BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MATEMÁTICAS
LICENCIATURA EN ACTUARÍA

Impacto en los Niveles de Producción y Empleo que sufrió México tras la Pandemia COVID-19

TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADA EN ACTUARÍA

PRESENTA
MICHELLE AVENDAÑO ORTIZ

DIRECTOR DE TESIS
DR. JOSUÉ ZAVALETA GONZÁLEZ

Heroica Puebla de Zaragoza a 09 de junio de 2023

Dedicatoria

A mis padres, hermanos, sobrina y abuelos.
A mi tía Ángeles y mi primo Giovanni

Agradecimientos.

A mi familia por su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida, gracias a ellos lo he logrado.

A mis amigos, profesores y todas aquellas personas que contribuyeron directa o indirectamente a la realización de esta tesis.

En especial al Dr, Josué Zavaleta González, por su apoyo incondicional y su gran enseñanza.

A mis profesores, por cada granito de enseñanza que dejaron en mí y formarme como profesional.

INDICE

INTRODUCCIÓN

Una de las principales incertidumbres que atravesamos en nuestra vida diaria es sí nuestro salario o ingreso solventará todos nuestros gastos y así poder llevar una vida tranquila. En este sentido, las preguntas que a veces nos hacemos son ¿cómo amanecerán los precios de los bienes y servicios? ¿la inflación subió o bajó? ¿cuál es el valor del peso frente al dólar? o simplemente si nuestro trabajo es el óptimo para vivir dignamente. Todas estas interrogantes y preocupaciones cobraron una mayor importancia a partir del año 2020, es decir, con el inicio de la pandemia en México, ya que entre la población en general se propago un clima de profunda incertidumbre, en este sentido, se cuestionaban cómo se iba a enfrentar esta nueva enfermedad y qué tanto afectaría el estar en confinamiento para evitar que el contagio se hiciera cada vez más fuerte.

La ciudadanía tiene el conocimiento de que existen intervenciones del gobierno y decisiones que ayudan a enfrentar a las crisis, pero no siempre sabemos si son las correctas, las mejores, o si existen otro tipo de medidas que ayuden a establecer las condiciones óptimas para el desarrollo económico.

Este trabajo tiene como principal objetivo analizar los efectos ocasionados por la pandemia de SARS-CoV-2 en la economía mexicana, especialmente en los niveles de producción y empleo, ya que esto ocasionó diferentes cambios en las condiciones de vida, ingreso y bienestar social de la población de nuestro país. Además, se analizan los aspectos teóricos de las fluctuaciones de oferta y demanda, y de los indicadores económicos, para tener un mejor esquema sobre los diferentes factores que desestabilizan al desarrollo de un país; y así analizar y estimar en qué tiempo se recupera o mejora el nivel de actividad económica que se tenía antes de esta catástrofe mundial.

Este trabajo se encuentra estructurado en cuatro capítulos de la forma siguiente.

El capítulo uno expone los fundamentos teóricos que ayudan en la comprensión de los efectos que tienen en la economía fluctuaciones negativas tanto desde el lado de la oferta, como la menor disposición de factores productivos como capital y trabajo, como de la demanda como una caída en el gasto de inversión, en los niveles de producción y empleo.

En el segundo capítulo se documentan y resumen los principales efectos económicos y sociales de la crisis por Covid-19 en la economía mexicana, dicho análisis descriptivo nos permite evidenciar qué variables macroeconómicas se vieron más afectadas con el fin de proveer herramientas para entender el alcance de esta crisis sanitaria.

Por su parte, los capítulos tres y cuatro se ocupan de la estimación de la duración de los efectos adversos de la crisis en indicadores macroeconómicos claves: producción, empleo e inflación. Primero, en el capítulo tres, se hace una descripción de la metodología de investigación y después, en el capitulo cuatro, se presenta la estimación y la evaluación de los resultados de econométricos que nos permiten vislumbra un escenario de en qué momento podría la economía mexicana dejar atrás los efectos negativos de la pandemia.

Es importante que la población, principalmente, los jóvenes que inician una vida financiera, empiecen a forjar un camino en la investigación y desarrollo de nuevas ideas que ayuden a mejorar las diferentes políticas y decisiones que se toman en el país, así como crear nuevos métodos y modelos que proporcionen estimaciones y proyecciones sobre los principales indicadores económicos para mostrar un panorama completo y diferente de otras visiones sobre los mecanismos a plantear para poder enfrentar las crisis que se generen, tales como la que se está viviendo en México desde inicios del año 2020.

Con esta investigación se busca obtener un conocimiento más amplio sobre cómo es que las fluctuaciones de oferta y demanda agregada afectan a la actividad económica, y también conocer cómo afecta la caída de las producciones en las industrias de otros países sobre el nuestro, todo ello con el mismo objetivo de aportar nuevos conocimientos e ideas sobre el rumbo que debemos tomar para mejorar el desarrollo económico y social del país.

Capítulo 1

Marco Teórico

1.1.Introducción

La contingencia sanitaria provocada por el virus SAR-COV-2 ha tenido efectos adversos en el desempeño económico de muchos países del mundo. México no fue la excepción y, como resultado del confinamiento, los contagios y las defunciones ocurridas en este país, la actividad económica sufrió una contracción no vista en el último siglo. En este sentido, en términos analíticos, la crisis actual tiene sus orígenes tanto en factores de oferta como de demanda, además de las debilidades estructurales propias de la economía mexicana.

Entre los factores de oferta se encuentran las dotaciones de factores de producción, capital y trabajo principalmente, el nivel tecnológico y las productividades de los mismos. Por su parte, entre los factores de demanda destacan los niveles de consumo, inversión, públicos y privados, el saldo de la balanza comercial y las fluctuaciones de la masa monetaria. El propósito de este capítulo es analizar los fundamentos teóricos que ayudan a comprender los efectos de las fluctuaciones de la oferta y demanda en los niveles de producción y empleo a partir de distintos enfoques teórico-analíticos.

El análisis de estos elementos nos ayudará a comprender los efectos de la pandemia en los niveles de producción y empleo, lo que permitirá ver cómo se modificaron las condiciones de vida, ingreso y bienestar social de la población de nuestro país. Al mismo tiempo, comprender estos efectos ayuda a encontrar alternativas de política económica que contribuyan a la recuperación de la actividad económica. En consecuencia, en las siguientes secciones analizamos los efectos de shocks exógenos, tanto de oferta como de demanda, en la determinación de la producción y el nivel de empleo.

1.2¿Qué son las variables macroeconómicas?

Analizar y explicar el comportamiento de la economía de un país es complejo, pero es necesario entenderlo y estudiarlo para que la toma de decisiones y la creación de estrategias sean las más adecuadas para el impulso del crecimiento económico.

Existen variables económicas que reúnen información acerca de un fenómeno económico estudiando su evolución en el tiempo, una de estas son las variables macroeconómicas, por ejemplo, el producto interno bruto, el desempleo, la tasa de interés, el déficit público o la inflación. Como cualquier otra variable estadística no todas son directamente observables o cuantificables, pero existen técnicas y procesos que nos ayudan a estimarlas con una buena exactitud.

1.2.1 PIB real y PIB nominal

El producto interno bruto (PIB) es una manera de medir la actividad económica de un país el cual representa el valor de la producción final de todos los bienes y servicios durante un periodo de tiempo, comúnmente de un trimestre o de un año. Los bienes que son utilizados para la creación y producción de otros bienes se miden por separado, estos ya vienen dentro del PIB porque contribuyen al valor de los bienes finales y las transacciones de mercados como los intercambios de automóviles o casas de segunda mano no entran en el PIB actual, ya que dichos bienes producidos anteriormente ya habían sido medidos.

El PIB nominal es el valor de los bienes y servicios determinado por el nivel de precios del mercado, esta medición refleja las variaciones que se presenten en los precios, con ello la misma cantidad de producción final puede mostrar una medida diferente del PIB conforme el nivel de precios cambia.

Existen diferentes formas de calcular el PIB, una de ellas es el método del gasto que contabiliza el total de la producción de una economía a través de la suma del gasto agregado. Los factores que influyen en el cálculo son el gasto de consumo (C), tal como las compras de bienes y servicios que se producen actualmente realizadas por individuos o familias, el gasto de inversión (I), como lo son las inversiones fijas de empresas o las inversiones en construcciones de viviendas o residencias multifamiliares, el gasto que realiza el gobierno (G) como el gasto público[1] y las exportaciones netas[2] (X-M). Así el producto interno bruto se puede expresar como:

$$PIB = C + I + G + (X-M).$$

1.2.2 Tasa de inflación

En un país o región es normal escuchar con frecuencia el término tasa de inflación, la evolución de este indicador tiene efectos significativos en la actividad económica y productiva de cualquier país. La inflación se define como el incremento de los precios de

[1] Son las transacciones financieras que realizan las entidades públicas para la adquisición de bienes y servicios.
[2] Las exportaciones netas son el total de exportaciones (X) menos las importaciones (M).

bienes y servicios a lo largo del tiempo. Tal incremento obedece a cambios en variables clave de la economía que afectan a la demanda y oferta agregadas de los bienes.

Por ejemplo, cuando la oferta agregada presenta un decremento, por el aumento en los costos de producción, las empresas aumentan sus precios para que su nivel de ganancia siga siendo el mismo, y si esto también ocurre en muchas empresas que engloban una gran parte de los bienes y servicios consumidos por la población entonces esto ocasionaría un incremento general en los precios, es decir, inflación.

Por otra parte, si existe un incremento en la demanda agregada, es decir, los consumidores demandan más bienes y servicios de los que producen esto llevaría a que las empresas alzaran sus precios, debido a que hay más dinero por cada unidad de producto, causando esto inflación.

La tasa de interés es una herramienta que utilizan para el control de la inflación, en este sentido, el banco central intenta que a través de las variaciones de la tasa de interés se contengan tanto la demanda de bienes de consumo duradero, como la demanda de bienes de inversión. Con una elevación de la tasa de interés se espera que la demanda agregada sea menor y, en consecuencia, se frene la escalada de precios.

1.2.3 Tasa de desempleo

El empleo es un pilar muy importante para cada familia, ya que gracias a él se obtiene un ingreso monetario que ayuda a solventar los gastos en bienes y servicios que contribuyen a satisfacer las necesidades de los individuos y sus familias.

Cuando una economía atraviesa por una desaceleración de la producción el desempleo incrementa, lo tiene efectos negativos en gran parte de la población económicamente activa, pues provoca que un gran parte de las familias pierdan, o disminuyan, su nivel de ingreso y con menos ingreso entonces también disminuye el consumo de bienes y servicios.

La tasa de desempleo nos indica el nivel de desocupación en relación con la población activa, es decir, es el porcentaje de la población que cuenta con la edad y condiciones para trabajar, pero no tiene un trabajo pleno. Para calcular la tasa de desempleo se debe conocer la población total desempleada y dividirla entre la población económicamente activa y posteriormente el resultado se multiplica por cien, de la siguiente manera:

$$Tasa\ de\ desempleo = \frac{Población\ desempleada}{Población\ activa} x100$$

En este trabajo, analizaremos desde una perspectiva teórica y empírica el comportamiento de estas tres variables. Argumentaremos que existen tanto factores de oferta como de demanda que influyen en su comportamiento y que justamente la crisis causada por la pandemia de Covid-19 es un ejemplo de que estos factores pueden coincidir y afectar a variables como la producción, la inflación y el desempleo.

1.3Fluctuaciones de oferta y demanda y sus efectos en la producción y el empleo.

1.3.1 Fluctuaciones de oferta

La macroeconomía clásica sentó las bases para el análisis de las fluctuaciones económicas agregadas desde una perspectiva de oferta. La oferta agregada constituye la cantidad total de productos que las empresas deciden ofrecer por un precio determinado en una economía de mercado. Las compañías determinan la cantidad de productos que ofrecerán afín de maximizar sus utilidades considerando el costo de los insumos, el monto de capital y trabajo, y la tecnología de producción.

El concepto medular en tal análisis es la función de producción agregada, concebida como una relación que muestra el nivel de producción que una empresa individual obtiene con niveles dados de insumos o factores de producción.

La función de producción agregada se expresa como:

$$Y = F(K, N) \qquad (1)$$

Donde Y es la producción real, K son las existencias de capital, mismas que a corto plazo se consideran fijas, y N es la cantidad de insumo de trabajo disponible en la economía. El ejemplo más importante de la relación expuesta en la ecuación (1) es la función de producción Cobb-Douglas.

Esta función de producción tiene propiedades interesantes y se denota de la siguiente manera:

$$Y_t = A_t K_t^{\alpha} L_t^{1-\alpha} \qquad (2)$$

Donde Y_t es el nivel de producción, A_t es un factor que describe el nivel de la tecnología, K_t es el capital y L_t es el trabajo. La función (2) cumple con tres propiedades importantes. Primero, exhibe rendimientos constantes a escala, lo que significa que, si multiplicamos a ambos insumos de la producción por un factor constante, la producción quedará multiplicada por esta misma constante. Segundo, la función de producción exhibe rendimientos positivos pero decrecientes de los factores de la producción, por lo que $0 < \alpha < 1$. Tercero, el límite de la productividad marginal del trabajo tiende a infinito (cero) cuando el trabajo tiende a cero (infinito), y lo mismo sucede para el capital.[3]

La función de producción implica que el nivel de producción se determina en función de la cantidad de trabajo y capital que una economía posee, en consecuencia, si la cantidad de trabajo disponible disminuye, entonces, la capacidad productiva de tal economía se reduciría, y lo mismo puede aplicarse para el caso del capital productivo.

El uso de los factores de producción, es decir, la cantidad de trabajo y capital que se usa en el proceso productivo está determinado por la maximización de beneficios de las empresas. En un contexto de competencia perfecta, las empresas escogen su nivel de producción, y el de su demanda de factores, con el fin de obtener el nivel máximo de utilidades, para lograrlo las empresas aumentarán la producción hasta que el costo marginal (CMg), entendido como el costo de una unidad adicional de producto, sea igual al ingreso marginal que recibe por su venta, que en competencia perfecta es igual al precio del producto (P).

El proceso de maximización de beneficios se formaliza de la siguiente forma.

Sea la función de beneficios:

$$\underset{Y \geq 0}{\text{Máx}}\, \Pi = PY - C(Y) \qquad (3)$$

[3] Esta propiedad es conocida como las condiciones de Inada en honor al economista japonés Ken-Ichi Inada.

donde Π es el nivel de beneficios, PY es el nivel de ingresos de las empresas igual al producto del nivel de producción y el nivel de precios y $C(Y)$ son los costos totales de producción que están en función del nivel de producción. A partir de la ecuación (3) se deriva la siguiente condición de primer orden:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial Y} = P\frac{\partial Y}{\partial Y} + Y\frac{\partial P}{\partial Y} - \frac{\partial C(Y)}{\partial Y} = 0 \qquad (4)$$

se implica que:

$$P\frac{\partial Y}{\partial Y} + Y\frac{\partial P}{\partial Y} = \frac{\partial C(Y)}{\partial Y} \qquad (5)$$

donde el término a la izquierda de la igualdad es la variación de los ingresos de la empresa ante una variación de la producción, o el ingreso marginal [$IMg(Y)$], y el término a la derecha de la igualdad es la variación del costo total de la empresa ante la misma variación de la producción, o el costo marginal [$CMg(Y)$]; por lo tanto, la condición de maximización de beneficios implica que:

$$IMg(Y) = CMg(Y) \qquad (6)$$

Sin embargo, como en competencia perfecta el precio de mercado es independiente del nivel de producción de cada una de las empresas competitivas, entonces, en la ecuación (5) $\frac{\partial P}{\partial Y} = 0$ y, en consecuencia: $IMg(Y) = P$. Tomando en cuenta lo anterior, la condición de maximización de beneficios nos queda:

$$P = CMg(Y) \qquad (7)$$

A corto plazo, las empresas mantienen constante su nivel de capital y solo modifican la cantidad de trabajo que utilizan en el proceso de producción. La ecuación (7) puede modificarse para observar el proceso de determinación de la demanda de trabajo de las empresas, es decir, la cantidad de empleados que se desean contratar para alcanzar los máximos beneficios. En este sentido, el costo marginal se define como la relación entre el salario monetario (W) y el producto marginal del trabajo ($PMgN$), que es la variación de la producción en relación con la variación del nivel de empleo.[4] Por lo tanto, la condición de maximización de beneficios se reescribe de la siguiente manera:

$$P = \frac{W}{PMgN} \qquad (8)$$

La ecuación (8) se reordena de distintas formas $PMgN = \frac{W}{P}$, o $P * PMgN = W$, lo que identifica cómo se elige el nivel de empleo que le permite a las empresas alcanzar la maximización de beneficios.

Por el otro lado de la oferta de trabajo, esta se determina a partir del proceso de maximización de la utilidad de los trabajadores, la cual depende positivamente de su nivel de ingreso que le provee su oferta de trabajo y ocio. A mayor oferta de trabajo, menor ocio, pero también mayor ingreso y por lo tanto mayor utilidad. La maximización de la utilidad se presenta cuando la tasa a la que el trabajador está dispuesto a intercambiar horas de ocio por unidades de ingreso se iguala al salario real.

Uniendo la oferta y la demanda de trabajo se determina el volumen de empleo que persistirá en una economía e incorporando este dato, junto con las existencias de capital, fijas en el corto plazo, se determina también el nivel de producción.

En consecuencia, lo único que varia tanto al nivel de producción como el nivel de empleo son los factores de oferta de la economía, tales como un cambio en la cantidad de trabajo o capital del que se dispone en un país, o el nivel tecnológico del mismo. En este sentido, si la oferta de trabajo, para el mismo nivel de salario, disminuye esto provocaría que el nivel de empleo será menor y lo mismo sucedería con la producción. Un efecto

[4] Lo cual se puede calcular como la derivada de la función de producción respecto al factor trabajo.

similar tendríamos que cayera uso del stock de capital, lo que llevaría a una reducción de la demanda de trabajo, una caída del salario, y un menor nivel de empleo y producción

1.3.2 Fluctuaciones de demanda

1.3.2.1 Análisis de la demanda desde el modelo macroeconómico clásico.

La demanda agregada en una economía cerrada es la cantidad total de bienes y servicios comprados por la población de un país dado un nivel de precios. Mientras que en una economía abierta se define como la cantidad total de bienes y servicios internos demandados por agentes nacionales y extranjeros dado el nivel de precios.

En el sistema macroeconómico clásico, es decir, el de la economía prekeynesiana, la cantidad de dinero determina el nivel de la demanda agregada que, a su vez, establece el nivel de precios. En la teoría cuantitativa[5] se ve como una teoría implícita de la demanda agregada, la cual establece una relación entre la cantidad de dinero que existe en una economía y ingreso nominal, tomando en consideración la velocidad del dinero, es decir, el número de veces que cada dólar es usado en transacciones durante un periodo. De acuerdo con Fisher (1911) esta identidad se define como:

$$MV_T = P_T T \qquad (9)$$

donde M es la cantidad de dinero, V_T es la velocidad de circulación del dinero, P_T es el nivel de precios de los productos y T la magnitud de transacciones. Cuando la teoría cuantitativa se concentra solo en las transacciones de ingresos la ecuación de cambio (9) se expresa de la siguiente forma:

[5] Irving Fisher formuló la teoría cuantitativa del dinero y después fue revitalizada por Milton Friedman, a partir de ello Friedman aseveró que la inflación siempre es un fenómeno monetario.

$$MV = Py \quad (10)$$

donde V es la velocidad de ingreso del dinero, es decir, el número de veces que es usado el dólar para una transacción de producción actual, y es el nivel de producción actual y P es el índice de precios para la producción actual. Si la velocidad es una constante predeterminada y el volumen de producción se fija entonces la ecuación (10) expresa una relación de proporcionalidad entre la existencia del dinero y el nivel de precios.

$$P = \frac{\bar{V}}{\bar{y}} M \quad (11)$$

Fisher y los economistas clásicos conceptuaban que el mismo mercado conduciría a un pleno nivel de empleo y la velocidad del dinero dependía de la tecnología bancaría y la costumbre de pago que para él eran estables, por ello la velocidad se consideraba como constante a corto plazo.

Debido a que la cantidad de dinero en circulación, multiplicada por la velocidad de circulación monetaria, debe ser igual al valor de la producción, a partir de la ecuación cuantitativa, o ecuación de cambio, se traza la curva de demanda agregada como las combinaciones del nivel de precios (P) y la producción real (y) para una cantidad de dinero existente (M) y una velocidad fija ($\bar{V}$).

Marshall y Pigou, por su parte, señalaron que la demanda de dinero sería una proporción del ingreso o la riqueza, es decir, la cantidad de dinero demandado por un individuo depende del nivel de riqueza y el volumen de transacciones que realiza. Este enfoque se expresa de la siguiente forma:

$$M^d = kPy \quad (12)$$

donde M^d es la demanda de dinero, k es una proporción, P el nivel de precios e y es el nivel de ingreso real, por lo que Py es el ingreso nominal. Por su parte, la cantidad de dinero exógena, u oferta monetaria, debe ser igual a la cantidad de dinero demandada, lo cual implica que:

$$M\frac{1}{k} = Py \quad (13)$$

En la teoría clásica una cantidad de dinero existente *M(1/k)* implica qué nivel de ingreso nominal *(Py)* se requiere para que haya equilibrio en el mercado monetario y así la demanda de dinero sea igual a la oferta de dinero existente.

Los niveles de equilibrio de la demanda de productos son las combinaciones de precio-producto que dan equilibrio al mercado monetario. Como la curva de oferta agregada en el enfoque clásico es perfectamente inelástica al precio, los aumentos de la demanda no afectan la producción, solo aumenta el nivel de precios. Un cambio en la cantidad de dinero es el único factor que desplaza la curva de demanda agregada.

Por su parte, la tasa de interés garantiza que los cambios exógenos en los componentes de la demanda no afecten el nivel agregado de la demanda de productos. La tasa de interés de equilibrio en el sistema clásico es la tasa a la cual los individuos desean prestar cierta cantidad de fondos (comprar bonos) que equivale exactamente a la cantidad que otros desean pedir prestado (vender bonos). En el lado de la oferta del mercado de bonos, la oferta de bonos (pedir prestado) del gobierno es exógena y la de las empresas es igual al nivel de gastos por inversiones. La inversión varía inversamente con la tasa de interés y también se ve influida por los cambios exógenos en la rentabilidad esperada de los proyectos de inversión.

