que, en versiones preliminares de esta revisión, incluía fuentes que no pudieron corroborarse de forma independiente; su depuración y sustitución por fuentes institucionales y académicas verificables constituye, en sí misma, un hallazgo metodológico relevante para futuras revisiones sobre este tema. Como limitación principal, la escasez de estudios arbitrados que apliquen formalmente series de tiempo a Puerto Rico impidió una síntesis cuantitativa comparativa más allá del nivel cualitativo. Como proyección futura, se recomienda una agenda de investigación orientada a tres direcciones: el desarrollo de modelos bayesianos de series de tiempo estructurales (BVAR) que incorporen información a priori proveniente de economías insulares comparables; la integración de fuentes de datos administrativas no convencionales —movilidad, transacciones con tarjetas de crédito, actividad nocturna satelital— para construir series de mayor frecuencia; y la validación empírica de modelos híbridos ARIMA-aprendizaje automático directamente sobre series puertorriqueñas, en lugar de inferir su pertinencia a partir de aplicaciones a otras economías.

En suma, el fortalecimiento de la capacidad analítica en series de tiempo aplicadas a la economía de Puerto Rico no es solamente un imperativo académico, sino una necesidad de gobernanza económica para un territorio que, tras dos décadas de crisis casi ininterrumpida, requiere mejores herramientas para planificar su desarrollo, administrar sus recursos fiscales y anticipar el impacto de los choques exógenos a los que su posición geográfica y su estructura productiva lo hacen especialmente vulnerable.



Referencias bibliográficas

- Akaike, H. (1974). *A new look at the statistical model identification*. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716–723. <https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>
- Albalade, D., & Padró-Rosario, G. (2018). *The economic cost of a hurricane: A case study of Puerto Rico and Hurricane Georges 1998 using synthetic control method (IREA Working Papers 2018/27)*. Universitat de Barcelona.
- Babii, A., Ghysels, E., & Striaukas, J. (2024). *Econometrics of machine learning methods in economic forecasting*. En M. P. Clements & A. B. Galvão (Eds.), *Handbook of research methods and applications in macroeconomic forecasting* (pp. 246–273). Edward Elgar Publishing.
- Bai, J., & Perron, P. (1998). *Estimating and testing linear models with multiple structural changes*. *Econometrica*, 66(1), 47–78. <https://doi.org/10.2307/2998540>
- Bai, J., & Perron, P. (2003). *Computation and analysis of multiple structural change models*. *Journal of Applied Econometrics*, 18(1), 1–22. <https://doi.org/10.1002/jae.659>
- Bollerslev, T. (1986). *Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity*. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307–327. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(86\)90063-1](https://doi.org/10.1016/0304-4076(86)90063-1)
- Box, G. E. P., & Jenkins, G. M. (1970). *Time series analysis: Forecasting and control*. Holden-Day.
- Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (2016). *Introduction to time series and forecasting* (3.^a ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-29854-2>
- Chow, G. C. (1960). *Tests of equality between sets of coefficients in two linear regressions*. *Econometrica*, 28(3), 591–605. <https://doi.org/10.2307/1910133>
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). *Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root*. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427–431. <https://doi.org/10.2307/2286348>
- Enders, W. (2015). *Applied econometric time series* (4.^a ed.). Wiley.



- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica*, 50(4), 987–1007. <https://doi.org/10.2307/1912773>
- Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica*, 55(2), 251–276. <https://doi.org/10.2307/1913236>
- Federal Reserve Bank of New York. (2014). An update on the competitiveness of Puerto Rico's economy. <https://www.newyorkfed.org/outreach-and-education/puerto-rico/2014/report-main.html>
- Hamilton, J. D. (1989). A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle. *Econometrica*, 57(2), 357–384. <https://doi.org/10.2307/1912559>
- Hamilton, J. D. (1994). *Time series analysis*. Princeton University Press.
- Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735–1780. <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>
- Jarque, C. M., & Bera, A. K. (1980). Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. *Economics Letters*, 6(3), 255–259. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(80\)90024-5](https://doi.org/10.1016/0165-1765(80)90024-5)
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2–3), 231–254. [https://doi.org/10.1016/0165-1889\(88\)90041-3](https://doi.org/10.1016/0165-1889(88)90041-3)
- Junta de Planificación de Puerto Rico. (2022). *Informe económico al gobernador 2021*. Gobierno de Puerto Rico.
- Koopman, S. J., Harvey, A. C., Doornik, J. A., & Shephard, N. (2012). *STAMP 8.3: Structural time series analyser, modeller and predictor*. Timberlake Consultants Press.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics*, 54(1–3), 159–178. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(92\)90104-Y](https://doi.org/10.1016/0304-4076(92)90104-Y)
- Ljung, G. M., & Box, G. E. P. (1978). On a measure of lack of fit in time series models. *Biometrika*, 65(2), 297–303. <https://doi.org/10.1093/biomet/65.2.297>

- Lütkepohl, H. (2005). *New introduction to multiple time series analysis*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-540-27752-1>
- Makridakis, S., Spiliotis, E., & Assimakopoulos, V. (2018). *Statistical and machine learning forecasting methods: Concerns and ways forward*. PLOS ONE, 13(3), Artículo e0194889.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194889>
- Masini, R. P., Medeiros, M. C., & Mendes, E. F. (2023). *Machine learning advances for time series forecasting*. Journal of Economic Surveys, 37(1), 76–111.
<https://doi.org/10.1111/joes.12429>
- Medeiros, M. C., Vasconcelos, G. F. R., Veiga, A., & Zilberman, E. (2021). *Forecasting inflation in a data-rich environment: The benefits of machine learning methods*. Journal of Business & Economic Statistics, 39(1), 98–119.
<https://doi.org/10.1080/07350015.2019.1637745>
- Peri, G., Rury, D., & Wiltshire, J. C. (2020). *The economic impact of migrants from Hurricane Maria (NBER Working Paper No. 27718)*. National Bureau of Economic Research.
<https://doi.org/10.3386/w27718>
- Phillips, P. C. B., & Perron, P. (1988). *Testing for a unit root in time series regression*. Biometrika, 75(2), 335–346. <https://doi.org/10.1093/biomet/75.2.335>
- Ribeiro, M. H. D. M., da Silva, R. G., Mariani, V. C., & dos Santos Coelho, L. (2020). *Short-term forecasting COVID-19 cumulative confirmed cases: Perspectives for Brazil*. Chaos, Solitons & Fractals, 135, Artículo 109853. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.109853>
- Said, S. E., & Dickey, D. A. (1984). *Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order*. Biometrika, 71(3), 599–607.
<https://doi.org/10.1093/biomet/71.3.599>
- Schwarz, G. (1978). *Estimating the dimension of a model*. Annals of Statistics, 6(2), 461–464.
<https://doi.org/10.1214/aos/1176344136>
- Sims, C. A. (1980). *Macroeconomics and reality*. Econometrica, 48(1), 1–48.
<https://doi.org/10.2307/1912017>



- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2002). *Forecasting using principal components from a large number of predictors*. *Journal of the American Statistical Association*, 97(460), 1167–1179. <https://doi.org/10.1198/016214502388618960>
- U.S. Government Accountability Office. (2025). *Puerto Rico: Fiscal conditions have improved but risks remain* (GAO-25-108629). <https://www.gao.gov/products/gao-25-108629>
- Zhang, G. P. (2003). *Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model*. *Neurocomputing*, 50, 159–175. [https://doi.org/10.1016/S0925-2312\(01\)00702-0](https://doi.org/10.1016/S0925-2312(01)00702-0)
- Zivot, E., & Andrews, D. W. K. (1992). *Further evidence on the great crash, the oil-price shock, and the unit-root hypothesis*. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(3), 251–270. <https://doi.org/10.2307/1391541>

Conflicto de intereses:

Los autores afirman que no existe ningún conflicto de interés.

Financiamiento:

No hubo apoyo económico de partes ajenas a este artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es el resultado de una publicación previa.