En el lado de la demanda de bonos (prestar) están los ahorradores individuales que compran los bonos, en el modelo clásico el ahorro se considera como una función positiva de la tasa de interés, la acción de ahorrar es renunciar al consumo actual para alcanzar un consumo de bienes en un periodo futuro. Si la tasa de interés aumenta el rendimiento por intereses será mayor para el ahorrador. El ahorro se traza como una función de la tasa de interés con pendiente positiva y proporciona la oferta de fondos prestables. La inversión es una función con pendiente negativa en relación con la tasa de interés y proporciona la demanda de fondos prestables.

De lo anterior se concluye que la tasa de interés asume un papel estabilizador, sobre cualquier variación exógena de los componentes de la demanda agregada, siendo uno de los más importantes un cambio en la rentabilidad esperada de la inversión. Por ejemplo, si el presupuesto gubernamental se encuentra en equilibrio, entonces el único factor que mueve la demanda de fondos prestable es la inversión, en consecuencia, una caída en la rentabilidad de los proyectos de las empresas provoca una caída en la demanda de fondos prestables, entonces la oferta excede a la demanda llevando a la tasa de interés hacia abajo, lo que ocasionaría a dos ajuste, el ahorro se reduce, lo que es simétrico a un crecimiento del consumo, y se reaviva un poco la inversión, equilibrando de nuevo al ahorro con la inversión, y dejando estable a la demanda agregada.

En el modelo clásico, el papel estabilizador de la tasa de interés es la primera línea de defensa para el pleno empleo, los impactos que afectan a la demanda de consumo, demanda de inversión y demanda del gobierno no afectarán la demanda de producción en su conjunto, lo que también está relacionado con las propiedades de ajuste del mercado laboral clásico, tal como lo refleja la oferta agregada vertical, lo que constituye la segunda línea de defensa de pleno empleo.

1.3.2.2 La demanda desde el modelo keynesiano.

El modelo keynesiano la demanda agregada consiste en cuatro tipos de gastos, el consumo, la inversión y el gasto público y las exportaciones netas; para equilibrar el nivel de producción, el gasto agregado debe ser igual a la producción. De acuerdo con Keynes el nivel de consumo[6] es una función estable con respecto al ingreso disponible, el cual es igual a los ingresos nacionales menos los pagos netos de impuestos; a la relación entre el consumo y el nivel de ingreso disponible le llamó función de consumo.

De acuerdo con el pensamiento keynesiano, la inversión era el componente autónomo más variable de la demanda agregada, esto se debe a que los dos factores determinantes de los gastos de inversión a corto plazo son la tasa de interés y el estado de las expectativas de ganancias de las empresas. El efecto de la tasa de interés es similar al presente en el modelo macroeconómico clásico, no obstante, para Keynes las expectativas sobre la tasa de ganancia esperada de un proyecto de inversión es el principal factor determinante del gasto de inversión; en este sentido, un proyecto de inversión se llevará acabo si se espera que a rentabilidad supere el costo del préstamo para financiar el proyecto por una cantidad suficiente. Lo que provoca que la inversión sea un gasto tan volátil es que el estado de las expectativas es un elemento poco previsible.

El gasto público es uno de los gastos autónomos más importantes, sobre todo desde la visión de la política económica, está controlado por el encargado de formular la política fiscal y se considera relativamente independe del nivel de ingreso de la economía, ya que se financia con la emisión de deuda pública e incluso con emisión monetaria.

---

[6] El consumo es un gasto que depende directamente del nivel de ingresos.

Finalmente, en el caso de las exportaciones, de acuerdo con Thirlwall (2003) este gasto es autónomo porque este tipo de gasto proviene desde fuera de la economía doméstica y depende, en consecuencia, del ingreso del exterior. Por lo que, cuando la economía está tan vinculada con el sector externo, cualquier desaceleración de los socios comerciales provocará entonces una reducción de la demanda de producción doméstica y por lo tanto se producirá una caída en el empleo y producción doméstica.

En suma, el nivel de ingreso que equilibra el mercado de bienes bajo la óptica keynesiana esta determinado por los gastos autónomos, o independientes del nivel de ingreso, y por los gastos inducidos, capturados en el multiplicador de la demanda autónoma. En consecuencia, cualquier factor exógeno que tenga un efecto negativo en alguno de los componentes autónomos reduce el nivel de ingreso y también el nivel de empleo de la economía. Como ya se ha señalado, el componente más volátil de la demanda autónoma es la inversión, debido a que se ve influida por las expectativas sobre la rentabilidad de la inversión, mismas que depende de los "espíritus animales" de los inversionistas, es decir, de su percepción del riesgo y de su aversión a este.

1.4 Conclusiones.

La crisis económica provocada por la pandemia de Covid-19 tiene características tanto de oferta como de demanda, además de las debilidades estructurales que agravan los efectos negativos exógenos que se propagan en la economía mexicana con mayor profundidad.

Entre los factores de demanda, los más importantes fueron la desaceleración de la demanda de exportaciones, debido a que durante los procesos de confinamiento se cerraron fronteras y aduanas, lo que impidió la movilidad de bienes hacia mercados de exportación. Por junto, la caída de la demanda de exportaciones se tradujo en una caída de empleo en las industrias de producción de bienes exportables y eso en una caída inducida de la demanda, porque al disminuir el empleo, el ingreso se reduce y con esto el consumo y la demanda agregada.

Ahora bien, como era previsibles, dado el contexto de alta incertidumbre, el componente que más resintió los efectos del contexto económico y social durante la pandemia fue la inversión, pues era bastante complejo estimar la tasa de rentabilidad de la inversiones bajo tanta incertidumbre, por lo que las expectativas de ganancia se redujeron considerablemente y con ellas el gasto de inversión, sobre todo el ejecutado por el sector privado, en este sentido la inversión pública realizada por el gobierno mediante la construcción de obras de infraestructura pública ha logrado contener la caída de la inversión que, en ausencia de dichas inversiones, habría sido muy más profunda.

Por supuesto, la caída en la demanda privada también se intentó contrarrestar con una expansión del gasto de consumo público, a través de programas de transferencias monetarias, créditos a nano y micro empresas y otros programas semejantes, sin embargo, esto no fue suficiente para compensar la caída de la demanda del sector privado.

Por su parte, por el lado de la oferta, los programas de confinamiento social redujeron la disponibilidad de fuerza de trabajo y, debido a los cierres temporales de empresas e industrias, sucedió algo semejante con la posibilidad de usar el stock de capital disponible en el aparato productivo de la economía mexicana.

Uniendo los factores de oferta y demanda, la pandemia de Covid-19 se tradujo en una de las crisis más profunda que la economía mexicana ha experimentado en su historia. En el capítulo siguiente haremos la descripción de este fenómeno tan trascendental.

Capítulo 2

Marco Histórico

Impacto del Covid-19 en la economía mexicana.

2.1. Introducción.

En el mes de diciembre del año 2019 se presentaron los primeros casos de una nueva enfermedad proveniente del virus SARS-CoV-2 de la familia coronavirus en la ciudad Wuhan en China. Los distintos estudios epidemiológicos mostraron que la enfermedad era infecciosa, afectando principalmente a los adultos.

La enfermedad avanzaba con rapidez en países europeos como Italia, Francia y España, convirtiendo al continente europeo en el epicentro de una nueva pandemia para la que el mundo no estaba preparado. En el mes de febrero del año 2020 se tuvo el primer caso en el continente americano, cuando Brasil confirmó al primer paciente enfermo; en este país el ritmo de contagios fue superior comparado con el de Italia, pues en tan solo tres semanas ya había veinte casos positivos.

Siendo una enfermedad nueva y de la que se conocía muy poco, pues la población de cada uno de los países se contagiaba con facilidad, el riesgo de padecer un gran número de muertes en cada país aumentaba con el transcurso de los días, y los daños generados en la salud de las personas eran cada vez mayores a los recursos y servicios que podían ofrecer las instituciones de salud, lo que obligó a los gobiernos a paralizar las actividades sociales y económicas no esenciales para evitar un colapso en los sistemas de salud. Si bien estas medidas ayudaron a que la curva de contagio se "aplanará", también afectaron de forma negativa a la actividad económica de cada uno de los países, y México no fue la excepción.

El 27 de febrero del año 2020 se presentó el primer caso de Covid-19 en México, se trató de un joven mexicano que había viajado a Italia y a su regreso presentaba síntomas de la enfermedad, para el 28 de febrero otros dos nuevos casos se detectaron, un ciudadano italiano de 35 años y un mexicano del estado de Hidalgo que se encontraban en Sinaloa, quienes también habían estado en Italia; con estos primeros casos se dio la primer fase de contagios en el país, fase en la que los casos eran provenientes del extranjero y no se presentaban contagios locales.

Por su parte, el 11 de marzo la Organización Mundial de la Salud (OMS) determinó que la enfermedad Covid-19 se considera una pandemia.

En México el virus se propagaba cada vez más rápido, para el 18 de marzo ya se tenían 118 casos confirmados, lo que implicaba un crecimiento del 26%, comparado el número de contagios con el día anterior, cuando los casos habían sido 93; en ese mismo día se confirmaba la primera muerte por Covid-19, de acuerdo con la Secretaria de Salud. Para el 24 de marzo, el gobierno declaró que el país entraba a la fase II, caracterizada porque los contagios se desarrollaban de forma local y no solo había casos que eran importados del extranjero.

El propósito de este capítulo es sintetizar los efectos económicos y sociales de la pandemia de Covid-19 en México.

2.2.Impacto en el turismo de México.

El turismo es una pieza importante en la economía de un país, existen lugares o regiones donde su desarrollo productivo no es suficiente para sostener su economía local o cuentan con pocas opciones productivas, por otra parte, estas regiones si poseen una gran riqueza en activos culturales y naturales que les permite desarrollar una industria turística, la cual genera servicios en el ámbito local, con una gran actividad de la mano de obra que desarrollan muchas oportunidades de empleo.

Por otra parte, uno de los efectos positivos del turismo es que permite la entrada de divisas al país, mismas que ayudan a estabilizar el tipo de cambio y también a financiar los requerimientos de exportaciones que necesita una economía. Por supuesto, la fuente más importante de divisas es la exportación de bienes, pero la entrada de divisas por la actividad turística es un buen complemento para la adquisición de estas.

El turismo también desencadena un desarrollo en otros sectores debido a que la mayoría de turistas utiliza medios de transportes, servicios de entretenimiento, servicios médicos y de comunicación, entre otros, lo que provoca un fuerte impacto en la economía nacional. En México el turismo es un factor importante para el desarrollo nacional y especialmente en la generación y conservación de empleos. De acuerdo con datos presentados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) entre los años 2010 y 2019 el turismo tuvo una participación en el producto interno bruto (PIB) del 8.36% y 8.5%, respectivamente. En el cuadro 2.1 se muestra la participación de la actividad turística en el PIB durante el periodo 2010 – 2019.

Cuadro 2. 1 Producto interno bruto y turístico, precios básicos. (Millones de pesos a precios corrientes).

Año	PIB	PIB turístico.
2010	12,824,221	1,071,526
2011	14,160,784	1,159,723
2012	15,334,940	1,257,504
2013	15,642,961	1,332,001
2014	16,579,961	1,409,746
2015	17,499,014	1,519,048
2016	18,870,690	1,614,170
2017	20,722,064	1,760,184
2018	22,221,190	1,868,714
2019	23,023,594	1,956,848

Fuente. Elaboración propia con base en datos del INEGI.

En el cuadro anterior, se observa que durante este periodo el PIB turístico mantuvo una tendencia de crecimiento al igual que el PIB nacional, lo que permitió que la participación del PIB turístico en el PIB total se mantuviera constantes, e incluso aumentara marginalmente.

La contingencia generada por la pandemia SARS-CoV-2 impactó de forma negativa a nivel global y la economía mexicana no se quedó atrás. A principios del mes de marzo algunos países empezaron a cerrar sus fronteras para evitar que visitantes extranjeros llevaran el virus y en consecuencia aumentarán más sus casos positivos. Los vuelos internacionales comenzaron a cancelarse provocando un choque negativo en varios estados del país, principalmente en aquellos con mayor actividad turística, tales como Baja California Sur, Jalisco, Ciudad de México y Quintana Roo; esta situación se reflejó en una reducción de un 1.3% en el indicador global de actividad económica de marzo (INEGI, 2020), y en los primeros cuatro meses del año, el turismo a nivel mundial disminuyó un 97% con respecto al año 2019 (OMT, 2020b).

De acuerdo con el INEGI (2020), tal como se observa en la figura 2.1, durante el periodo de enero a diciembre del año 2020 México registró 51 millones 128 mil visitantes, teniendo una fuerte caída del - 47.5% comparado con el año anterior en el que se registraron 97 millones 406 mil visitantes.

Figura 2.1. Visitantes internacionales que ingresaron al país durante los años 2017 y 2020.

Fuente. Elaboración propia con base en datos del INEGI.

Por su parte, el país presentó un ingreso de divisas para el mismo periodo, enero a diciembre del año 2020, de 24.3 millones de dólares, lo que implica una fuerte caída en el ingreso de divisas por este concepto; esta caída representó un fuerte contraste con lo experimentado en los últimos años, pues en los seis años anteriores solo se habían presentado variaciones crecientes en el ingreso de divisas por concepto de actividad turística.

Cuadro 2. 2. Visitantes internacionales que ingresaron a México e ingreso total anual.

Año	**Número de visitantes**	**Variación % anual de visitantes**	**Ingresos en dólares**
2018	96, 497, 026	157.2	41,312,720
2019	97 406 037	0.9	45,024,453
2020	51 128 042	-47.5	24,283,536

Fuente: Cuadro elaborado con datos extraídos de la base de datos de Visitantes internacionales que ingresaron y egresaron del país según el año del Turismo INEGI.

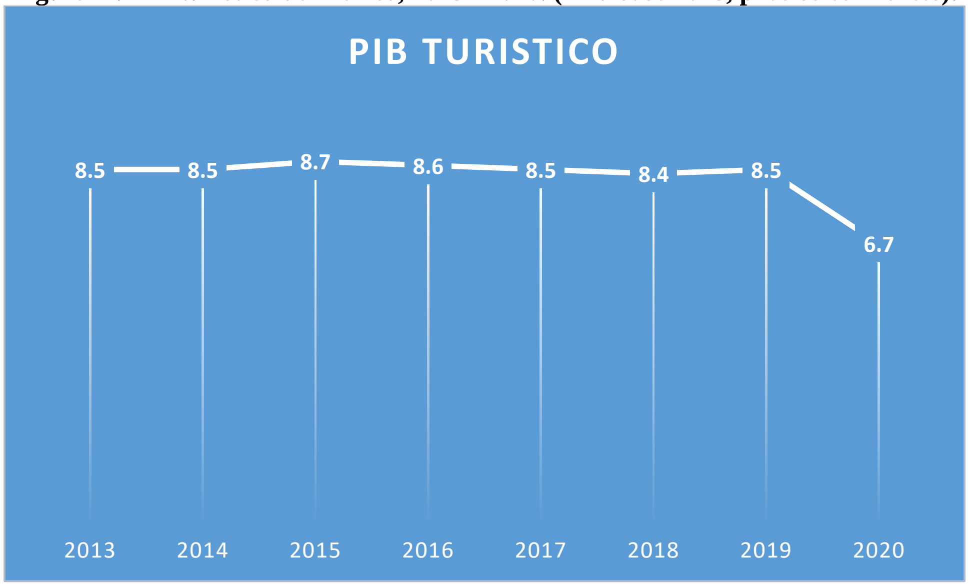
Los principales países de los que fueron provenientes los visitantes extranjeros fueron Estados Unidos, Canadá, Colombia y Brasil; por su parte, los destinos preferidos de estos visitantes fueron las ciudades de Cancún, Ciudad de México y los Cabos. La llegada de los visitantes estadounidenses disminuyó un 51% comparada con la afluencia de turistas del año anterior. Por lo que se refiere a los turistas de origen canadienses presentó una caída del menos 57.8%, datos presentados por el Indicador de Actividad Turística (2020).

Estas caídas de la actividad turística afectaron de manera negativa a la economía mexicana, la mayoría de los hoteles tuvo una ocupación inferior, comparada con la registrada en el 2019, así como los restaurantes, museos, comercios, centros nocturnos y zonas arqueológicas, lo que trajo consigo menores ingresos para las familias dependientes de estas actividades económicas.

El producto interno bruto turístico[7] en 2020 registro un monto de 1, 407, 107 millones de pesos, lo que representó una participación del 6.7% del PIB nacional.

[7] Es la suma total del valor añadido de los bienes y servicios generados por las industrias correspondientes al consumo turístico interior y el importe de los impuestos netos sobre los productos.

Figura 2. PIB turístico de México, 2013 - 2020. (Año base 2013, precios corrientes).



Fuente. Base de datos obtenida del INEGI (2020).

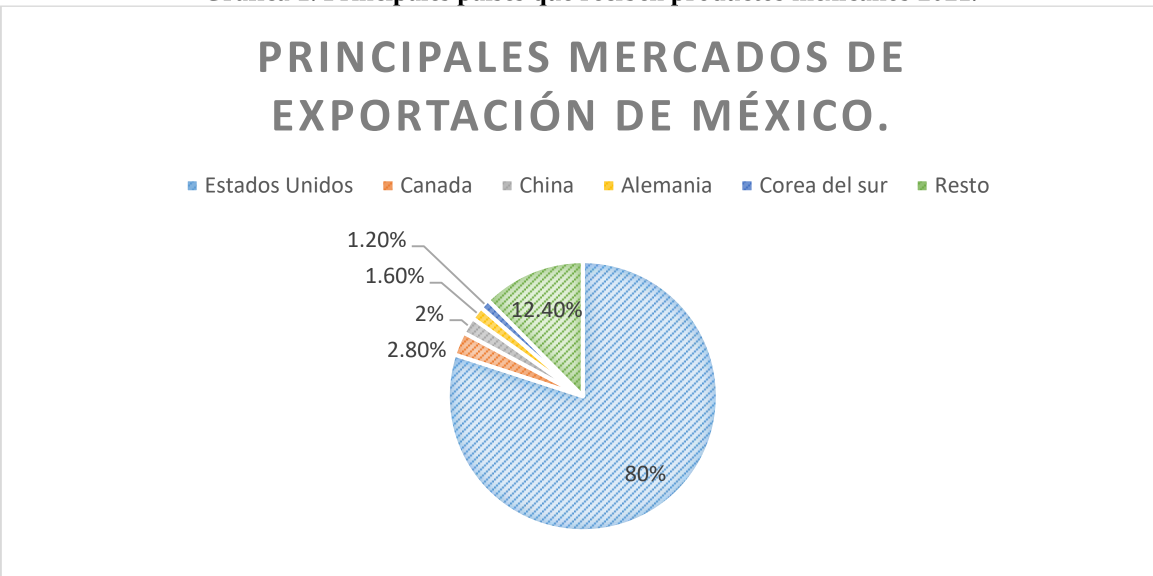
2.3.Impacto en la actividad económica.

El inicio del confinamiento en países europeos, asiáticos y americanos se reflejó en la primera interrupción importante del proceso de producción, esto fue especialmente problemático en los países estrechamente vinculados con las cadenas de valor globales; como resultado, en estos países se realizó una menor producción de bienes, y en todos los mercados se presentaron choques de oferta y demanda.

Una manera de ver cómo se rompieron las cadenas de suministro entre los países es observar qué sucedió con las importaciones y exportaciones entre los principales socios comerciales, antes y después de la pandemia. Por ejemplo, entre el año 2000 y el 2018, el comercio entre China y Latinoamérica aumentó de 12,000 millones de dólares a 306,000 millones de dólares.

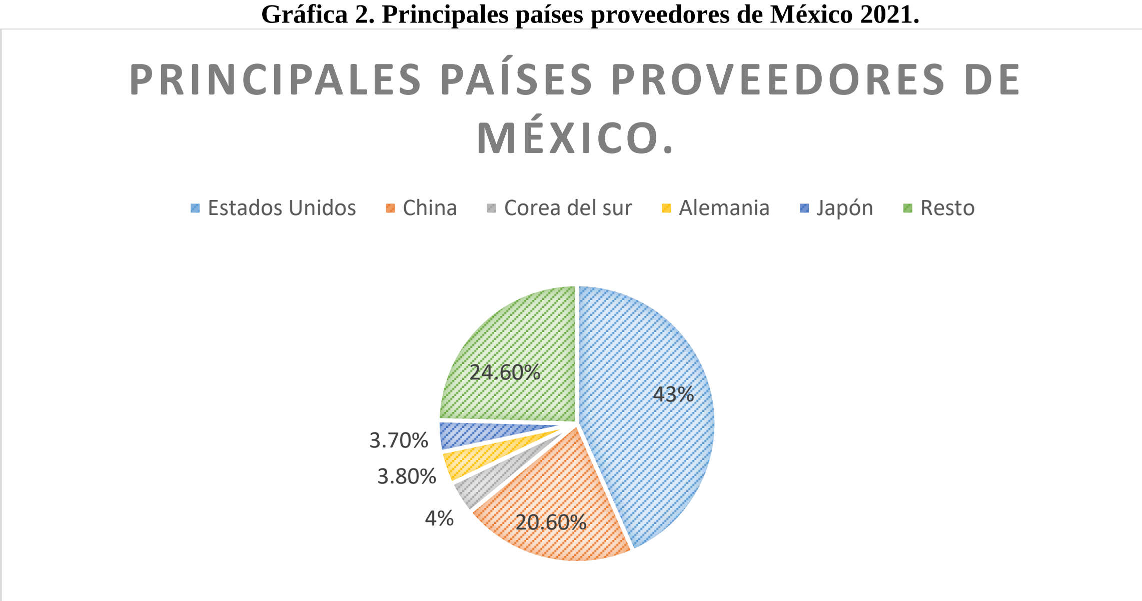
Para México, China es su segundo socio comercial en el mundo, después de Estados Unidos, y es también su tercer mercado de exportación, representando el 2% de exportaciones mexicanas por debajo de Canadá, que representa el 2.8%, y Estados Unidos que concentra el 80% de estas, de acuerdo con información de la Asociación Mexicana de Importadores y exportadores (ANIERM).

Gráfica 1. Principales países que reciben productos mexicanos 2021.



Fuente: Gráfica elaborado con datos presentados por la Asociación Nacional de Importadores y Exportadores de la República Mexicana.

Gráfica 2. Principales países proveedores de México 2021.



Fuente: Gráfica elaborado con datos presentados por la Asociación Nacional de Importadores y Exportadores de la República Mexicana.

En el año 2018 el intercambio comercial entre ambos países presentó un crecimiento superior a los 90,000 millones de dólares. En el año 2020, a pesar de la interrupción del comercio internacional por la pandemia, el comercio entre México y China registró una caída del solo un 9.54%, con lo que el total de exportaciones a China incrementaron de 6,957 a 7,809 millones de dólares, mientras que las importaciones presentaron una caída de 83,031 a 73,505 millones de dólares.

Cuadro 2. 3. Intercambio comercial entre México y China. (Millones de dólares).

Año	**Exportaciones**	**Importaciones**	**Total**
2013	6,468	81,321	87,789
2014	5,964	66,257	72,221
2015	4,873	69,992	74,865
2016	5,411	69,525	74,936
2017	6,713	74,150	80,863
2018	7,405	83,510	90,915
2019	6,957	83,031	89,988
2020	7,809	73,505	81,314

Fuente: Tabla elaborada por datos obtenidos de la Balanza Comercial de mercancías de México, INEGI.

En el mes de mayo del año 2020 el comercio mundial de bienes sufrió un decremento del 17.7%, con respecto al mismo mes del año 2019, y anualmente experimentó un decremento de menos 7.15%, de acuerdo con la Organización Mundial del Comercio. En México las exportaciones de bienes tuvieron una caída del 20.8%, de acuerdo con la Balanza Comercial de Mercancías de México (INEGI, 2020).

Por su parte, la exportación del sector agropecuario[8] sostuvo una caída del 6.4% y la exportación del sector manufacturero se desplomó un 59%. El valor de las exportaciones automotrices mexicanas cayó con una tasa anual del 90%, es decir, en valores nominales, pasaron de 13,162.1 millones de dólares a 1,306.9 millones de dólares entre 2019 y 2020 (INEGI, 2020).

Por otro lado, de las importaciones según el tipo de bien, en el mes de mayo del 2019 fueron, en bienes de consumo 5,250.6 millones de dólares mientras que en el año 2020 del mismo mes se registraron solo 2,316.9 millones de dólares, es decir, ocurrió un desplome del 55.87%; mientras que en lo referente a los bienes de uso intermedio y de capital se presentaron caídas del 46.6% y 38.4% respectivamente, (INEGI, 2020).

Conforme el tiempo iba pasando y se fue adquiriendo más conocimiento de la naturaleza de la enfermedad causante del confinamiento, la actividad económica de los países iba tomando su ritmo de manera parcial y lenta. De acuerdo con la Balanza Comercial de Mercancías publicada por INEGI, en México para septiembre del año 2020 las exportaciones e importaciones de bienes en México tuvieron una recuperación del 112% y 58.22%, con respecto al mes de mayo. En diciembre del mismo año se registraron 43,154.6 millones de dólares de exportaciones y 36,879.9 millones de dólares de importaciones, lo que representó un aumento del 11% y 8%, respectivamente, con relación al mes de septiembre.

[8] Este sector se refiere a todas las actividades que comprende el sector agrícola, ganadero o pecuario.

Cuadro 2. 4. Balanza Comercial de mercancías de México 2020. (Millones de dólares).

Año 2020	Exportaciones	Importaciones
Enero	33,580.8	36,062.0
Febrero	36,433.7	33,715.4
Marzo	38,310.3	34,995.9
Abril	23,222.7	26,457.1
Mayo	18,116.0	21,578.3
Junio	33,047.7	27,512.2
Julio	35,499.5	29,844.4
Agosto	37,001.1	30,845.7
Septiembre	38,539.7	34,142.6
Octubre	41,950.8	35,694.8
Noviembre	38,313.7	35,257.5
Diciembre	43,154.6	36,879.9

Fuente: Base de datos extraída del INEGI.

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020) informó que el producto interno bruto (PIB) de México registró un decremento del menos 4.1%, a precios constantes, durante el primer trimestre del 2020, con respecto al trimestre precedente. Por su parte, el PIB de las actividades secundarias, mismas que corresponden a producción de las industrias de la construcción, minería, manufacturas y de electricidad, registró un incremento de un 1.02%. Mientras que las actividades terciarias, que conciernen al comercio, transportes, almacenamientos, entre otros servicios, se redujo un 5.2%. Finalmente, las actividades primarias, referentes a la agricultura, cría y explotación de animales, entre otras similares, disminuyeron un 17%.

De forma anual el PIB presentó un retroceso del menos 0.87%, el PIB de las actividades secundarías disminuyó 1.79% y el de las terciarias presentó una caída del 0.19%, el de las actividades primarias bajaron un menos 1.2%.

En el segundo trimestre del año 2020, la caída del PIB fue de un 17%; solo en el mes de abril la actividad económica tuvo una caída mensual del 17.3% con respecto al mes de marzo de acuerdo con el Indicador Global de la Actividad Económica (IGAE), siendo la caída más grande de la historia presentada en tan solo un mes.

Su variación porcentual real en comparación con el mismo trimestre del año 2019 fue de un retroceso del 18.7%, el PIB de las actividades primarias disminuyó un 2.96%, el de las secundarias presentó una caída del 24.52% y las actividades terciarias descendió un 16.47%.

En el tercer trimestre del año 2020, el PIB mostró un aumento de 12% con respecto al trimestre precedente, las actividades primarías presentaron una caída del 12.3%, las secundarías pasaron de un decremento del 24.52% a un crecimiento del 22.3% y las actividades terciarias incrementaron un 9.13%.

Mientras que de forma anual en el mismo trimestre se presentó un retroceso real del menos 8.41%, mayor al comparado con el año 2019 que fue del 0.12%.

En el cuarto trimestre el PIB aumentó un 7.26% y en su comparación anual retrocedió un 4.3%. Durante el 2020, de acuerdo con el INEGI, el PIB registró a precios constante una caída del 8.05% con relación al año 2019, siendo la caída -1.9% mayor que el pronóstico realizado por el Banco de México.

Cuadro 2. 5. Producto Interno Bruto. Precios constantes. Base año 2013. (Millones de pesos).

Año/Trimestre	PIB	A. Primaria	A. Secundaria	A. Terciaria
2019	18,483,180	592,490	5,304,864	11,768,705
2019T1	18,237,313.08	575,787.12	5,348,643.15	11,512,279.05
2019T2	18,461,456.68	607,732.69	5,313,785.97	11,740,055.22
2019T3	18,371,468.37	493,860.01	5,357,737.97	11,699,580.71
2019T4	18,862,482.92	692,581.63	5,199,290.13	12,122,903.31
2020	16,993,932	594,400	4,798,972	10,890,604
2020T1	18,078,352.77	568,700.84	5,252,831.36	11,490,350.95
2020T2	15,023,632.13	589,701.72	4,010,536.18	9,806,869.60
2020T3	16,825,282.57	517,173.02	4,904,834.21	10,703,035.16
2020T4	18,048,458.68	702,024.20	5,027,686.30	11,562,162.02

Fuente: Datos obtenidos del Sistema de Información Económica, BANXICO, INEGI.

Al inicio del año 2021 se tenía la previsión de una mejora en las condiciones económicas y de la contingencia sanitaria, derivado de la creación de vacunas que ayudarían a combatir al virus Covid-19. El 23 de diciembre del año 2020, México recibió sus primeras dosis de vacunas, y con la protección que representaba esto para la población, muchas empresas empezaron a abrir y a reanudar sus actividades de manera gradual o total.

Como resultado de este avance en el combate de la enfermedad, el PIB en el primer trimestre del 2021 disminuyó solo un 3.7%, con respecto al precedente, según datos presentados por el INEGI, mientras que en las actividades terciarias disminuyó en un 4.47%, por su parte, las secundarias registraron un aumento del 0.89% y el PIB de las actividades primarias experimentó una caída del 19.8%.

Cuadro 2. 6. Producto Interno Bruto 2021. Precios constantes. (Millones de pesos, base 2013).

Año/Trimestre	PIB	A. Primaria	A. Secundaria	A. Terciaria
2021	17,806,663	607,754	5,104,564	11,341,935
2021T1	17,382,337.20	563,066.68	5,072,431.55	11,044,935.60
2021T2	18,013,549.79	622,706.48	5,090,826.65	11,568,142.17
2021T3	17,579,754.18	510,677.10	5,140,788.75	11,162,875.25
2021T4	18,251,012.60	734,565.52	5,114,207.97	11,591,787.88

Fuente: Base de datos extraída de BANXICO e INEGI.

Luego de mucho tiempo registrando caídas sucesivas, en el cuarto trimestre del 2021 el PIB registró una variación porcentual anual positiva del 1.12%; lo mismo sucedió con las actividades primarias, secundarias y terciarias, pues presentaron una variación del 4.6%, 1.72% y 0.25% respectivamente.

Para finales del año 2021, también se presentó una ligera recuperación, de acuerdo con la Balanza Comercial de Mercancías de México, las exportaciones presentaron un crecimiento del 10.5% y las importaciones aumentaron un 27.7%, con respecto al año 2020.

Cuadro 2. 7. Balanza Comercial de mercancías de México 2021. (Millones de dólares).

Año 2021	Exportaciones	Importaciones
Enero	32,716.0	33,910.7
Febrero	36,213.2	33,486.2
Marzo	43,030	45,974.5
Abril	40,944.5	39,259.7
Mayo	40,845.6	40,458.7
Junio	42,619.4	41,909.4
Julio	40,953.0	44,950.6
Agosto	40,471.4	44,215.6
Septiembre	41,754.7	44,078.5
Octubre	41,859.3	44,658.1
Noviembre	45,651.8	45,698.7
Diciembre	47,705.7	47,102.5

Fuente: Base de datos extraída del INEGI.

2.4. Impacto sobre el empleo.

Ante los posibles escenarios catastróficos en la salud de las personas y los problemas que las instituciones de salud de México podrían enfrentar, debido a la gran facilidad de contagio del Covid-19, el 20 de marzo del año 2020 el gobierno creó y presentó la jornada nacional de sana distancia con el propósito de frenar la propagación del virus; por su parte, el 26 de marzo se suspendieron las actividades no esenciales del gobierno, y además se recomendó el lavado constante de manos, el uso de cubre bocas y la limpieza continua de las áreas de uso público.

Luego, el 30 de marzo, los casos confirmados y las muertes aumentaron de manera exponencial causando una emergencia de salud nacional y se establecieron medidas adicionales tales como la suspensión inmediata de actividades no esenciales en todos los sectores económicos del país durante un mes y así regresar de manera escalonada para el 30 de abril del mismo año. No obstante, ante la gravedad en los incrementos de muertes y contagios, esto no pudo ser posible, por lo que varias industrias manufactureras y de servicios tuvieron que cerrar temporalmente o de forma total, o tuvieron que reducir su tiempo de servicio para garantizar el aislamiento social.

Esto llevo a que la mayoría de las empresas no percibiera los mismos ingresos de antes, pero si debían continuar con sus mismas obligaciones fiscales, patronales y con sus contribuciones al IMSS; por esta razón, muchas de ellas, debido a que ahora sus obligaciones eran mayores a sus ingresos, se vieron en la necesidad de recortar sus planes de expansión, reducir su capacidad operativa o cerrar de manera definitiva, lo que afectó a una gran parte de la población económicamente activa y en especial a la población ocupada.

De acuerdo con la Encuesta Mensual de la Actividad Económica Regional, realizada por el Banco de México entre los meses de marzo a junio del año 2020, se reportó que al menos un 52% de las empresas del sector manufacturero y un 60% del no manufacturero tuvieron un cierre parcial o total de sus actividades.

Por su parte, el gasto de las familias se vio afectado mediante dos vías, por el lado de la oferta y demanda. Por parte de la oferta, la producción disminuyó considerablemente debido a que se perdieron muchos empleos durante la contingencia a causa del cierre parcial o total de cada empresa mexicana, y también por la reducción de muchos puntos laborales.

Esto también afectó a países como China, uno de los mayores productores de bienes en la economía global, estos efectos adversos enfrentados por la economía china provocaron la interrupción de las cadenas globales de valor, tal como lo hemos mencionado anteriormente; por supuesto, esto impactó de forma negativa en la producción de bienes de consumo final en la mayoría de los países y México no fue la excepción.

Por el lado de la demanda de bienes, debido al confinamiento, los ciudadanos dejaron de consumir muchos de los productos no esenciales y solo adquirían productos de la canasta básica o únicamente los necesarios para vivir. También dejaron de consumir servicios entretenimiento o de esparcimiento, porque la mejor opción era quedarse en casa para evitar que los contagios y las muertes aumentaran.

La reducción en los empleos también impactó de forma negativa a la demanda de bienes y servicios, esto debido a que si se cuenta con una menor actividad por parte del trabajo se ocasiona que gran parte de las familias, especialmente aquellas que pertenecen a los estratos más bajos de la distribución del ingreso, cuenten con un menor ingreso reduciendo el consumo de muchos tipos de bienes y servicios ofrecidos por las industrias y los comercios.

Para México la caída de la actividad económica presentó efectos negativos en la ocupación laboral, por ejemplo, para el último trimestre del año 2019 la población económicamente activa ocupada fue de un 58.4% de la población total con 15 años y más, es decir, aproximadamente 55,345,261 mexicanos contaban con algún empleo.

Para el primer trimestre del año 2020 la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) realizada por el INEGI reportó que la población en México era de 126, 661, 703 de personas de las cuales el 43% representaba a la población económicamente activa, 262,891 personas menos que en el trimestre anterior; además esta caída de la PEA fue de la mano con una tasa de desempleo de 3.7%.

En el periodo de marzo a junio del 2020, de acuerdo con el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), se perdieron un poco más de 1.1 millones de empleos formales, proyectando una reducción de menos 5.4%. Por sector, las ramas que presentaron mayor pérdida de empleos fueron los servicios para empresas, personas y el hogar, con 279.6 mil empleos perdidos, la industria de la construcción que registró pérdidas de 229.4 mil empleos y la industria de la transformación que tuvo 185.2 mil empleos menos.

Para el periodo de abril a junio del 2020, de acuerdo con la Encuesta Nacional de Empleo (INEGI), se observó una caída porcentual de menos 19.20%, de la población económicamente activa ocupada, pasando de 55,345,261 de personas que se contaba en el primer trimestre del 2020, a solo 44,715,068 de personas.

Cuadro 2. 8. Población económicamente activa en México.

Trimestre	Población económicamente activa total.	Población económicamente activa ocupada.	Población económicamente activa desocupada.
2019T1	55,578,352	53,714,758	1,863,594
2019T2	56,547, 664	54,549,769	1,997,895
2019T3	56, 976, 075	54,848,407	2,127,668
2019T4	57, 277, 858	55,345,261	1,932,597
2020T1	57, 014, 967	55,058,450	1,956,517
2020T2	46, 978, 848	44,715,068	2,263,781
2020T3	53, 571, 791	50,810,713	2,761,078
2020T4	55, 653, 440	53,124,071	2,529,369

Fuente: Datos obtenidos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (INEGI).

Por otra parte, el 83.7% de todos los empleos formales perdidos fueron de trabajadores con niveles de ingreso bajos, los cuales recibían entre 1 y 2 salarios mínimos.

El ingreso laboral de los sectores de mayores ingresos disminuyó en menor magnitud en comparación con los grupos con un nivel menor de ingresos, esto se debe a que los hogares con mayores ingresos tienen más oportunidades y posibilidades de laborar desde una ubicación externa a su lugar de trabajo, como su hogar, y así adaptarse más fácilmente a la nueva modalidad de trabajo que se implementó, conocida ahora como *Home Office*, lo que les permitió conservar su empleo e ingresos.

De acuerdo con el INEGI, la tasa de ocupación para el primer trimestre del año 2020 fue de 57.86% y para el segundo pasó a una tasa de ocupación del 46.88%, porcentajes de acuerdo a la PEA.

Para el tercer trimestre del año 2020 la población económicamente ocupada presentó un aumento de 13.63%, y en los meses del trimestre se registró una tasa de desocupación de 5%, 4.9% y 4.8% respectivamente, notándose las pequeñas caídas con respecto a la tasa registrada en junio de 5.5%.

Aunque hubo recuperación la tasa de desocupación aún era mayor que la registrada al inicio del año, causando decrementos en los ingresos de los hogares que tienen a los salarios como su principal fuente de ingresos. Por ejemplo, según datos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos (ENIGH), en el año 2018 alrededor del 74% de los ingresos totales de los hogares provenían del empleo.

Con la difícil situación económica que se vivía y consecuente reducción de personal ocupado, en distintas cadenas productivas hubo desabasto de insumos y materias primas, lo que afectó la producción de bienes finales. Las principales afectaciones que enfrentaron las empresas fueron la menor disponibilidad de efectivo, la disminución de sus ingresos, la disminución de la demanda y cancelación de pedidos.

De acuerdo con la Encuesta sobre el Impacto Económico Generado por COVID-19 en las Empresas (ECOVID-IE, 2020), publicada por el INEGI, de un total de 1,873,564 empresas encuestadas, el 59.6% de ellas presentaron paros técnicos de 21 días o más.

En promedio, para el periodo del 7 de mayo al 12 de junio del 2020, las empresas encuestadas tuvieron una caída del 56.3% de sus ingresos, una disminución del 54.6% de su demanda de productos y una escasez de insumos del 44%. Por su parte, para el periodo del 1 de septiembre al 2 de octubre del mismo año las afectaciones tuvieron una pequeña recuperación, ya que los ingresos presentaron una disminución del 48.6%, la demanda de sus productos sufrió un decremento del 47.9% y la escasez de insumos fue de 41.6%, (ECOVID-IE, 2020).

Cuadro 2. 9. Efectos del confinamiento por COVID-19 en las empresas mexicanas.

Periodo	Presentaron paros técnicos.	Presentaron disminución de ingresos.	Presentaron disminución de demanda.	Presentaron escasez de insumos.
7 de mayo – 12 de junio 2020.	1, 116, 644 (59.6%)	1, 594, 403 (85.1%)	1, 266, 529 (67.6%)	592, 046 (31.6%)
1 de septiembre – 2 octubre 2020.	432, 793 (23.1%)	1, 483, 862 (79.2%)	959, 264 (51.2%)	427, 173 (22.8%)

Fuente. Elaboración propia con base en datos de la Encuesta sobre el Impacto Económico Generado por COVID-19 en las Empresas (ECOVID-IE), INEGI.

Cuadro 2. 10. Porcentaje de afectación del confinamiento por COVID-19 en las empresas mexicanas.

Periodo	Reducción de personal.	Disminución de ingresos.	Baja demanda	Escasez de insumos y/o productos.
7 de mayo – 12 de junio 2020.	44.9%	56.3%	54.6%	44%
1 de septiembre – 2 octubre 2020.	40.5%	48.6%	47.9%	41.6%

Fuente. Elaboración propia con base en datos de la Encuesta sobre el Impacto Económico Generado por COVID-19 en las Empresas (ECOVID-IE), INEGI.

En diciembre del 2020 varias entidades volvieron a un semáforo epidemiológico rojo causando esto un nuevo cierre de centros comerciales, restaurantes, suspensión temporal de actividades económicas y un distanciamiento social implícito. Aunque de nuevo la situación tuvo un pequeño retroceso, para el último trimestre del 2020, la población económicamente activa ocupada fue de 53,124,071 de personas, lo que registró un incremento de 18.8% con respecto al segundo trimestre del mismo año.

La tasa de informalidad laboral para el cuarto trimestre del 2020 fue de 55.6% y la tasa neta de participación[9] se registró en un 57.4%, menor a la del mismo trimestre del año 2019 que fue de 60.3%, de acuerdo con datos presentados la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, INEGI.

Desde el mes de mayo del 2021 varios estados de la República Mexicana se situaron en un semáforo verde dando como resultado una mayor reapertura de la actividad económica, principalmente en los servicios como restaurantes, cines, plazas comerciales, eventos sociales, gimnasios, entre otros; por otro lado, los servicios financieros y de transportes continuaban con rezagos relevantes para esas fechas.

Durante el tercer trimestre del año 2021 el PIB presentó una disminución del 2.4%, medida en términos reales, con respecto al trimestre precedente, tal como se observa en el cuadro 2.6, esta caída se explica debido a que la actividad económica se vio afectada nuevamente por un repunte en los contagios por Covid-19, durante los meses de julio y agosto.

En el año 2021, el PIB experimentó un alza del 4.78% en términos reales, comparado con los datos del año 2020.

Con la ayuda de las vacunas y la consecuente apertura de actividades económicas en México, el INEGI inicio de nuevo con las entrevistas y censos mediante la ENOE-nueva edición, y de acuerdo con esta encuesta, entre el segundo trimestre y el tercer trimestre del año 2021 el mercado laboral registró una gran recuperación.

[9] Es el porcentaje de personas mayores de 15 años que participan en el mercado laboral.

Según el INEGI, a través de la ENOE-nueva versión, la población económicamente activa ocupada durante el tercer trimestre del 2021 fue de 55,836,230 habitantes, lo cual implica un aumento del 9.89% con respecto al mismo trimestre del año 2020. Al término del mismo trimestre, el IMSS reportó un incremento del número de trabajadores asegurados, a un poco más de 20 millones, lo que representó un alza de un 4.53%. La tasa de desempleo nacional se posicionó en 3.9% para el mismo trimestre del 2021, misma que representó una mejoría.

Cuadro 2. 11. Población económicamente activa ocupada en México 2021.

Periodo	Población económicamente activa ocupada.
2021T1	52,973,270
2021T2	55,242,748
2021T3	55,836,230
2021T4	56,611,211

Fuente: Datos obtenidos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (INEGI).

2.5. Política Fiscal y Monetaria en México

Uno de los roles más importantes que tiene el gobierno de cualquier país es mantener bajo control las fluctuaciones o perturbaciones económicas que lleguen a provocar efectos adversos a su población. Dos de los mecanismos con los que cuenta el gobierno en esta tarea son las políticas fiscal y monetaria. Cuando el país enfrenta escenarios difíciles, como el aumento del desempleo y el quiebre de negocios, el gobierno puede implementar una política fiscal basada en el aumento del gasto público, en una reducción de impuestos y también intentar dar estímulos a la inversión privada.

En el primer año de pandemia, la política pública tuvo retos importantes, tales como conseguir un incremento del gasto en el sistema de salud, con el objetivo de dar frente a los problemas causados por la enfermedad en la población, también se requirió de la asignación de recursos a las empresas afectadas por el confinamiento y a las personas más vulnerables, lo que se consiguió a través de los programas de bienestar, así como mediante la inversión pública en proyectos de infraestructura; el fin último de estos programas fue contener la caída en la tasa de ocupación y, con el paso del tiempo, ayudar a la creación de nuevos puestos de trabajo, (Finanzas Públicas, 2021, "Criterios Generales de Política Económica para la iniciativa de ley de ingresos y el proyecto de presupuesto de egresos de la federación correspondiente al ejercicio fiscal.").

Por otra parte, el gobierno mexicano enfatizó mucho en dar un uso correcto al gasto público, atendiendo las principales necesidades del sector salud, el bienestar social y la actividad económica. Se establecieron estrategias como el manejo moderado en los pasivos del sector público y el uso de activos financieros para esquivar un endeudamiento adicional manteniendo solidas las finanzas públicas del país a finales del 2020.

Además, la recaudación tributaria del gobierno federal al cierre del año 2020 tuvo un crecimiento del 11.93%, respecto a la recaudación del 2019, de acuerdo con datos presentados por el SAT.

Cuadro 2.12. Recaudación de ingresos tributario del Gobierno Federal.

Año 2020	Total de ingresos tributaros.	Año 2019	Total de ingresos tributarios.
Enero	364,601	Enero	318,497
Febrero	263,753	Febrero	259,254

Marzo	376,380	Marzo	280,245
Abril	273,117	Abril	315,547
Mayo	221,602	Mayo	252,267
Junio	249,386	Junio	268,289
Julio	255,387	Julio	264,158
Agosto	258,283	Agosto	244,371
Septiembre	242,643	Septiembre	242,880
Octubre	256,561	Octubre	239,800
Noviembre	262,560	Noviembre	236,214
Diciembre	314,671	Diciembre	281,128
Total	3,338,944	Total	3,202,650

Fuente. Elaboración propia con base en datos del Servicio de Administración Tributaria.

.

En lo referente a la contratación de deuda pública el gobierno mexicano se mostró flexible frente a los retos que presentaba la pandemia. Respecto a la deuda interna, se realizaron operaciones de permutas para proveer liquidez y de esta forma proporcionar un buen manejo del mercado local. Para noviembre del 2020 y de acuerdo con el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP), la deuda interna fue de 8,063,923.9 millones de pesos.

Por parte de la deuda externa, se amplió la cartera de inversionistas y se llevaron a cabo operaciones innovadoras de financiamiento, esto implicó que para el mes de noviembre del año 2020 el país tuviera una deuda externa de 4, 581, 035.8 millones de pesos, (CEFP, 2020).

Por lo que ocupa a la política monetaria, se buscó fortalecer los canales de otorgamiento de crédito y de esta manera solventar liquidez para el desarrollo del sistema financiero.

De acuerdo con el Banco de México, en abril del 2020 la inflación registró un valor históricamente bajo para el país, situándose en 2.15%, esto tuvo como principal determinante la disminución de los precios de los energéticos.

Cuadro 2.13. Variación en el precio de bienes y servicios medidos por el INPC 2020.

Inflación Medida por INPC. (anual)			
2020	Índice general	Subyacente	No subyacente
Enero	3.24	3.73	1.81
Febrero	3.7	3.66	3.81
Marzo	3.25	3.6	2.19
Abril	2.15	3.50	-1.96
Mayo	2.84	3.64	0.35
Junio	3.33	3.71	2.16
Julio	3.62	3.85	2.92
Agosto	4.05	3.97	4.30
Septiembre	4.01	3.99	4.10

Inflación Medida por INPC. (anual)			
2020	Índice general	Subyacente	No subyacente
Octubre	4.09	3.98	4.42
Noviembre	3.33	3.66	2.33
Diciembre	3.15	3.80	1.18

Fuente: Cuadro elaborado con datos obtenidos del Banco de México.

Como se observa en el cuadro 2.12, a partir del mes de mayo la inflación empezó aumentar, lo cual coincide con el primer intento de reapertura de distintas actividades económicas, esta presión en la demanda de bienes y servicios causó que la inflación subyacente y no subyacente comenzara a mostrar una dinámica creciente, no obstante, al cierre del 2020 disminuyó a un 3.15%, lo cual también coincide con el incremento de casos por Covid-19 de la segunda ola.

El Banco de México trató de llevar a cabo una política monetaria oportuna y prudente con el objetivo de que la inflación no se alejara de su meta y también para intentar mantener en orden a los mercados financieros nacionales e impulsar la actividad económica.

Para el año 2021, especialmente en el mes de septiembre, la inflación medida por el Índice Nacional de Precios al Consumidor se registró en 6%, en octubre fue del 6.24%, en noviembre del 7.37% y en diciembre fue de 7.36%, lo cual evidencia un incremento considerablemente alto, ya que en los meses de junio, julio y agosto fueron del 5.88%, 5.81% y 5.59%. Cuando la inflación es positiva significa que los precios de los productos básicos aumentaron, y cuando es negativa o decrece, significa que los precios de los productos disminuyen o tienen un incremento menor.

El Banco de México, reportó que para finales del año 2021 el peso cerró en 20.56 pesos por dólar, es decir, tuvo una apreciación del 6.6% con respecto al valor del tipo de cambio del año anterior, pues a finales del mismo mes el peso cerró en 22.14 pesos por dólar.

La tasa de interés, medida en Cetes de 28 días, para el primer trimestre del 2021 fue de 3.97%, para el segundo trimestre tuvo una tasa del 4.32%, en el tercero fue del 4.84% y para el cuarto trimestre se registró una tasa del 5.53%, siendo esta última mayor a la que se tuvo en el mismo trimestre del año anterior, la cual fue del 4.22%, Banxico (2021). Estos incrementos de la tasa de interés se realizaron con el objetivo de tratar de contener las presiones inflacionarias presentes en la economía mexicana.

La economía en el mundo se ha ido sobreponiendo a un ritmo heterogéneo, el proceso de vacunación representó una herramienta muy importante para la recuperación económica. Especialmente rápida fue la recuperación de los países de primer mundo, debido al acelerado proceso de vacunación y la consecuente reducción de la intensidad en la aplicación de las medidas de confinamiento social.

La economía mexicana presentó signos de recobrarse desde el segundo trimestre del 2021, cuando muchas empresas y comercios locales fueron reabriendo parcialmente hasta llegar a la apertura total; esto favoreció a la recuperación de los empleos perdidos al inicio de la pandemia y la creación de nuevos empleos. A partir de esa fecha se fueron reabriendo establecimientos de servicios, escuelas, y otros lugares de esparcimiento social, lo que se reflejó en un incremento del consumo de bienes y servicio por parte de las familias mexicanas, y dio lugar a los primeros pasos en torno a la reactivación de la economía mexicana.

2.6. Conclusiones.

El COVID-19 generó una pandemia difícil para el mundo, por tratarse de una enfermedad nueva no se contaba con el conocimiento ni los recursos para enfrentarla, lo que llevo a los gobiernos a tomar medidas graduales que afectaron a la actividad económica.

La economía de México es diversificada y en su desarrollo el turismo es una pieza importante, por ello uno de los primeros impactos que tuvo la economía mexicana fue la reducción de cierto tipo de actividad económica debido a la falta de turistas, esto registró una disminución en el ingreso de divisas por este concepto, y también causó una caída de ingresos provenientes de los servicios locales como hoteles, restaurantes, comercios, entre otros.

Otro impacto que presentó la economía fue el choque de oferta y demanda en los mercados provocado por la interrupción de producción en países vinculados a cadenas de valor global. En el mes de mayo del 2020, las exportaciones e importaciones en México registraron caídas del 46.05% y 40.16%, con respecto al mes de enero del mismo año.

Por otro lado, el confinamiento generado por la contingencia y la jornada nacional de sana distancia, tuvo impactos negativos en el año 2020, con la restricción de quedarse en casa y el cierre parcial y total de empresas y servicios para frenar los contagios, se perdieron empleos, la demanda de productos disminuyó, los precios energéticos bajaron y la inflación registró una caída en los meses de abril y mayo. Todo ello ocasionó que el PIB mantuviera una caída durante los primeros dos trimestres del 2020, lo que representó una recesión económica, en la que disminuyó el empleo y la inversión.

La prioridad del gobierno mexicano fue atender las necesidades del sector de salud público, el bienestar social y la actividad económica por medio de las políticas fiscal y monetaria, algunas estrategias que implementaron fueron, el manejo moderado de la deuda del sector público, enfrentando el déficit público con el uso de activos financieros, el fortalecimiento de los canales de otorgamiento de crédito, la ampliación de la cartera de inversionistas, entre otros, con el objetivo de enfrentar la enfermedad, mantener solidas las finanzas públicas, solventar liquidez para el desarrollo financiero, aumentar el empleo y mejorar el manejo del mercado local.

Gracias a los avances y creación de vacunas la sociedad ha salido adelante, la reapertura de mercados internacionales, empresas, establecimientos, vuelos, y lugares de esparcimiento cultural, han ayudado a que la actividad económica se recupere, es posible que sea difícil igualar o mejorar la estabilidad económica que se tenía previo a la pandemia, pero si se crean buenas estrategias por parte del gobierno y el pueblo mexicano hace lo propio, seguramente la economía mexicana crecerá de manera efectiva y constante.

Capítulo 3

Marco Metodológico

3.1.¿Qué es una serie de tiempo?

Hoy en día las series de tiempo juegan un papel muy importante en la mayoría de las ramas de la ciencia, entre ellas, la sociología, la ingeniería y la economía, debido a que en ellas existen variables que se analizan o se miden de manera ordenada cronológicamente. Entre estas encontramos al producto interno bruto (PIB), cuyo comportamiento pasado ayuda a entender y pronosticar su evolución.

Pero este tipo de análisis no es solamente de tiempos actuales, en años anteriores los babilonios habían utilizado las series de tiempo de manera informal, ellos plantearon que los fenómenos astronómicos aparecían de forma periódica, gracias a ello y con ayuda de las matemáticas realizaron sus predicciones a través del uso de las series temporales y de las ubicaciones de los planetas, constelaciones y estrellas estimando acontecimientos astronómicos, Kirchgässner G., Wolters J. (2007). Introduction to Modern Time Series Analysis, (p. 2).

Con el transcurso de los años el estudio de las series temporales avanzó y se fueron estableciendo definiciones y supuestos que han ido ayudando al análisis de estas. Warren M. Pearson (1919) publicó un artículo sobre el estudio y pronóstico de la economía en Estados Unidos en el que señaló que una serie de tiempo se podía descomponer en cuatro tipos de variaciones que son la tendencia, el ciclo económico, el ciclo estacional y las fluctuaciones irregulares.

La tendencia es la manera en que se comporta o mueve una serie temporal a través del tiempo, es decir, creciente o decreciente. Los ciclos económicos reflejan cómo suceden los periodos de prosperidad financiera con respecto a las crisis o desaceleración económica. El ciclo estacional es un conjunto de periodos dentro de otro, donde las series tienen un comportamiento similar, por ejemplo, hay ocasiones en las que los datos mensuales o trimestrales muestran el mismo comportamiento durante un semestre o un año. Por último, las fluctuaciones irregulares son factores que impactan o afectan a la serie, pero son impredecibles.

En la actualidad, los economistas o estadísticos utilizan el análisis de series de tiempo para estimar el valor de variables macroeconómicas de su interés, con la finalidad de entender el comportamiento de la actividad económica y así tomar buenas decisiones que conlleven, por ejemplo, a estimular el crecimiento económico de un país.

Una serie de tiempo es una sucesión de un conjunto de datos u observaciones cuantitativas, ordenadas cronológicamente, acerca de las características de una variable estudiada en diferentes momentos del tiempo.

Los datos u observaciones de una serie se expresan como:

$$\mathrm{Y}_1, \mathrm{Y}_2, \mathrm{Y}_3, \dots \dots .., \mathrm{Y}_{\mathrm{T}}. \qquad (3.1)$$

donde los subíndices 1, 2, 3,…, T, son los instantes en el tiempo en que fue observada la variable.

Las series temporales usualmente tienen una periodicidad anual, mensual, semestral, semanal, etc., dependiendo del periodo de tiempo en que los datos de la variable fueron obtenidos. Por ejemplo, las series del PIB suelen tener una periodicidad anual y trimestral.

Cuando los datos se obtienen en periodos continuos, o muy pequeños, se considera que la serie de tiempo es continua, si por el contrario se obtienen en intervalos de tiempo homogéneos con observaciones acumuladas en ellos, se dice que la serie es discreta.

Cuando los valores futuros se determinan de manera exacta, por ejemplo, por una función matemática, se considera a la serie de tiempo como determinista, pero si sus valores futuros se estiman de modo parcial por su historia pasada y no de manera exacta, entonces se dice que sus valores tienen una distribución de probabilidad condicionada a valores pasados, y estas series son no deterministas o estocásticas.

En el modelo clásico de regresión lineal, se estima que las perturbaciones estocásticas no están asociadas a la tendencia, el ciclo económico y el ciclo estacional, y solamente impactan a los residuos. Por lo que se pensaba a la serie como un proceso estocástico puro, es decir, con variables aleatorias independientes, esperanza cero y varianza constante. Pero en el enfoque moderno no se considera lo mismo, en este modelo se establece que si existen impactos estocásticos en cada uno de los componentes de una serie temporal y así toda la serie se considera como una realización de un proceso estocástico.

Un proceso estocástico se puede definir como una secuencia de variables aleatorias $\{Y_t\}$, ordenadas cronológicamente, donde el índice t corresponde a instantes en el tiempo. Las observaciones y características de cada variable aleatoria a través del tiempo forman una serie de tiempo. Peña, Daniel (2005). Análisis de series temporales. Madrid, España: Alianza Editorial.

Un proceso estocástico se expresa como:

$$Y_{-2}, Y_{-1}, Y_0, Y_1, Y_2, Y_3, \ldots \ldots \ldots, Y_T, Y_{T+1}. \qquad (3.2)$$

donde los subíndices son los valores de tiempo.

El análisis de series temporales ayuda a obtener información histórica sobre una unidad de estudio para entender su pasado y así realizar pronósticos sobre sus valores futuros. Para ello es importante conocer las características de sus componentes mediante una representación gráfica, en la que se observa el comportamiento que tiene.

3.1.1. Series estacionarias.

Las series de tiempo presentan algunas variaciones dentro de sus periodos de tiempo, por ejemplo, la venta de helados o raspados de hielo tienden a ser mayor en los tiempos de calor, mientras que en invierno disminuye debido a que la temperatura baja, estos efectos se miden y se conocen como efectos estacionarios.

Una serie de tiempo es estacionaria cuando su media y varianza son constantes a lo largo del tiempo. Es fácil observar este tipo de series mediante una gráfica, debido a que sus valores suelen oscilar alrededor de su media, y su varianza con respecto a la media es constante. Las series de este tipo siempre se presentan estables, por lo que no se aprecian grandes cambios tales como aumentos y disminuciones a través del tiempo. La covarianza entre dos valores de una serie estacionaria depende solo de su diferencia y no del momento real en que se observan.

De acuerdo con Carter (2011), una serie de tiempo Y_T es estacionaria si para todos sus valores en cada momento del tiempo se cumplen:

$$E(Y_t) = \mu \qquad (3.3)$$

$$var(Y_t) = \sigma^2 \qquad (3.4)$$

$$cov(Y_t, Y_{t+m}) = cov(Y_t, Y_{t-m}) = \gamma_m \qquad (3.5)$$

Donde μ y σ^2 son constantes y γ_m solo depende de m y no de t.

3.1.2. Series no estacionarias.

Una serie de tiempo se considera no estacionaria cuando su media y su variabilidad cambian a lo largo del tiempo. Cuando la media no es constante, es decir, se va transformando con el tiempo, se presenta una tendencia de incrementos y decrementos a través del tiempo, ocasionando que la serie no oscile sobre un valor constante o no haya una media a la cual los valores retornen.

Un caso sencillo de una serie no estacionaria es el de caminata aleatoria, el cual es un proceso estocástico discreto, su estado avanza con probabilidad p o retrocede con probabilidad q con el transcurso del tiempo, donde p + q = 1, así sus variables siguen un camino aleatorio y su valor futuro solo depende del valor actual.

Existe la caminata aleatoria sin variaciones, el cual es un modelo estacionario en su media, es decir, tiene una media constante pero su varianza crece a través del tiempo. Se expresa como sigue:

$$Y_t = Y_{t-1} + u_t \qquad (3.6)$$

Donde Y_{t-1} es su rezago o valor anterior y el término u_t son las perturbaciones aleatorias distintas a Y_t que impactan a la serie.

Para mostrar que su media es constante y su varianza crece a través del tiempo, se tiene que para t = 1 el modelo se expresa como:

$$Y_1 = Y_0 + u_1 \qquad (3.7)$$

Ahora, si observamos los tiempos T = 2, 3 se obtiene lo siguiente:

$$Y_2 = Y_1 + u_2 = Y_0 + u_1 + u_2 \qquad (3.8)$$

$$Y_3 = Y_2 + u_3 = Y_0 + u_1 + u_2 + u_3 \qquad (3.9)$$

Siguiendo esta secuencia, de forma general se tiene:

$$Y_t = Y_0 + u_1 + u_2 + u_3 + \cdots + u_t = Y_0 + \sum_{t=1}^{T} u_t \qquad (3.10)$$

Entonces:

$$E(Y_t) = E(Y_0) + \sum_{t=1}^{T} E(u_t) \qquad (3.11)$$

De acuerdo con uno de los supuestos de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), la esperanza de las perturbaciones es considerada igual a cero, por lo tanto la media de Y_t es:

$$E(Y_t) = Y_0 \qquad (3.12)$$

Ahora bien, otro supuesto de MCO es que la varianza de las perturbaciones es la misma, es decir, la importancia de las perturbaciones es siempre la misma. Así para la varianza, se obtiene que:

$$\mathrm{Var}(Y_t) = \mathrm{Var}(Y_0 + \sum_{t=1}^{T} u_t) \qquad (3.13)$$

$$\mathrm{Var}(Y_t) = \mathrm{Var}\,(Y_0) + \mathrm{Var}\left(\sum_{t=1}^{T} u_t\right)$$

$$\mathrm{Var}(Y_t) = \mathrm{Var}\left(\sum_{t=1}^{T} u_t\right) = \sum_{t=1}^{T} \mathrm{Var}\,(u_t) = \sum_{t=1}^{T} \sigma^2$$

$$\therefore \mathrm{Var}(Y_t) = t\sigma^2 \qquad (3.14)$$

Por lo tanto, queda demostrado que para una caminata aleatoria sin variaciones (3.6), su media es constante y su varianza varía con respecto al tiempo (t).

Por otra parte, también existe el caso de caminata aleatoria con variaciones, el cual es un modelo estocástico no estacionario ni en media ni en varianza, es decir, presenta un comportamiento de tendencia y tanto su esperanza como su varianza dependen del tiempo. Este tipo de modelo se expresa de la siguiente forma:

$$Y_t = \alpha + Y_{t-1} + u_T \qquad (3.15)$$

Donde α es el parámetro de variación, el cual determina si Y_t incrementa o disminuye a través del tiempo.

Para t=1, 2 se tiene que:

$$Y_1 = \alpha + Y_0 + u_1 \qquad (3.16)$$

$$Y_2 = \alpha + Y_1 + u_2 = \alpha + \alpha + Y_0 + u_1 + u_2 \qquad (3.17)$$

Siguiendo este comportamiento, de manera general se obtiene lo siguiente:

$$Y_t = T\alpha + Y_0 + \sum_{t=1}^{t} u_t \qquad (3.18)$$

Así la esperanza y varianza de Y_T se escriben como sigue:

$$E(Y_t) = E(T\alpha) + E(Y_0) + \sum_{t=1}^{T} E(u_t) \qquad (3.19)$$

$$\therefore E(Y_t) = T\alpha + Y_0 \qquad (3.20)$$

$$Var(Y_t) = Var(\alpha + Y_0 + \sum_{t=1}^{T} u_t) \qquad (3.21)$$

$$Var(Y_t) = Var\ (\alpha) + Var\ (Y_0) + Var\left(\sum_{t=1}^{T} u_t\right)$$

$$Var(Y_t) = Var\left(\sum_{t=1}^{T} u_t\right) = \sum_{t=1}^{T} Var\ (u_t) = \sum_{t=1}^{T} \sigma^2$$

$$\therefore Var(Y_t) = t\sigma^2 \qquad (3.22)$$

Este tipo de casos de una serie no estacionaria muestra como su varianza y media cambian a lo largo del tiempo, presentando una tendencia.

Las series de variables macroeconómicas como el producto interno bruto, la tasa de desempleo, el interés e inflación suelen ser series no estacionarias debido a que sus niveles van en aumento y/o decremento durante el periodo de tiempo o simplemente la varianza no es constante en el tiempo.

3.2. Pronóstico de una serie de tiempo.

Como se ha mencionado antes, el análisis de series de tiempo es importante para muchas ramas de la ciencia. En este capítulo trabajaremos con ellas para estimar o conocer el comportamiento económico de México tras vivir una situación complicada como lo fue la pandemia.

Dicho anteriormente, las series de tiempo de las variables macroeconómicas suelen ser no estacionarias por las fluctuaciones que presentan en los periodos de tiempo que se observan. Por ello en este trabajo se emplearán los modelos ARIMA, siguiendo la metodología de George E. Box y Gwilym M. Jenkins (1970), debido a que ayudan con el pronóstico de series no estacionarias en las que sus valores pasados tienen un impacto en sus valores futuros ocasionando una dependencia entre sus datos.

El objetivo del análisis de series de tiempo es seleccionar o crear el modelo estadístico que mejor se adapte a una serie, describiendo adecuadamente su evolución y estimando sus valores futuros. Al iniciar con la selección de un modelo para cualquier serie de tiempo es bueno empezar con su representación gráfica, ya que muestra el comportamiento de esta. A través de un análisis visual observamos si una serie presenta una tendencia creciente y/o decreciente, o si los datos oscilan alrededor de una media constante y si su variabilidad es o no constante sobre la media. Además del análisis gráfico, una alternativa es aplicar pruebas de raíz unitaria a las series en cuestión, entre estas se encuentra la prueba Dickey-Fuller que más adelante se retomará, pues ayuda a establecer si la serie es o no estacionaria.

Los modelos ARIMA, llamados así por sus siglas en ingles de Autoregressive Integrated Moving Average, lo que en español se traduce como Modelo Autorregresivo Integrado con Medias Móviles, describen los valores futuros de la serie que se observa como una función lineal de sus valores anteriores y perturbaciones aleatorias, suponiendo que alguna diferencial adecuada de la serie es estacionaria, es decir, cuando se observa o se prueba que la serie es no estacionaria, se busca eliminar su tendencia mediante sus diferenciales, si presenta una tendencia lineal esta se corrige mediante sus primeras diferenciales y cuando presenta una tendencia no lineal o cuadrática esta se corrige mediante sus segundas diferenciales. Fuente Fernández, Santiago. Series Temporales, modelo ARIMA, Madrid, España.

Luego de determinar el orden de integración de la serie, se identifica y define el modelo más adecuado para la serie, se estiman sus parámetros, se calcula su covarianza, correlación, la suma de sus errores o perturbaciones al cuadrado y se analiza si existen errores significativos para la valoración del modelo seleccionado. Todo esto nos ayuda a definir si el modelo es adecuado o no para el pronóstico de los valores futuros de la serie de tiempo.

Pero una mejor explicación de la metodología de Box-Jenkins (1970) sobre el uso de los modelos ARIMA, se establecerá en las siguientes secciones, definiendo con más profundidad los conceptos y métodos utilizados.

3.3. Modelo AR(p)

El proceso AR(p) mejor conocido como modelo autorregresivo de orden p, describe a una serie de tiempo Y_t mediante una función lineal de sus valores pasados $(Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p})$ y un término de error (u_T) al azar, u_T tiene impacto en Y_t pero es independiente de sus valores pasados. El orden p indica el número de rezagos de Y_t que son significativos en ella. De acuerdo con Box-Jenkins (1970) este modelo se expresa de la siguiente forma:

$$Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + \cdots + \beta_p Y_{t-p} + u_t \qquad (3.23)$$

donde el valor actual Y_t se expresa mediante sus p valores pasados y el término de error u_t. Los coeficientes $\beta_1, \dots, \beta_p$ son la proporción de los valores pasados que describen a la variable actual. Por supuesto de MCO, el término u_T es un proceso de ruido blanco, es decir, una variable aleatoria independiente con distribución normal, media cero y varianza constante. En este tipo de modelos, la serie fluctúa alrededor de una media cero y no presenta una tendencia.

Los modelos AR(p) también son definidos mediante el operador de rezagos (B) como un polinomio de rezagos.

$$\left(1 - \beta_1 B - \beta_2 B^2 - \cdots - \beta_p B^p\right) Y_t = u_t \quad \text{o} \quad \beta(B) Y_t = u_t \qquad (3.24)$$

donde $BY_t = Y_{t-1}$, $B^2 Y_t = Y_{t-2}$,….., $B^p Y_t = Y_{t-p}$.

Esto implica que:

$$Y_t = \frac{u_t}{\beta(B)} = \beta^{-1}(B) u_t$$

Si se estima y resuelve la ecuación característica $1 - \beta_1 B - \beta_2 B^2 - \cdots - \beta_p B^p = 0$, se obtiene:

$$(1 - G_1 B)(1 - G_2 B) \ldots .(1 - G_p B) = 0$$

donde $(1 - G_1 B)$, $(1 - G_2 B), \ldots ., (1 - G_p B)$ son raíces de $\beta(B) = 0$, se dice que el modelo AR(p) es estacionario si $|G_i| < 1$ para i = 1, 2, ….., p, es decir, si sus raíces en conjunto caen dentro del circulo unitario.

Uno de los modelos más usados en la práctica para el análisis de series temporales es el proceso autorregresivo de orden 1 [AR(1)]. En este modelo solo basta con un valor pasado de la serie y el término de error para describir de manera adecuada al valor actual Y_T. Este modelo se escribe de la siguiente manera:

$$Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + u_t \quad \text{AR(1)} \quad (3.25)$$

Un proceso AR(1) es estacionario si $|\beta_1| < 1$, cuando $\beta_1 = 1$ el proceso es no estacionario y se conoce como caminata aleatoria.

Cuando el proceso AR(1) de una serie de tiempo fluctúa alrededor de una media distinta de cero entonces se dice que el modelo autorregresivo tiene constante o intercepto y se escribe como:

$$Y_T = \beta_0 + \beta_1 Y_{T-1} + u_T \quad \text{AR(1)} \quad (3.26)$$

Si además de esto la serie parece estar fluctuando alrededor de una tendencia lineal entonces el modelo AR(1) se representa como:

$$Y_T = \beta_0 + \beta_1 Y_{T-1} + \delta t + u_T \quad \text{AR(1)} \quad (3.27)$$

3.4. Modelo MA(q)

Los modelos de medias móviles (o Moving Avarage en inglés), describen a la variable actual Y_T por medio de la variable de error u_T y los valores pasados de esta última.

De acuerdo con Box-Jenkins (1970), el modelo MA (q) se escribe de la siguiente manera:

$$Y_t = u_t - \theta_1 u_{t-1} - \cdots - \theta_{t-q} u_q \quad (3.28)$$

donde Y_t es igual al termino error u_t menos una proporción explicada por cada uno de sus q rezagos, las ponderaciones $1 - \theta_1 - \cdots - \theta_{t-q}$ de los u_t´s no necesitan ser positivas. Por el supuesto de MCO las perturbaciones tienen una distribución normal, con media cero y varianza constante, por lo que la serie tiene una media constante, pero en el caso de la varianza, esta depende de los parámetros $\theta_1, \ldots., \theta_{t-q}$, así un modelo MA(q) es débilmente estacionario.

Usando el operador de rezagos (B) el modelo MA(q) también se escribe como:

$$\left(1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \cdots - \theta_q B^q\right) u_t = Y_t \quad \text{o} \quad \theta(B) u_t = Y_t \qquad (3.29)$$

Un modelo MA(1) que se ve de la siguiente forma:

$$Y_t = u_t - \theta_1 u_{t-1} \qquad (3.30)$$

Como u_T es un proceso de ruido blanco entonces su esperanza y varianza son:

$$E(Y_t) = E(u_t) - \theta_1 E(u_{t-1}) = 0$$

$$Var(Y_t) = Var(u_t) - \theta_1 Var(u_{t-1}) = \sigma^2 - \theta_1 \sigma^2 = (1 - \theta_1)\sigma^2$$

Así su media es cero y su varianza será constante a través del tiempo, por definición un modelo MA (1) es un proceso es estacionario.

3.5. Modelos ARMA(p,q)

La combinación entre los modelos AR(p) y MA(q) dan como resultado los modelos ARMA(p,q) modelos autorregresivos de medias móviles de orden (p,q), considerados univariantes debido a que explican a la variable de estudio a partir de sus propios valores, y valores pasados, y del actual del término error. Este tipo de modelo se adapta adecuadamente a series estacionarias, cuando una serie presenta una tendencia o se dice ser no es estacionaria se busca transformarla a un proceso estacionario mediante algún método, por ejemplo, como el de la diferenciación.

El modelo ARMA (p,q) de acuerdo con Box-Jenkins (1970), se representa de la siguiente manera:

$$Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + \cdots + \beta_p Y_{t-p} + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \cdots - \theta_q Y_{t-q} \qquad (3.31)$$

Mediante el operador de rezagos (B) el modelo también se escribe como:

$$\left(1 - \beta_1 B - \beta_2 B^2 - \cdots - \beta_p B^p\right) Y_t = \left(1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \cdots - \theta_q B^q\right) u_t$$

$$\beta(B) Y_t = \theta(B) u_t \qquad (3.32)$$

Cuando el modelo AR(p) es estacionario entonces el modelo ARMA(p,q) es estacionario.

El modelo ARMA(1,1) de define de la siguiente manera:

$$Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + u_t - \theta_1 u_{t-1} \qquad (3.33)$$

donde la variable actual solo requiere de un valor pasado de ella misma y del valor actual y valor anterior del término de error, para ser descrita.

3.6. Coeficiente de autocovarianza y autocorrelación.

En una serie estacionaria la covarianza entre dos valores separados por k rezagos (Y_t, Y_{t+k}) es la misma para cualquier valor del tiempo, debido a que su distribución de probabilidad conjunta p(Y_t, Y_{t+k}) es la misma en todos los tiempos. Es por lo que bajo el supuesto de estacionariedad, la covarianza entre dos valores de la serie se le denomina autocovarianza al rezago k y se define de la siguiente forma:

$$\alpha_k = \mathrm{Cov}[Y_t, Y_{t+k}] = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)] \qquad (3.34)$$

Como en un proceso estacionario la varianza es constante para todos los tiempos t, la autocovarianza de orden 0 se define como $\alpha_0 = Cov[Y_t, Y_t] = Var(Y_t) = \sigma_y^2$.

El coeficiente de autocorrelación de orden k o al rezago k se define como:

$$\rho_k = \frac{E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)]}{\sqrt{E[(Y_t - \mu)^2]E[(Y_{t+k} - \mu)^2]}} = \frac{E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)]}{\sqrt{\mathrm{Var}(Y_t)\mathrm{Var}(Y_{t+k})}} = \frac{E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)]}{\sigma_Y^2}$$

$$\rho_k = \frac{\alpha_k}{\alpha_0} \qquad (3.35)$$

Observamos que para $\rho_0 = \frac{\alpha_0}{\alpha_0} = 1$.

El coeficiente ρ_k representa la correlación lineal entre dos componentes de la serie de tiempo Y_T separados por k rezagos. La sucesión de α_k con k = 1, 2, 3, …, se conoce como función de autocovarianza y la sucesión de ρ_k con k = 1, 2,…, es llamada función de autocorrelación.

3.6.1. Matriz de autocovarianza

En un proceso estacionario $Y_1, Y_2, \ldots, Y_n$ la matriz de covarianza asociada a él, con valores constantes en su diagonal principal, se conoce como matriz de autocovarianza y es definida de la siguiente manera:

$$\Gamma_n = \begin{bmatrix} \alpha_0 & \alpha_1 & \cdots & \alpha_{n-1} \\ \alpha_1 & \alpha_0 & \cdots & \alpha_{n-2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{n-1} & \alpha_{n-2} & \cdots & \alpha_0 \end{bmatrix} = \sigma_Y^2 \begin{bmatrix} \rho_0 & \rho_1 & \cdots & \rho_{n-1} \\ \rho_1 & \rho_0 & \cdots & \rho_{n-2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{n-1} & \rho_{n-2} & \cdots & \rho_0 \end{bmatrix} = \sigma_Y^2 P_n \quad (3.36)$$

La matriz P_n se conoce como matriz de autocorrelación, la matriz de autocovarianza y autocorrelación en procesos estacionarios son positivas para todos sus valores, es decir, que sus determinantes son mayores de cero, por ejemplo, para n = 2:

$$P_2 = \begin{bmatrix} 1 & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 \end{bmatrix} > 0$$

Esto implica que $1 - \rho_1^2 > 0$, entonces $-1 < \rho_1 < 1$.

3.6.2. Función de autocorrelación simple y autocorrelación parcial.

Los coeficientes de autocovarianza α_k miden la covarianza entre dos valores de un proceso estacionario Y_t separados por un intervalo k, y la sucesión numérica de α_k se conoce como función de autocovarianza al rezago k.

La función de autocorrelación para un proceso estacionario tiene las siguientes propiedades:

i. $\rho_0 = 1$.

ii. $|\rho_k| \leq 1$

iii. $\rho_k = \rho_{-k}$, dado que en un proceso estacionario la covarianza entre dos variables separadas por k rezagos, o el mismo intervalo de tiempo, es la misma.

iv. $\lim_{k \to \infty} \rho_k = 0$

La función de autocorrelación simple (FAS) es la sucesión numérica de los coeficientes ρ_k y su representación gráfica se denomina correlograma, mismo que muestra la correlación entre dos componentes separados por k rezagos. Es simétrica sobre cero $\rho_k = \rho_{-k}$ y permite conocer si existe alguna dependencia en el modelo de medias móviles.

Para un proceso estacionario autorregresivo una manera de encontrar su función de autocorrelación es multiplicando a la función lineal del proceso por el término Y_{t-k}, para k ≥ 0. Es decir:

$$\tilde{Y}_t = \phi_1 \tilde{Y}_{t-1} + \ldots + \phi_p \tilde{Y}_{t-p} + u_t$$

$$Y_{t-k}\tilde{Y}_t = \phi_1 Y_{t-k}\tilde{Y}_{t-1} + \ldots + \phi_p Y_{t-k}\tilde{Y}_{t-p} + Y_{t-k}u_t \qquad (3.37)$$

Sacando sus valores esperados obtenemos:

$$\alpha_k = \phi_1\alpha_{k-1} + \phi_2\alpha_{k-2} + \ldots + \phi_p\alpha_{k-p} \qquad (3.38)$$

Así dividiendo entre α_0 tenemos lo siguiente:

$$\rho_k = \phi_1\rho_{k-1} + \phi_2\rho_{k-2} + \ldots + \phi_p\rho_{k-p} \qquad (3.39)$$

En un modelo AR(p) la función de autocorrelación es infinita y consiste en curvas exponenciales y senoidales humedecidas, pero la función de autocorrelación parcial llega a tomar el valor de cero después de p rezagos, es por lo que la función de autocorrelación parcial determina el orden de un modelo AR(p).

Las autocorrelaciones parciales se describen en término de p funciones no nulas de las autocorrelaciones. Sea ϕ_{kj} el j-ésimo coeficiente de un proceso autorregresivo de orden k, entonces se tiene lo siguiente:

$$\rho_j = \phi_{k1}\rho_{j-1} + \ldots + \phi_{k(k-1)}\rho_{j-k+1} + \phi_{kk}\rho_{j-k} \qquad (3.40)$$

Para j = 1,2,.., k

De acuerdo con las ecuaciones de Yule-Walker (Yule, 1927; Walker, 1931), sustituyendo a j por los valores 1, 2, 3,…, k y como $\rho_j = \rho_{-j}$, tenemos:

$$\rho_1 = \phi_{k1}\rho_0 + \phi_{k2}\rho_1 + \ldots + +\phi_{kk}\rho_{k-1}$$

$$\rho_2 = \phi_{k1}\rho_1 + \phi_{k2}\rho_0 + \ldots + +\phi_{kk}\rho_{k-2}$$

y así sucesivamente para j = k se obtiene:

$$\rho_k = \phi_{k1}\rho_{k-1} + \phi_{k2}\rho_{k-2} + \ldots + +\phi_{kk}\rho_0 \qquad (3.41)$$

Es decir:

$$\begin{pmatrix} 1 & \rho_1 & \cdots & \rho_{k-1} \\ \rho_1 & 1 & \cdots & \rho_{k-2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \phi_{k1} \\ \phi_{k2} \\ \vdots \\ \phi_{kk} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \vdots \\ \rho_k \end{pmatrix}$$

$$P_k \phi_k = \rho_k \qquad (3.42)$$

En general el número de $\phi_{k,k}$ es considerado la función de autocorrelación parcial (FAP), en un modelo AR(p) la correlación parcial $\phi_{k,k}$ será cero cuando k > p y será distinto de cero cuando k ≤ p.

De acuerdo con Pankratz (1983) las características de las funciones de autocorrelación son las siguientes:

Modelo	FAS	FAP
AR(p)	La gráfica decae de manera exponencial.	Se corta o es igual a cero después de p rezagos.
MA(q)	Se corta o es igual a cero después de q rezagos.	La gráfica decae de manera exponencial.
ARMA(p,q)	La gráfica decae de manera exponencial desde q-p.	La gráfica decae de manera exponencial desde p-q.

Fuente. Información tomada de G. E Box, G. M. Jenkins, Time Series Analysis Forecasting and Control.

Para un modelo AR(p) la función de autocorrelación simple tendrá un decrecimiento exponencial y la función de autocorrelación parcial será igual a cero después de p rezagos donde esos p rezagos serán significativos para el modelo.

En el modelo de medias móviles MA(q), la función de autocorrelación simple será igual a cero después de q rezagos debido a que es un modelo finito, donde los q rezagos serán significativos para el modelo mientras que la función de autocorrelación parcial decaerá exponencialmente.

3.6.3. Estimación de los coeficientes de las funciones de autocorrelación simple y parcial.

En la práctica, cuando se tiene una serie de observaciones $Y_1, Y_2, \dots., Y_N$ de un proceso estacionario se desconoce su media y varianza, pero son estimadas mediante la media y varianza muestrales. Esto se debe a que la distribución de probabilidad de un proceso estacionario es la misma para todos los tiempos.

Así para la media se tiene lo siguiente:

$$\hat{\mu}_Y = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N} Y_t \qquad (3.35)$$

donde esta media estimada presenta insesgadez, ya que la media de la serie será igual a μ:

$$E(\hat{\mu}_Y) = E\left[\frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N} Y_t\right] = \frac{1}{N}E\left[\sum_{t=1}^{N} Y_t\right] = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N} E(Y_t) = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N} \mu = \frac{1}{N}N\mu = \mu \quad (3.44)$$

Y para la varianza se tiene:

$$\hat{\sigma}_Y^2 = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}(Y_t - \hat{\mu}_Y)^2 \qquad (3.45)$$

De la misma forma, la función de autocorrelación ρ_k puede ser estimada mediante su función de autocorrelacional muestral:

$$\hat{\rho}_k = \frac{\hat{\alpha}_k}{\hat{\alpha}_0} = \frac{C_k}{C_k} = r_k \qquad (3.46)$$

donde $\hat{\alpha}_k = \frac{1}{N}\sum_{t=k+1}^{N}(Y_{t-k} - \hat{\mu}_Y)(Y_t - \hat{\mu}_Y)$ es la estimación del coeficiente de autocovarianza mediante la covarianza muestral. Los valores C_k y r_k son las estimaciones numéricas de $\hat{\alpha}_k$ y $\hat{\rho}_k$, respectivamente. A la representación gráfica de r_k se le conoce como correlograma muestral.

Las funciones estimadas de autocorrelación simple y parcial presentan varianzas grandes y también estan autocorrelacionadas entre sí, por ello es importante conocer qué tanto difiere el valor estimado del valor teórico, y así analizar si las autocorrelaciones simples y parciales son cero después de algún rezago q y p respectivamente.

De acuerdo con Anderson (1942), la distribución de probabilidad de un coeficiente de autocorrelación estimada donde su valor teórico es cero es aproximadamente una distribución normal. Con ello, para la autocorrelación teórica ρ_k de valor cero, si se divide a su estimación entre su error estándar, este coeficiente se distribuirá como una variante normal unitaria, mostrando si las autocorrelaciones teóricas después de p y q rezagos son cero.

De acuerdo con Bartlett (1946) la varianza de la estimación r_k para el coeficiente de correlación en valores de k mayores a q es:

$$\mathrm{Var}(r_k) = \frac{1}{N}\left(1 + 2\sum_{v=1}^{q}\rho_v^2\right) \qquad (3.47)$$

y la expresión del error estándar es:

$$\mathrm{SE}(r_k) = \sqrt{\mathrm{Var}(r_k)} = \sqrt{\frac{1}{N}\left(1 + 2\sum_{v=1}^{q}\rho_v^2\right)} \qquad (3.48)$$

Para la función de autocorrelación parcial, sus coeficientes son estimados mediante las aproximaciones de Yule-Walker resolviendo sus ecuaciones para cada coeficiente y sustituyendo las autocorrelaciones teóricas ρ_j por sus estimaciones r_k. La estimación de los errores estándar para la autocorrelación parcial estimada de orden k > p es:

$$SE(\widehat{\Phi}_{kk}) \cong \frac{1}{\sqrt{n}} \qquad (3.49)$$

3.7. Prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller.

Para el análisis de series temporales es importante conocer con qué tipo de serie se está trabajando, con el objetivo de utilizar los modelos adecuados que la describan. Una alternativa para identificar si una serie es o no estacionaria es a través de la prueba de raíz unitaria desarrollada por los estadísticos David Dickey y Wayne Fuller (1979).

Dickey y Fuller derivaron la distribución para los estadísticos de la prueba de raíz unitaria para tres casos, el primero es cuando la serie estimada fluctúa alrededor de una media cero sin tendencia, es decir, es un modelo sin desviación y sin tendencia como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + u_t \qquad (3.50)$$

Se prueba la estacionariedad si $|\beta_1| < 1$, pero si $\beta_1 = 1$ se dice que la serie es no estacionaria y se trata de una caminata aleatoria como se vio en el apartado 3.1.2. Es decir, se realiza una prueba de hipótesis donde la hipótesis nula (Ho) establece que $\beta_1 = 1$ entonces la serie no es estacionaria contra la hipótesis alternativa (Ha) que establece que $|\beta_1| < 1$, lo que implicaría que la serie es estacionaria:

Ho: $\beta_1 = 1$ la serie es no estacionaria.

Ha: $\beta_1 < 1$ la serie es estacionaria.

Si le restamos el valor de Y_{T-1} en ambos lados a la función 3.50 se obtiene su regresión ajustada:

$$Y_t - Y_{t-1} = \beta_1 Y_{t-1} + u_t - Y_{t-1}$$

$$\Delta Y_t = \beta_1 Y_{t-1} - Y_{t-1} + u_t$$

$$\Delta Y_t = Y_{t-1}(\beta_1 - 1) + u_t$$

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + u_t \qquad (3.51)$$

El segundo caso es cuando la serie parece estar fluctuando alrededor de una media distinta de cero, es decir, un modelo con desviación y sin tendencia, entonces se utiliza la ecuación siguiente:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + u_t \qquad (3.52)$$

cuya regresión ajustada es:

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \gamma Y_{t-1} + u_t \qquad (3.53)$$

El tercer caso se trata de una serie de tiempo que fluctúa alrededor de una tendencia lineal, es decir, un modelo con desviación y tendencia lineal, misma que se representa con la ecuación:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \delta T + t \qquad (3.54)$$

Y su regresión ajustada es la siguiente:

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \delta T + \gamma Y_{t-1} + u_t \qquad (3.55)$$

Esta prueba es de una cola y Dickey-Fuller utilizaron el estadístico tau (τ) para realizarla.

Donde en los tres casos, $\gamma = \beta_1 - 1$ así la prueba de hipótesis se escribe de la siguiente manera:

$$Ho\colon\ \beta_1 = 1\ \Leftrightarrow Ho\colon \gamma = 0$$ La serie es no estacionaria.

$$Ha\colon\ \beta_1 < 1\ \Leftrightarrow Ho\colon \gamma < 0$$ La serie es estacionaria.

Para realizar las pruebas se estiman la ecuación correspondiente mediante mínimos cuadrados ordinarios MCO y se examina con el estadístico tau (τ) y sus valores críticos tabulados por los estadístico Dickey y Fuller para una prueba de una cola.

Tabla 3.4.2 Valores críticos del estadístico tau para la prueba Dickey-Fuller.

Modelo	**1%**	**5%**	**10%**
Sin desviación y sin tendencia.	-2.56	-1.94	-1.62
Con desviación y sin tendencia.	-3.43	-2.86	-2.57
Con desviación y con tendencia lineal.	-3.96	-3.41	-3.13
Valores críticos estándar.	-2.33	-1.65	-1.28

Fuente. Tabla tomada de R. Carter Hill, Principles of econometrics, Louisiana State University, p. 486.

Se rechaza la hipótesis nula si el valor estimado del estadístico tau (τ) es menor o igual a su valor crítico (τ_c), no se rechaza la hipótesis nula cuando el valor estimado del estadístico es mayor que su valor crítico.

Los valores del estadístico τ se estiman de la siguiente manera:

$$\tau = \frac{\hat{\gamma}}{\mathrm{se}(\hat{\gamma})} \qquad (3.57)$$

donde $\hat{\gamma}$ es la estimación del parámetro $\gamma = \beta_1 - 1$ y $\mathrm{se}(\hat{\gamma})$ es su desviación estándar.

No siempre se utilizan procesos autorregresivos de orden 1 [AR(1)] en el análisis de series temporales, en la práctica también existen series que siguen modelos AR(2), AR(3), .., AR(p) y no podemos utilizar pruebas Dickey-Fuller para procesos AR(1) en dichos modelos ya que las raíces unitarias pueden encontrarse también en modelos más complejos.

Para este tipo de casos existe la prueba de Dickey-Fuller aumentada (DFA) la cual ayuda a contrastar la presencia de una raíz unitaria en una serie que sigue un proceso AR(p). La regresión ajustada para esta prueba se expresa como sigue:

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=2}^{p} \mathcal{B}_i \Delta Y_{t-i+1} + u_t \qquad (3.58)$$

donde $\delta = \left(1 - \sum_{i=1}^{p} \beta_i\right)$ y $\mathcal{B}_i = \sum_{j=1}^{p} \beta_j$.

3.8.Orden de Integración (d)

En la práctica es más sencillo analizar series de tiempo estacionarias, esto se debe a que si tiene un mismo comportamiento en el pasado entonces es más probable que lo tenga en el futuro, por ello Box y Jenkins consideraron importante la transformación de series no estacionaria a series estacionarias dentro de su metodología, para esto es importante determinar el orden de integración (d).

Cuando una serie presenta tendencia, una manera de eliminarla es calculando sus diferencias, es decir, $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$, obteniendo una nueva serie de diferencias para cada valor, así sí la serie original presenta una tendencia lineal, la tendencia de la nueva serie será constante a través del tiempo. Cuando una sola diferenciación no basta para transformar una serie, entonces se realiza una segunda, tercera o d diferencias hasta que se obtenga una serie estacionaria. Estas series que necesitan de d diferencias para ser estacionarias se conocen como series integradas de orden d, debido a que lo contrario de una diferenciación es la integración.

Si la serie de tiempo presenta una tendencia lineal, solo será necesario realizar una diferencia para volverla estacionaria, y esta nueva serie es llamada serie integrada de orden uno, o I(1). Cuando la serie presenta una tendencia cuadrática se elimina dicha tendencia con una doble diferenciación, es decir, se realiza la primera diferenciación $W_t = Y_t - Y_{t-1}$ y si en W_t sigue existiendo tendencia se realiza otra diferenciación $Z_t = W_t - W_{t-1}$, si en Z_t ya no existen tendencia se dice que está integrada de segundo orden, o que es una serie I(2).

Por lo tanto, este componente de los modelos ARIMA, conocido como el orden de integración, se refiere a la transformación que sufre una serie no estacionaria para ser estacionaria. Así teniendo nuestra nueva serie diferenciada se expresa mediante modelos ARMA (p, q) para procesos estacionarios.

Si la serie de tiempo Y_t muestra una tendencia exponencial, se elimina mediante la transformación logarítmica, la cual consiste en hallar el logaritmo de la serie Ln (Y_t), y después realizar la primera diferencia de esta serie, $Z_t = \mathrm{Ln}(Y_t) - \mathrm{Ln}(Y_{t-1})$ donde en Z_t la tendencia ha sido eliminada.

3.9. Modelos ARIMA metodología Box-Jenkins

En este trabajo se utilizarán los modelos ARIMA para la estimación de nuestras variables macroeconómicas debido a que dichas variables suelen ser no estacionarias. Estos modelos se componen de modelos autorregresivos AR(p), modelos de medias móviles MA(q) y del orden de integración (I), y permiten el análisis de una serie de tiempo, describiendo el valor de la variable de estudio mediante sus valores pasados y errores aleatorios. De acuerdo con Box y Jenkins, se observa por lo menos 50 valores de la serie temporal para llevar a cabo su análisis.

La metodología de Box-Jenkins de modelos ARIMA se basa en cuatro pasos, la identificación, la estimación, la validación y el pronóstico.

1) **Identificación del modelo.**

El primer paso es identificar el modelo ARIMA que más se adapte a nuestra serie temporal, pero antes de ello debemos asegurarnos de que nuestra serie sea estacionaria. Esto se realiza de dos formas.

a) Mediante su representación gráfica donde se observa el comportamiento de esta, es decir, podemos verificar si oscila alrededor de una media constante, si presenta estacionalidad, si existe una tendencia lineal, si hay observaciones atípicas, si existen varianzas no constantes o cualquier elemento que indique que la serie no es estacionaria.

b) La segunda manera de observar si una serie es estacionaria es por medio de la prueba de raíz unitaria realizada por Dickey-Fuller.

Si la serie de tiempo resulta ser no estacionaria, tal como comúnmente sucede con las variables macroeconómicas, se realiza una transformación que es lineal (Log) o utilizando la diferenciación, procedimiento mejor conocido como obtener el orden de integración (d). Esto implica que se calculan las diferencias (d) necesarias para que la serie se vuelva estacionaria. Esta nueva serie de diferencias se vuelve a analizar mediante su gráfica y la prueba de Dickey-Fuller, para comprobar si el orden de integración (d) fue el adecuado para que la serie sea estacionaria.

Cuando ya se cuenta con una serie estacionaria, se procede a identificar el modelo ARIMA (p,d,q) que mejor se adapte a la variable de estudio, es decir, el modelo ARMA (p,q) para la nueva serie transformada hallando el orden de procesos autorregresivos (p) y el orden de medias móviles (q) significativos para la serie.

El orden de p y q pueden ser seleccionados mediante la función de autocorrelación simple FAS y la función de autocorrelación parcial FAP. En la práctica es común seleccionar modelos AR(1), AR(2), MA(1), MA(2), ARMA(1,1), ARMA(1,2), por lo que se deben realizar diferentes modelos, estimarlos, contrastarlos y finalmente elegir el más adecuado para la serie de tiempo.

2) Estimación de los parámetros

Una vez identificado el modelo ARMA (p,q) de la serie diferenciada, se realiza el proceso de estimación de los parámetros $\{\beta_i\}^p, \{\theta_i\}^q, \mu_u$ y σ_u^2 del modelo mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios o Máxima Verosimilitud.

El método de máxima verosimilitud consiste en encontrar el valor de los parámetros $\{\beta_i\}^p, \{\theta_i\}^q$ y σ_u^2 que ayuden a maximizar la función de verosimilitud del modelo.

Sea un proceso estacionario autorregresivo de medias móviles ARMA(p,q)

$$Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + \cdots + \beta_p Y_{t-p} + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \cdots - \theta_q u_{t-q} \quad (3.59)$$

Y con el supuesto de que u_t tiene una distribución normal con media cero y varianza constante σ_u^2, entonces la densidad de probabilidad conjunta de los $u_t{}'s$ se define de la siguiente manera:

$$p(u_1, \ldots, u_n) \alpha\, (\sigma_u^2)^{-n/2} \exp\left[-\left(\sum_{t=1}^{n} \frac{u_t^2}{2\sigma_u^2}\right)\right] \qquad (3.60)$$

El término u_t se expresa mediante la ecuación (3.10.1), despejándola:

$$u_t = Y_t - \beta_1 Y_{t-1} - \cdots - \beta_p Y_{t-p} + \theta_1 u_{t-1} + \cdots + \theta_q u_{t-q}$$

$$u_t = Y_t - \sum_{i=1}^{p} \beta_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{q} \theta_i u_{t-i} \qquad (3.61)$$

No es fácil calcular el valor de u_t por la ecuación anterior, es por lo que se requiere valores iniciales de $Y_t's$ y de $u_t's$ antes del inicio de la serie Y_t, definiéndolos como

$Y_* = (Y_0, Y_1, .., Y_{q-1})$ y $u_* = (u_0, u_1, .., u_{q-1})$. Así, para cualquier elección del parámetro (β, θ), se puede calcular el conjunto de $u_t(\beta, \theta | Y_*, u_*, Y)$, t = 1, 2,.., n.

La función de log-verosimilitud asociada a los valores de los parámetros $(\beta, \theta, \sigma_u^2)$ dados las elecciones de Y_* y u_* es:

$$\ln[L_*(\beta, \theta, \sigma_u^2)] = -\frac{n}{2}\ln(\sigma_u^2) - \frac{S_*(\beta,\theta)}{2\sigma_u^2} \qquad (3.62)$$

donde

$$S_*(\beta, \theta) = \sum_{t=1}^{n} u_t^2(\beta, \theta | Y_*, u_*, Y)$$

que es la suma de cuadrados condicionales. El signo de asterisco (*) en L_* y S_* indica que están condicionados a la elección de valores iniciales de la serie. Los estimadores $\hat{\beta}$ y $\hat{\theta}$ que maximicen la función de verosimilitud son llamados estimadores de máxima verosimilitud. Como la función log-verosimilitud involucran a los datos mediante la suma de cuadrados condicionales entonces obtener los estimadores de máxima verosimilitud es equivalente a conseguir los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios.

El método de mínimos cuadrados ordinarios consiste en minimizar la suma de cuadrados del término error u_t, es decir:

$$\text{Min } \sum_{t=1}^{n} u_t^2 \qquad (3.63)$$

Los valores de los parámetros que minimicen a la función $S_*(\beta, \theta)$ son considerados estimadores de mínimos cuadrados condicionales.

3) Validación

En este paso, una vez que se ha elegido el modelo ARMA (p,q) y se han estimado sus parámetros, es importante realizar pruebas para comprobar si el modelo se ajusta adecuadamente a nuestra serie temporal. Sí existe alguna prueba de que el modelo es inadecuado se modifica la estimación del modelo de tal forma que se ajuste lo mejor posible a nuestra serie. Un camino para probar esto es mediante los residuales[10].

Cuando el modelo seleccionado se aproxima de manera satisfactoria a la serie observada, los residuales tienden a comportarse como ruido blanco, es decir, son variables aleatorias independientes con media cero, varianza constante y autocorrelaciones iguales a cero.

Para realizar la prueba de si los residuales son ruido blanco, Box y Pierce (1970) proponen el estadístico Q.

$$Q = n \sum_{k=1}^{K} r_k^2(\hat{u}) \qquad (3.64)$$

Donde *n* es el tamaño de la muestra que multiplica a la suma de cuadrados de las primeras *K* autocorrelaciones estimadas. Debido a que ya se cuenta con el modelo ARMA(p,q) y las estimaciones de sus parámetros es fácil ver que los residuos se definen como:

$$\hat{u}_t = \tilde{Y}_t - \hat{\beta}_1 \tilde{Y}_{t-1} - \cdots - \hat{\beta}_p \tilde{Y}_{t-p} + \hat{\theta}_1 \tilde{u}_{t-1} + \cdots + \hat{\theta}_q \tilde{u}_{t-q}, \qquad (3.65)$$

$$\tilde{Y}_t = Y_t - \mu$$

Las autocorrelaciones de $\hat{u}_t$ muestran la falta de ajuste del modelo. Bajo el supuesto de que K es muy grande, entonces cuando el modelo se ajusta adecuadamente a la serie temporal, el estadístico Q tendrá una distribución Chi-cuadrada con (K-p-q) grados de libertad, $\chi^2(K-p-q)$. Bajo la hipótesis nula de que los residuales son un ruido blanco, para valores de Q muy altos se rechaza dicha hipótesis, de una manera más formal se tiene una región critica para un nivel

[10] Son el residuo entre el valor estimado y el valor real.

de significancia de α donde existe un valor p que cumple P (Q > p) = α, así si el valor del estadístico Q está dentro de la región critica entonces se rechaza la hipótesis nula.

Años después, Ljung y Box (1978) mostraron que para valores no muy grandes de K la distribución χ^2 puede no dar una aproximación adecuada de la distribución del estadístico Q, por ello propusieron un estadístico distinto Q', de la misma forma para valores muy grande de Q' se rechaza la hipótesis nula de que los residuos son un ruido blanco.

$$Q' = n(n+2)\sum_{k=1}^{K}(n-k)^{-1}r_k^2(\hat{u}) \qquad (3.66)$$

4) Pronóstico del modelo.

En el último paso de la metodología de Box-Jenkins para modelos ARIMA, ya se han realizado la identificación del modelo, su estimación y validación adecuada y se ha obtenido el mejor modelo ARMA (p,q) para nuestra serie de estudio. Ahora el objetivo es predecir el valor de nuestra serie Y_t en el momento t + l a través de información obtenida hasta el momento t.

Se define a

$$\mathrm{I_t} = (\mathrm{Y_t}, \mathrm{Y_{t-1}}, \mathrm{Y_{t-2}}, \dots) \qquad (3.67)$$

como al conjunto de información que se tiene disponible hasta el periodo t.

Ahora supongamos que se tiene observaciones de la serie de tiempo que se desea analizar hasta el tiempo t, entonces lo que busca es hallar aproximaciones sobre los valores futuros t + l. El pronóstico del valor $\mathrm{Y_{t+l}}$, dado la información $\mathrm{I_t}$ se define como $\hat{\mathrm{Y}}_\mathrm{t}(\mathrm{l})$.

Para realizar el pronóstico de los valores de Y_{t+l} deseados se define el predictor óptimo que es el valor esperado de la distribución de $\widehat{Y}_t(l)$ dada la información I_t. El cual busca minimizar el error cuadrático medio de predicción:

$$\text{Min } E\left[\left(Y_{t+l} - \widehat{Y}_t(l)\right)^2 \mid I_t\right] \qquad (3.68)$$

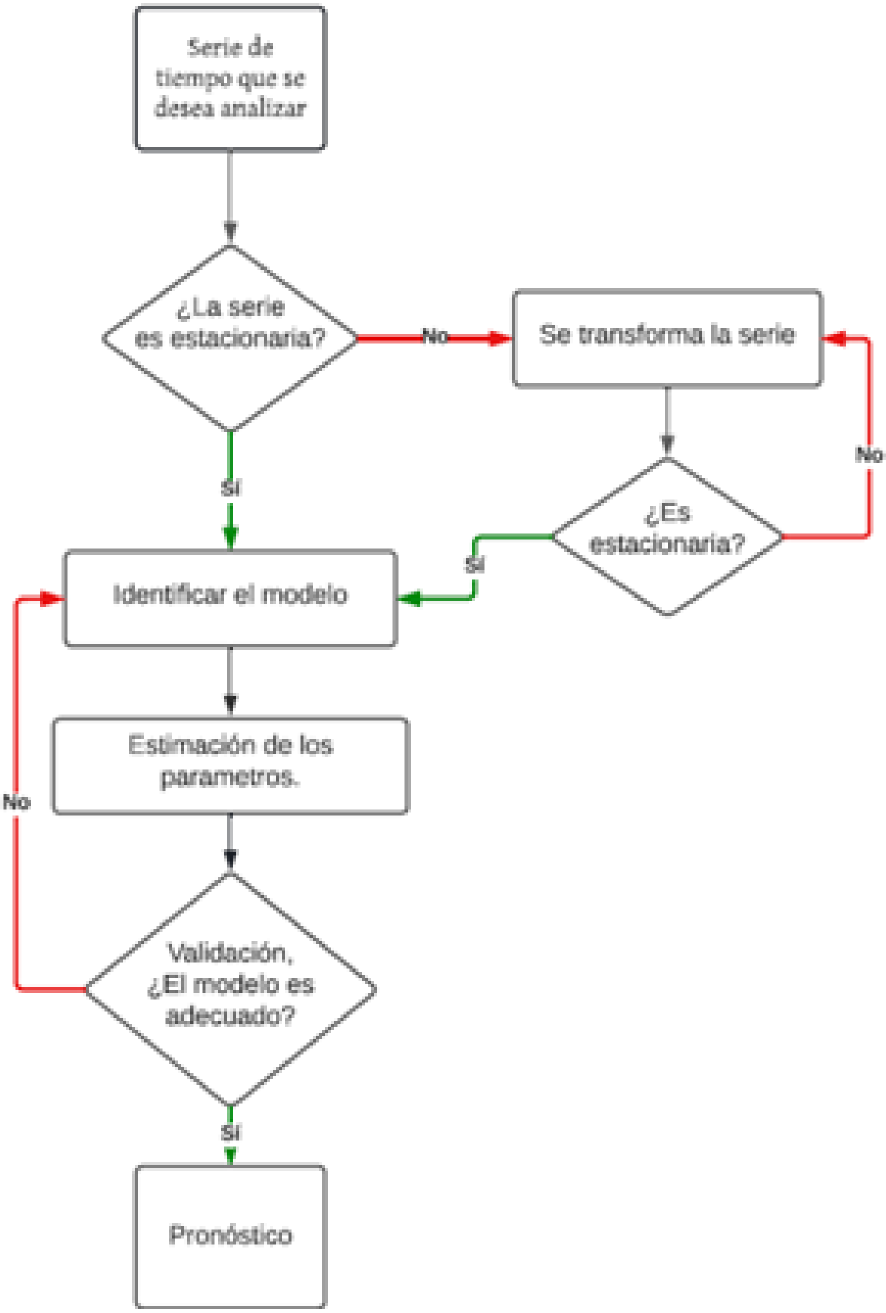
Por lo tanto, el predictor óptimo $\widehat{Y}_t = E[Y_{t+l} \mid I_t]$ es aquel que cumple:

$$E\left[\left(Y_{t+l} - \widehat{Y}_t(l)\right)^2 \mid I_t\right] \leq E\left[\left(Y_{t+l} - \widehat{Y}_t^*(l)\right)^2 \mid I_t\right] \qquad (3.69)$$

El error cuadrático medio es menor que el error cuadrático medio de cualquier otro predictor óptimo arbitrario $\widehat{Y}_t^*(l)$.

En conclusión, Box y Jenkins nos brindaron una metodología que hoy en día es de las más utilizadas para el análisis de series de tiempo no estacionarias, debido a que cada uno de sus cuatro pasos estudia de manera eficaz a la serie que deseamos analizar, proporcionando pronósticos que se aproximan a los valores reales de la serie.

Ilustración 3.1 Metodología Box-Jenkins para modelos ARIMA



Fuente. Elaboración propia.

Capítulo 4

Análisis de estudio, resultado y conclusión.

4.1. Análisis de estudio.

El crecimiento económico de un país es algo positivo para la sociedad; cuando hay desarrollo económico la producción de bienes y servicios incrementa, provocando un crecimiento de la riqueza, el empleo mejora y el ingreso en las familias crece; el incremento de los bienes y servicios satisface de una mejor manera las necesidades de los ciudadanos, lo que finalmente conlleva a tener una mejor calidad de vida. No obstante, el crecimiento económico no es permanente debido a que existen factores o sucesos que afectan de forma negativa a la economía causando crisis o la desaceleración en esta, uno de esos casos es el que se vive desde el año 2020, derivado del inicio de la pandemia de Covid-19 en México.

México es el segundo país más poblado de Latinoamérica, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda para el año 2020 el país contaba con un total de 126,014,024 habitantes. También, de acuerdo con el Banco Mundial, México se encuentra entre las quince economías más grandes del mundo y es la segunda de América Latina. En el año 2018 el país tuvo un crecimiento anual del PIB de 2.2% y en el 2020 presentó una caída anual del menos 8.2% del PIB (Banco Mundial, 2021).

No es la primera vez que el país enfrenta una crisis económica, pero en cada una de ellas el objetivo siempre es el mismo, salir adelante creando nuevas estrategias y políticas que ayuden con el desarrollo del país, es por lo que en este trabajo se busca analizar los impactos económicos que sufrió México tras enfrentar la pandemia, así como intentar pronosticar en qué momento el país puede mejorar su nivel de actividad económica o cómo seguirá su comportamiento en los siguientes años.

Uno de los indicadores que nos ayuda en el análisis de las actividades económicas de un país es el Producto Interno Bruto, el cual refleja el valor monetario de todos los bienes y servicios finales que se producen durante un periodo específico dentro del territorio de un país. En el presente estudio trabajaremos con series de tiempo de variables macroeconómicas, tales como el Producto Interno Bruto, la tasa de desempleo y la tasa de inflación, recolectadas de bases de datos proporcionadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), a las que se les aplicará la metodología de Box-Jenkins de modelos ARIMA para intentar pronosticar su comportamiento futuro.

4.2. Análisis del Producto Interno Bruto por metodología Box-Jenkins. (Modelo ARIMA).

4.2.1. Identificación del modelo

A partir de la base de datos que provee el INEGI (2021), se obtuvo la serie del Producto Interno Bruto trimestral para el periodo de 1993 al 2021, en millones de pesos a precios del 2013. Con ayuda del software RStudio se creó un modelo econométrico adecuado a nuestra serie de tiempo para realizar un buen análisis y pronóstico de esta.

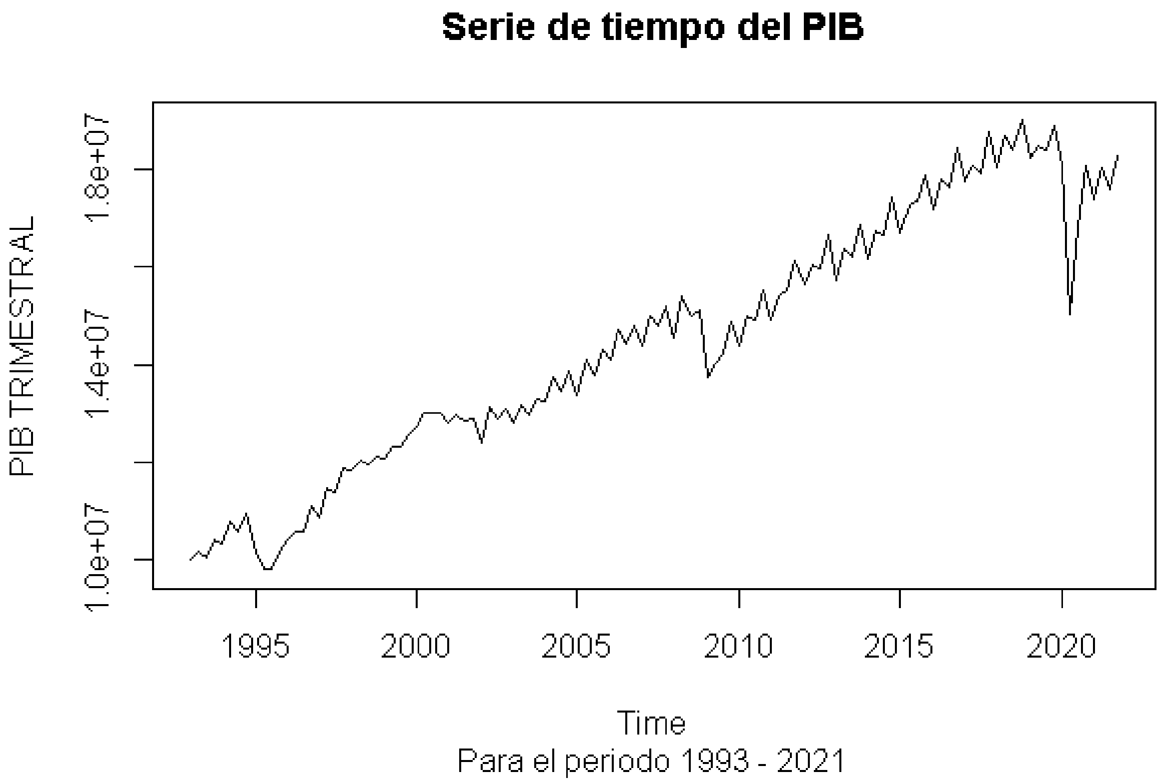
El primer paso fue crear nuestra serie de tiempo de la variable PIB en RStudio, la cual se registró con el nombre de PIB.ts, tal como se muestra en la siguiente tabla.

> PIB.ts

	Qtr1	Qtr2	Qtr3	Qtr4
1993	10008895	10171035	10066258	10416096
1994	10343388	10772526	10602753	10952773
1995	10189745	9795719	9802904	10198513
1996	10426431	10569228	10583112	11116527
1997	10862932	11460068	11408201	11887380
1998	11827638	12034464	11972372	12139817
1999	12100155	12315219	12325229	12554686
2000	12725022	12994569	13008792	13003302
2001	12796119	12967530	12857409	12901429
2002	12415541	13112363	12889950	13084104
2003	12803324	13182930	12954913	13305707
2004	13252630	13732336	13438260	13872035
2005	13354788	14104834	13782144	14306524
2006	14107960	14700504	14435868	14800897
2007	14393727	14993339	14783298	15204939
2008	14563428	15386334	14979495	15125054
2009	13752149	14012938	14231941	14882966
2010	14371721	14998399	14921453	15499605
2011	14902734	15413046	15526015	16139539
2012	15619753	16027466	15952811	16638864
2013	15719785	16361861	16186109	16840994
2014	16162079	16743456	16649896	17408769
2015	16710182	17261188	17331652	17866411
2016	17166448	17781185	17625653	18415671
2017	17757308	18084569	17900717	18746451
2018	18019699	18671189	18405925	18983363
2019	18237313	18461457	18371468	18862483
2020	18078353	15023632	16825283	18048459
2021	17382337	18013550	17579754	18251013

Tabla 4.1. Elaboración propia mediante el software RStudio.

Ahora con la serie de tiempo y, de acuerdo con lo mencionado en el capítulo 3, en lo referente a la metodología de Box-Jenkins, el siguiente paso consiste en la identificación del modelo, para ello es importante conocer si nuestra serie es o no estacionaria, lo cual se observa mediante su representación gráfica, tal como se muestra en la siguiente figura.



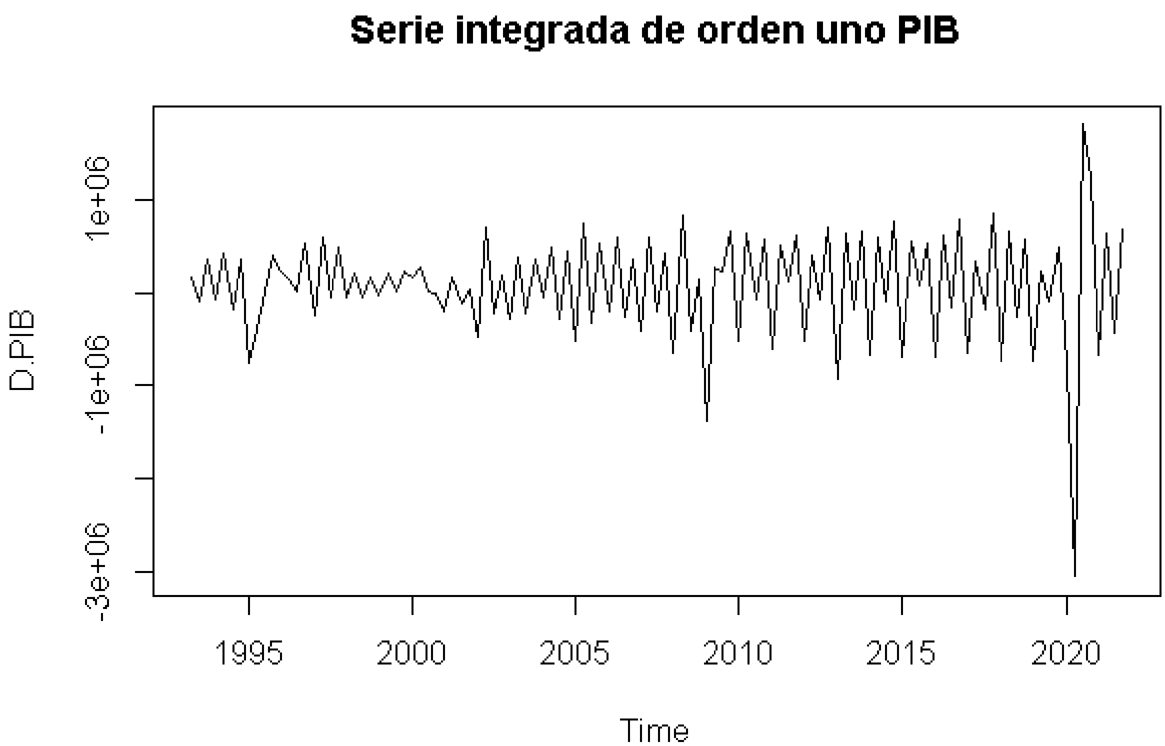
Gráfica 4.1. Elaboración propia con datos del INEGI.

De acuerdo con la gráfica 4.1, nos damos cuenta de que nuestra serie de tiempo PIB.ts presenta una tendencia de crecimiento con pequeñas caídas a través del tiempo, es decir, los datos no oscilan alrededor de una media constante y su varianza no es constante, visualmente se observa que la serie es no estacionaria. Sin embargo, para tener un análisis más seguro sobre su estacionariedad se realizó la prueba de Dickey-Fuller, los resultados se muestran a continuación.

```
> #Prueba Dickey-Fuller
> adf.test(PIB.ts, alternative = "stationary")

        Augmented Dickey-Fuller Test

data:  PIB.ts
Dickey-Fuller = -2.8022, Lag order = 4, p-value = 0.2436
alternative hypothesis: stationary
```

Los resultados de la prueba muestran un valor crítico estimado de -2.8022, el cual es mayor al valor crítico al 5% de -3.41 para una serie con desviación y tendencia lineal, mostrado en la tabla 3.4.2 “Valores críticos del estadístico tau para la prueba Dickey-Fuller.”, en el capítulo 3. Por lo tanto, como $\tau > \tau_c$, no se rechaza la hipótesis nula de no estacionariedad, dando como resultado que nuestra serie de tiempo PIB.ts es no estacionaria.

Una vez corroborado que es una serie no estacionaria se transforma a una estacionaria, para ello se obtuvieron las primeras diferencias, tal como lo hemos mencionado en el capítulo 3, apartado 3.8, y así tenemos su primera diferencia para eliminar su tendencia, lo que da como resultado a una nueva serie del Producto Interno Bruto, conocida como serie integrada de orden uno, la cual definimos como D.PIB y se muestra en la Tabla 4.2, al igual que su representación gráfica observada en la siguiente figura.



Gráfica 4.2 Serie de la primera diferencia obtenida para el PIB.

En la gráfica 4.2 se ve como la tendencia lineal se ha eliminado y ahora los datos oscilan alrededor de una media constante igual a cero, presenta una varianza constante sobre la media, y también se ve que, en los años 1995, 2008 y 2020 existen picos, siendo el más grande el del último año, por lo que la varianza es más grande, estos se explican por la presencia de severas crisis económicas que la economía mexicana registró en esos años. No obstante, la mayoría de los datos se mueven alrededor de una media igual a cero, y aunque no es perfecta, esta serie se considera como estacionaria.

```
> D.PIB
```

	Qtr1	Qtr2	Qtr3	Qtr4
1993		162140.744	-104777.001	349837.825
1994	-72707.741	429137.738	-169773.342	350020.512
1995	-763027.915	-394026.486	7185.375	395608.929
1996	227917.606	142796.605	13884.588	533414.504
1997	-253594.565	597136.058	-51867.269	479179.255
1998	-59742.069	206826.196	-62092.603	167444.998
1999	-39662.056	215064.527	10010.054	229456.663
2000	170336.270	269546.836	14223.345	-5490.083
2001	-207182.662	171410.686	-110121.539	44020.564
2002	-485887.763	696821.315	-222412.679	194154.297
2003	-280780.674	379606.344	-228017.114	350794.456
2004	-53077.803	479706.409	-294075.903	433774.451
2005	-517246.652	750046.057	-322689.521	524379.376
2006	-198563.761	592543.871	-264636.219	365029.633
2007	-407169.972	599612.026	-210041.145	421640.681
2008	-641510.507	822905.653	-406839.346	145558.805
2009	-1372904.772	260788.775	219003.904	651024.371
2010	-511244.519	626678.144	-76946.519	578152.255
2011	-596871.350	510312.683	112968.388	613524.323
2012	-519785.905	407712.697	-74654.814	686052.929
2013	-919079.607	642076.402	-175751.971	654885.016
2014	-678914.480	581376.230	-93559.734	758872.886
2015	-698587.313	551006.899	70463.169	534759.373
2016	-699963.150	614737.392	-155531.890	790017.199
2017	-658362.169	327260.919	-183852.418	845733.879
2018	-726752.212	651490.916	-265263.993	577437.086
2019	-746049.463	224143.601	-89988.315	491014.550
2020	-784130.144	-3054720.641	1801650.440	1223176.110
2021	-666121.478	631212.585	-433795.606	671258.417

Tabla 4.2. Elaboración propia mediante el software R-studio, I(1) del PIB.

Para tener un análisis más certero sobre la estacionariedad de la serie observada en la gráfica 4.3, se realiza la prueba Dickey-Fuller que consiste en un contraste de hipótesis, H0: Serie no estacionaria y Ha: Serie estacionaria, se rechaza la hipótesis nula H0 cuando $\tau < \tau_c$, como se vio anteriormente.

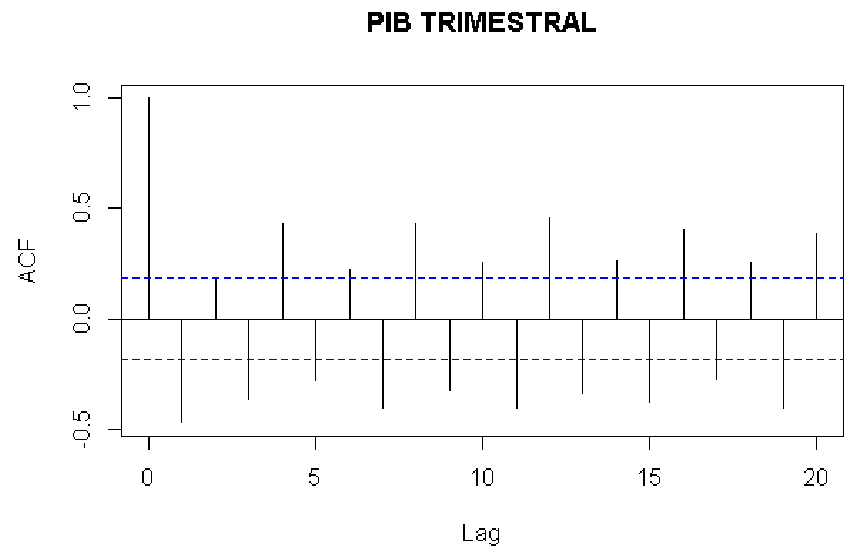
.

```
> adf.test(D.PIB, alternative = "stationary")

        Augmented Dickey-Fuller Test

data:  D.PIB
Dickey-Fuller = -5.5703, Lag order = 4, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

En nuestra prueba se obtiene un valor crítico (τ) estimado de -5.57703, el cual es menor que el valor crítico para una serie sin tendencia ni desviación (τ_c) al 5% de significancia estadística de -1.94, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de no estacionariedad y se concluye que la serie de tiempo D.PIB es estacionaria.

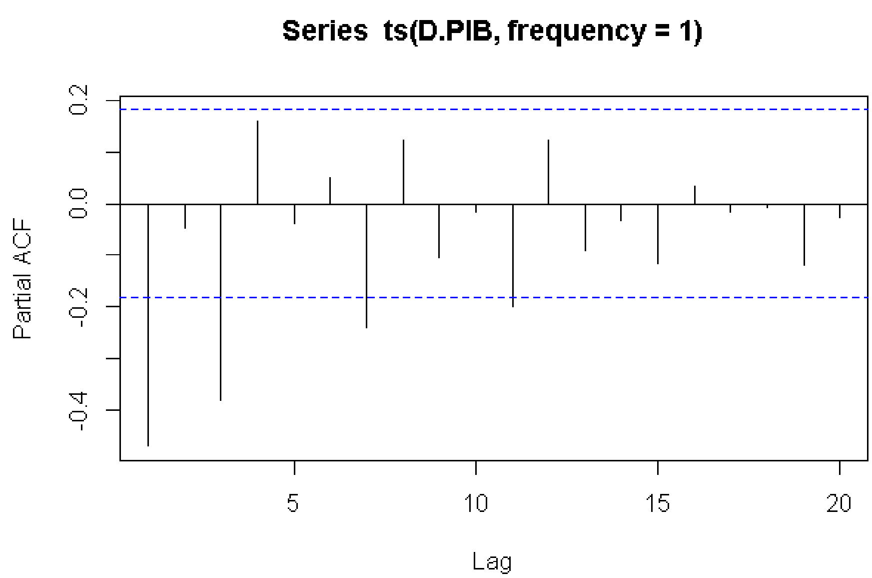
Una vez comprobada la estacionariedad de la serie se procedió a la identificación del modelo ARIMA (p, d, q) que mejor se ajuste a ella; como se vio anteriormente, nuestro número de diferencias es d = 1, solo falta conocer el orden de autorregresivos (p) y de medias móviles (q) para el modelo, lo que se obtiene mediante la función de autocorrelación simple y la función de autocorrelación parcial.

Como primer elemento observamos el correlograma de la función de autocorrelación simple, para conocer el número de rezagos (q) que son significativos en nuestro modelo. En la gráfica 4.3 se ve que el número de rezagos que son significativos para el modelo son los primeros dos, ya que ambos se encuentran fuera de las bandas de confianza al 95%, mismas que están representadas con las líneas horizontales de color azul; estas bandas muestran el límite en el que el valor de p y q son casi cero, cuando los rezagos caen dentro del intervalo o sus módulos o valores absolutos son menores a las bandas, se dice que su autocorrelación es cero, pero cuando salen del intervalo, o son mayores, se asegura que tienen una autocorrelación fuerte. Por lo tanto, el número de medias móviles para nuestro modelo es q = 2.



Gráfica 4.3. Elaboración propia con el software RStudio.

Ahora, para conocer el número de autorregresivos (p) que son significativos para nuestro modelo ARIMA se obtiene el correlograma de la función de autocorrelación parcial de la serie de tiempo D.PIB, la cual se representa en la gráfica 4.4, en la que el número de rezagos significativos es 3.



Gráfica 4.4. Elaboración propia con el software RStudio

En este paso se identificó el modelo para nuestra serie de tiempo inicial del Producto Interno Bruto (PIB.ts), el cual es el modelo ARIMA (3, 1, 2), ya que en la práctica y como lo hemos mencionado anteriormente, es común y efectivo seleccionar modelos AR (1), MA (1), ARMA (1,2) , ARMA (2, 1) o ARMA (3,1), además Box y Jenkins establecieron que un buen modelo debía seguir el principio de parsimonia, el cual indica que la explicación más simple tiende a ser la más efectiva, además de que con modelos ARIMA (1,1,2), los residuales no se comportaban como un ruido blanco, es decir, los modelos no eran los adecuados, por lo tanto nuestro modelo ARMA (3,2) identificado para nuestra serie estacionaria D.PIB se define de la siguiente forma:

$$\mathrm{D.PIB}_t = \beta_1 \mathrm{D.PIB}_{t-1} + \beta_2 \mathrm{D.PIB}_{t-2} + \beta_3 \mathrm{D.PIB}_{t-3} + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \theta_2 u_{t-2} \qquad (4.1)$$

Y el modelo ARIMA (3, 1, 2) para nuestra serie original PIB.ts se define de la siguiente manera:

$$\Delta \mathrm{PIB}_t = \beta_1 \Delta \mathrm{PIB}_{t-1} + \beta_2 \Delta \mathrm{PIB}_{t-2} + \beta_3 \Delta \mathrm{PIB}_{t-3} + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \theta_2 u_{t-2} \qquad (4.2)$$

4.2.2. Estimación de los parámetros.

El segundo paso en la metodología de Box-Jenkins es la estimación de los parámetros, en la sección anterior se realizó el análisis pertinente para identificar el modelo, ahora con ayuda del software RStudio vamos a estimar el modelo ARIMA (3,1,2) para nuestra serie de tiempo PIB.ts.

- Estimación del modelo ARIMA(3,1,2) para PIB.ts.

```
> Mod1 = arima(PIB.ts, order = c(3,1,2))
> Mod1

Call:
arima(x = PIB.ts, order = c(3, 1, 2))

Coefficients:
          ar1      ar2      ar3     ma1      ma2
      -1.0093  -0.2616  -0.2444  0.7382  -0.1715
s.e.   0.2351   0.2950   0.1072  0.2339   0.2250

sigma^2 estimated as 2.099e+11:  log likelihood = -1662.91,  aic = 33
37.82
```

- Modelo ARIMA(3,1,2).

$$\Delta \mathrm{PIB}_t = -1.0093\Delta \mathrm{PIB}_{t-1} - .2616\Delta \mathrm{PIB}_{t-2} - .2444\Delta \mathrm{PIB}_{t-3} + u_t - .7382\theta_1 u_{t-1} + .1715u_{t-2} \qquad (4.3)$$

s.e. 0.2351 0.2950 0.1072 0.2339

0.2250

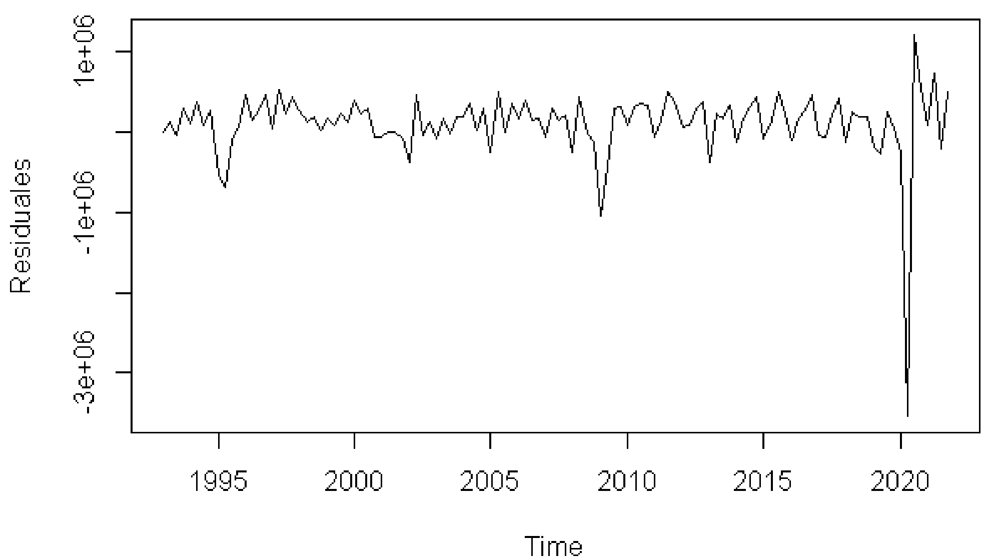
4.2.3. Validación del modelo.

Luego de identificar y estimar el modelo, estamos a un paso de realizar el pronóstico de nuestra serie de tiempo, pero antes de ello, hay que comprobar que el modelo sea el apropiado, es decir, si es el que mejor se ajusta a nuestra serie analizada, una forma de probarlo es mediante los residuales. El modelo seleccionado se aproxima de forma satisfactoria a nuestra serie de tiempo PIB.ts si sus residuales tienden a comportarse como un ruido blanco, es decir, son variables aleatorias con media cero, varianza constante y sus autocorrelaciones son iguales a cero.

En este sentido, para probar si los residuales se comportan como un ruido blanco se realiza la prueba de Ljung-Box, en la que, bajo la hipótesis nula de que los residuales son un ruido blanco, se tiene una región critica para un nivel de significancia de 5%, si el valor p es menor que 0.05 entonces el estadístico Q está dentro de la región crítica y se rechaza la hipótesis nula, si el valor p es mayor que 0.05 entonces no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los residuales se comportan como un ruido blanco.

```
> Box.test(e, type = "Ljung-Box")

        Box-Ljung test

data:  e
X-squared = 0.55637, df = 1, p-value = 0.4557
```

Al realizar la prueba en RStudio obtenemos un valor p de 0.4557, lo que es claramente mayor a 0.05, colocando al estadístico Q fuera de la región critica, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula y se comprueba que los residuales se comportan como un ruido blanco.



Gráfica 4.5 Representación gráfica de los residuales.

En la gráfica 4.5, los residuales oscilan alrededor de una media igual a cero, y muestran una varianza constante, no obstante, lo anterior se busca confirmar a través de la prueba Ljung-

Box realizada también en RStudio, se utiliza una función llamada ts.diag(), la cual otorga un diagnóstico del modelo estimado, representando los residuos de forma estandarizada, la función de autcorrelación de los residuos y los valores p de la prueba de Ljung-Box mediante tres gráficas, tal como se muestra en la ilustración 4.1.

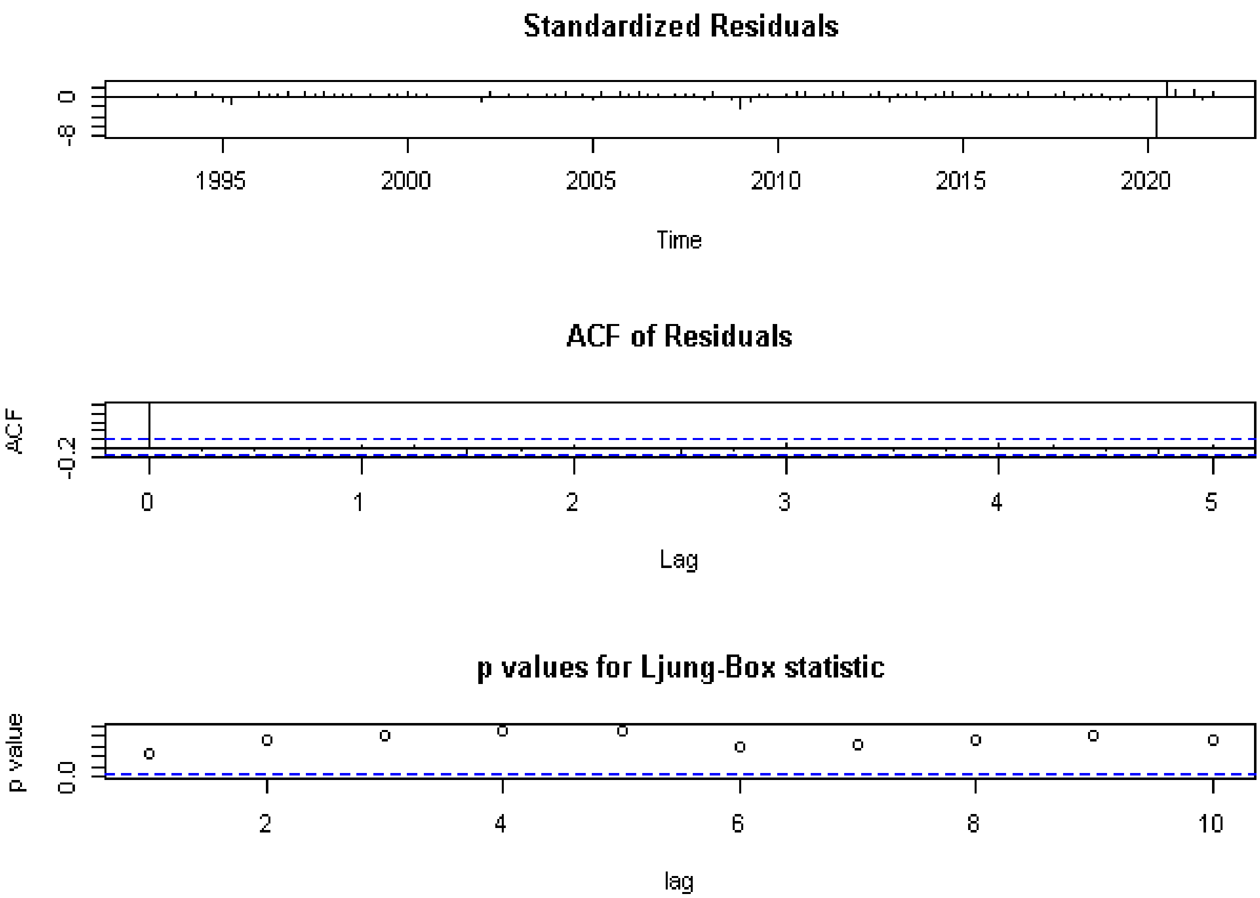


Ilustración 4.1. Diagnóstico del modelo ARIMA para nuestra serie de tiempo PIB.ts

Los residuales estandarizados nos muestran los valores que están demasiado lejos o son muy diferentes a los valores del resto de los datos, observando en su gráfica la mayoría de sus valores se comportan como un ruido blanco, es decir, no se encuentran muy dispersos, la gráfica de la función de autocorrelación simple indica autocorrelaciones no significativas y los p valores, para la prueba de Ljung-Box del estadístico Q, están por encima del 0.05, representada con la línea azul punteada, es decir, los residuales son un ruido blanco y por lo tanto el modelo ARIMA (3,1,2) se ajusta adecuadamente a nuestra serie de tiempo.

4.2.4. Pronóstico del modelo ARIMA(3,1,2).

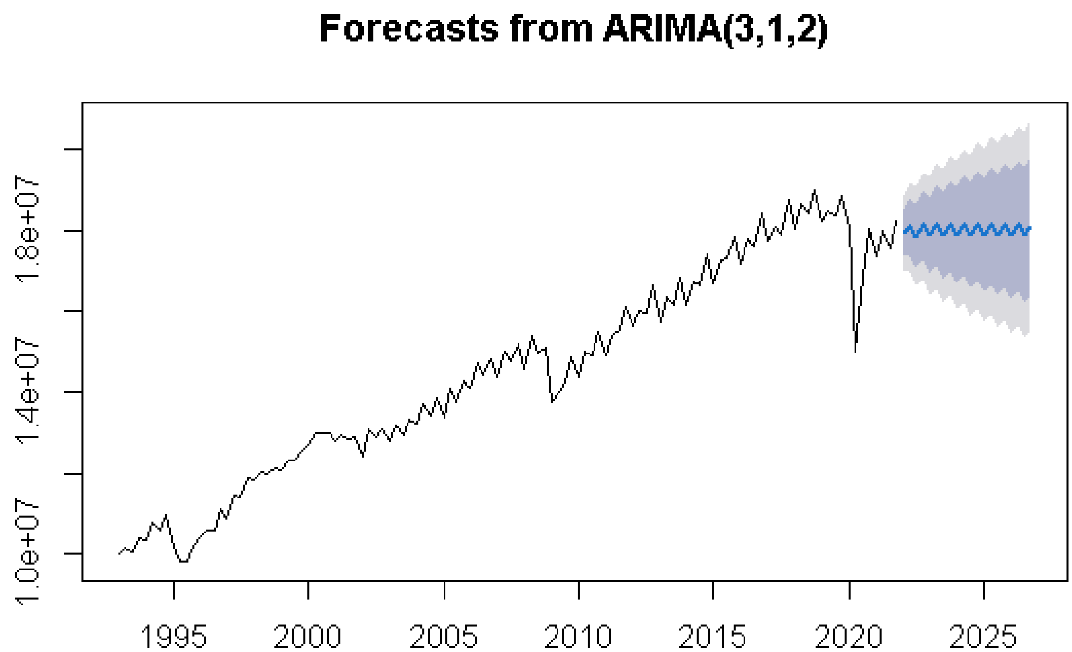
Una vez que hemos identificado, estimado y validado nuestro modelo, dado que se ha cumplido cada uno de los pasos basados en la metodología de Box-Jenkins, es momento de realizar su pronóstico. En este sentido, hemos trabajado con datos del Producto Interno Bruto para un periodo trimestral que va desde el primer trimestre del año 1993 hasta el cuarto trimestre del año 2021, datos que nos brinda el INEGI, sin embargo, nuestro principal interés es conocer cómo fue el impacto de la pandemia en nuestra economía y en qué momento podrá recuperar su estabilidad económica o cómo será el transcurso de nuestra variable en un futuro cercano. Para ello se realizó el pronóstico de nuestra serie de tiempo PIB.ts hasta el cuarto trimestre del año 2026 y así conocer qué comportamiento tendrá la actividad económica en los siguientes años.

Como ya se mencionó, con ayuda del software RStudio se hizo el pronóstico del modelo ARIMA (3,1,2) de la serie de tiempo del PIB y los valores predichos son los siguientes:

```
> p1 <- forecast::forecast(Mod1, h = 20)
> p1
        Point Forecast    Lo 80    Hi 80    Lo 95    Hi 95
2022 Q1       17946878 17359749 18534006 17048942 18844813
2022 Q2       18096165 17369641 18822690 16985041 19207290
2022 Q3       17861002 17061242 18660762 16637874 19084129
2022 Q4       18133632 17269617 18997646 16812235 19455028
2023 Q1       17883487 16932302 18834673 16428775 19338200
2023 Q2       18122122 17108206 19136038 16571471 19672773
2023 Q3       17880068 16796756 18963380 16223285 19536851
2023 Q4       18123089 16985948 19260230 16383982 19862196
2024 Q1       17882799 16682159 19083439 16046579 19719019
2024 Q2       18120915 16871059 19370772 16209425 20032406
2024 Q3       17884042 16576516 19191568 15884354 19883731
2024 Q4       18119562 16766720 19472403 16050569 20188554
2025 Q1       17885614 16479315 19291913 15734865 20036363
2025 Q2       18118025 16669423 19566626 15902580 20333470
2025 Q3       17887085 16388514 19385656 15595218 20178952
2025 Q4       18116558 16578172 19654945 15763799 20469318
2026 Q1       17888556 16303079 19474033 15463778 20313334
2026 Q2       18115098 16491885 19738310 15632608 20597587
2026 Q3       17890004 16222147 19557860 15339237 20440770
2026 Q4       18113659 16409845 19817473 15507900 20719418
> 
```

Tabla 4.3. Pronóstico del Producto Interno Bruto

La tabla 4.3 muestra el pronóstico para cada trimestre, desde el primero del año 2022 hasta el cuarto del año 2026, así como los límites inferiores y superiores de los intervalos de confianza de un 80% y 95% para dichos pronósticos. En la gráfica 4.6 se observa en la parte sombreada y línea azul una tendencia de pequeñas subidas y bajadas para nuestra variable PIB en los próximos cinco años.



Gráfica 4.6. Representación gráfica del pronóstico para el Producto Interno Bruto de México.

En los últimos cuatro años previos a la pandemia, se observó que el PIB a precios constantes mantuvo pequeños incrementos y disminuciones, para el primer trimestre del año 2016 el PIB fue de 17,166,448 Mdp, lo que representó una disminución del menos 3.92% con respecto al anterior, no obstante en el siguiente trimestre del mismo año hubo un incremento del 3.58%, posicionando al PIB en 17,781,185 Mdp.

Para el 2017 en el primer trimestre se registró un incremento del 3.44% en contraste al mismo del año 2016, pero con respecto al trimestre anterior sufrió una caída del menos 3.58%. Para los años 2018 y 2019 el comportamiento fue similar al de años anteriores, en el cuarto trimestre se presentaron incrementos del 3.13% y 2.67% con respecto al tercero de cada año.

En general en los últimos años, aunque el PIB ha tenido pequeñas disminuciones, se ha presentado un crecimiento positivo comparado con el PIB de los años 90 y 2000, no obstante este se vio afectado con la llegada de la pandemia a partir del año 2020.

En el primer trimestre del 2020 el PIB se situó en 18,078,353 Mdp, lo que representó una caída de menos 4.15% con respecto al cuarto del 2019, no obstante la caída más fuerte en este año fue registrada en el segundo trimestre, la cual fue de menos 16.9%, esto se debió principalmente a los cambios generados por el confinamiento y las medidas que el gobierno de cada país tomó para frenar los contagios. Para el tercer y cuarto trimestre del mismo año se tuvieron incrementos del 11.9% y 7.27% con respecto al trimestre anterior.

En el año 2021 se presentaron caídas de -4.13% para el primer trimestre y de -2.4% en el tercer y para el cuarto hubo una recuperación del 3.8% con respecto al anterior.

Con los valores que hemos estimado para los años comprendidos en el periodo 2022 al 2026, se observa que la actividad económica empieza a recuperarse y a presentar el comportamiento que tenía previo a la pandemia, nuestros valores estimados registraron pequeños incrementos y disminuciones, en el segundo trimestre del 2022 se tiene un incremento de 0.83%, mientras que para el tercer y cuarto trimestre se registraron caídas de -1.3% y -4.07% con respecto a los trimestres anteriores.

Para el año 2023, en el primer y segundo trimestre se proyectan incrementos de 4% y de 1.3% sucesivamente, y aunque en el tercer trimestre hay una caída del -1.33% para el cuarto vuelve aumentar un 1.35%.

Este mismo comportamiento se ve reflejado en los siguientes años, para el cuarto trimestre del 2026 se tiene un aumento de 5.72% con respecto al mismo del 2022, aunque comparándolo con el cuarto del año 2021 hay una disminución de -0.75%.

Gracias a que las actividades económicas y sociales vuelven de manera gradual a la normalidad y a los valores estimados, como se observan en la tabla 4.2, se espera que en los próximos cinco años el comportamiento de la economía en el país se establezca al mismo ritmo que venía antes del Covid-19, y así llegue a mejorar en el transcurso del tiempo con las decisiones y políticas tomadas de manera correcta por el gobierno y los agentes económicos, generando un desarrollo económico positivo para el país, de manera nacional como internacional.

4.3. Análisis de la tasa de desocupación en México por metodología Box-Jenkins. (Modelo ARIMA).

4.3.1. Identificación del modelo

Uno de los elementos más importantes en el desarrollo de una economía es el empleo, cuando en el país se registran incrementos en el nivel de empleo, la cifra de la población ocupada aumenta, lo que va de la mano de un crecimiento económico, esto debido a que la única forma de que la producción incremente es si hay más trabajadores involucrados en los procesos productivos, como consecuencia el ingreso de las familias también es mayor y por consecuencia también el consumo. Por otra parte, cuando lo que incrementa es el desempleo o la tasa de desocupación, ocurre todo lo contrario, baja la producción, el ingreso y el consumo, lo que impacta de forma negativa en el desarrollo del país.

Para realizar el análisis y el pronóstico de nuestra variable de estudio, que es la tasa de desocupación en México, se utilizó la base de datos que nos brinda el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2021), con respecto a la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo en nuestro país, los datos son presentados mensualmente desde el mes de enero del año 2011 hasta diciembre del año 2021. Con esta base de datos que definimos como tasa desocupación y con la ayuda de nuestro software, vamos a crear la serie de tiempo tasa.ts para identificar, analizar y crear el modelo ARIMA que mejor se ajuste a ella.

Iniciamos con la creación de nuestra serie tasa.ts, misma que se muestra en la tabla 4.4, también analizamos si es o no estacionaria mediante su representación gráfica y la prueba de Dickey-Fuller.

Tabla 4.4. Serie de tiempo para la tasa de desocupación en México.

```
> tasa.ts
```

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2011	5.0	5.3	5.1	5.2	5.4	5.6	5.2	5.3	5.1	4.9	5.1	5.0
2012	4.6	5.3	5.0	4.9	4.8	4.8	4.7	4.9	4.6	4.9	5.2	4.9
2013	5.2	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0	4.9	4.8	5.0	4.9	4.6	4.7
2014	4.9	4.8	5.3	4.9	4.9	4.8	5.2	4.8	4.8	4.7	4.7	4.1
2015	4.4	4.4	4.3	4.3	4.4	4.4	4.5	4.4	4.2	4.4	4.1	4.3
2016	4.2	4.3	4.1	3.8	4.0	3.9	3.8	3.8	3.8	3.6	3.6	3.6
2017	3.5	3.4	3.5	3.5	3.5	3.3	3.3	3.3	3.3	3.4	3.5	3.4
2018	3.3	3.3	3.3	3.4	3.2	3.4	3.3	3.3	3.3	3.2	3.3	3.6
2019	3.5	3.4	3.6	3.5	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6	3.5	3.1
2020	3.7	3.6	3.3	4.7	4.3	5.5	5.0	4.9	4.8	4.6	4.5	4.1
2021	4.5	4.4	4.4	4.7	4.1	4.0	4.1	4.0	3.9	3.9	3.8	3.8

Nota. Elaboración propia mediante RStudio y con la base de datos brindada por el INEGI.

Gráfica 4.7. Elaboración propia de la representación gráfica para la serie de tiempo de la tasa de desocupación.

La gráfica 4.7 nos presenta cómo los datos de la serie tasa.ts no oscilan alrededor de una media constante, mostrando tendencias de crecimiento y caída durante todo el periodo, y en el año 2020 se expone un crecimiento alto debido a la crisis económica por el Covid-19; a simple vista se dice que nuestra serie de tiempo no es estacionaria, pero para tener un mejor análisis se realizó la prueba de Dickey-Fuller, y se obtuvieron los siguientes resultados.

```
> adf.test(tasa.ts, alternative = "stationary")

        Augmented Dickey-Fuller Test

data:  tasa.ts
Dickey-Fuller = -1.8814, Lag order = 5, p-value = 0.6258
alternative hypothesis: stationary
```

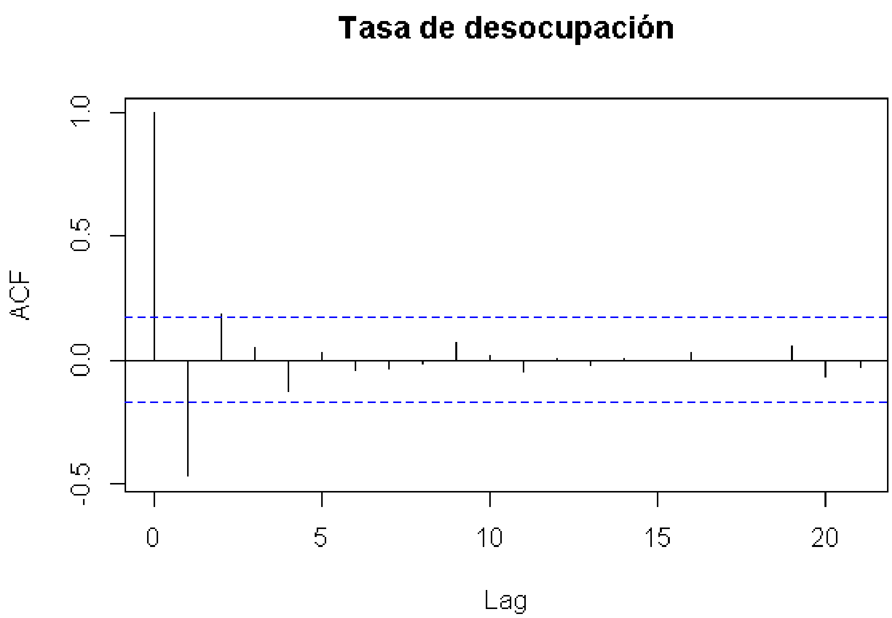
En esta prueba se tuvo un valor crítico estimado de -1.8814, el cual es mayor al valor critico al 5% de -3.41, el cual se muestra en nuestra tabla 3.4.2, del capítulo 3, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula de no estacionariedad, es decir, la serie de tiempo tasa.ts no es estacionaria y entonces procedemos a transformarla mediante sus diferencias. Este proceso es calculando su primera diferencia, lo que da como resultado una nueva serie de tiempo llamada D.tasa, la cual se presenta en la siguiente gráfica.

Gráfica 4.8. Representación gráfica de la primera diferencia para la serie de tiempo tasa.ts.

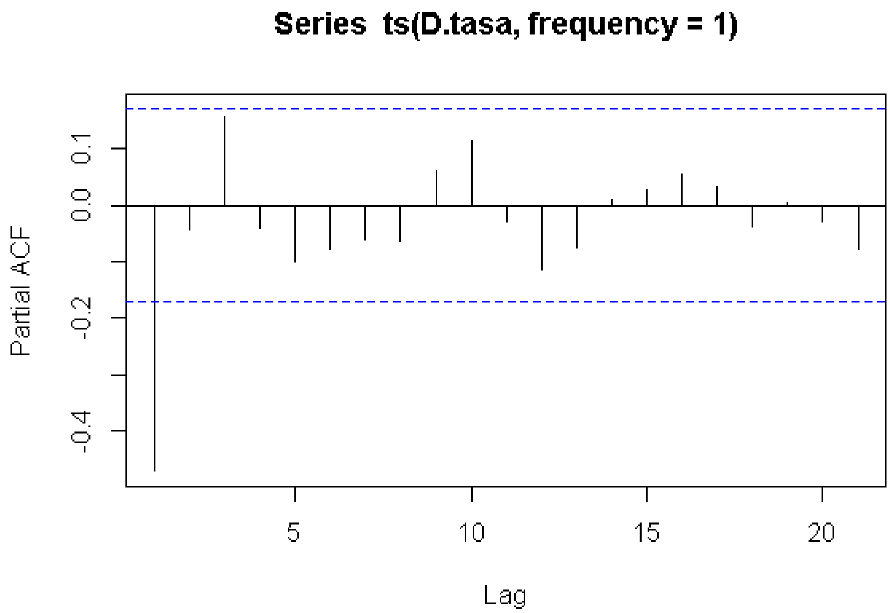
La gráfica 4.8 nos proyecta la manera en que los datos de la serie D.tasa se comportan, notamos que dichos datos oscilan alrededor de una media constante, igual a cero, y su varianza sobre esa media es constante, por lo tanto, se intuye que la nueva serie de tiempo D.tasa es estacionaria, lo que se confirmó a través de la prueba Dickey-Fuller, en la que se obtuvo un valor crítico estimado de -5.3827 el cual es menor que el valor crítico al 5% de -1.94, así se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la serie D.tasa integrada de orden uno es estacionaria.

```
> adf.test(D.tasa, alternative = "stationary")

        Augmented Dickey-Fuller Test

data:  D.tasa
Dickey-Fuller = -5.3827, Lag order = 5, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

Ahora que nuestra serie de tiempo ya se trata de una serie estacionaria, vamos a identificar el orden de autorregresivos (p) y el orden de medias móviles (q) significativos para el modelo ARIMA, esto mediante las funciones de autocorrelación simple y autocorrelación parcial.



Gráfica 4.9. Correlograma de la función de autocorrelación simple para la serie de tiempo D.tasa.



Gráfica 4.10. Correlograma de la función de autocorrelación parcial de la serie de tiempo D.tasa.

De acuerdo con el correlograma de la función de autocorrelación simple de nuestra serie de tiempo D.tasa, representada en la gráfica 4.9, se observa que el número de rezagos significativos para el modelo de medias móviles MA(q) es igual a tres; por su parte, en la gráfica 4.10 observamos el correlograma de la función de autocorrelación parcial en la que vemos que el número de rezagos significativos para el modelo de autorregresivos es p = 1, esto debido a que en ambos casos los rezagos se encuentran fuera de las bandas de confianza al 95% representadas con las líneas horizontales de color azul. Por lo tanto, siguiendo el principio de parsimonia y de acuerdo con la metodología de Box-Jenkins, el modelo adecuado para nuestra serie de tiempo tasa.ts es el siguiente.

- Modelo ARIMA(1,1,3).

$$\Delta \mathrm{tasa.ts}_t = \beta_1 \Delta \mathrm{tasa.ts}_{t-1} + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \theta_2 u_{t-2} - \theta_3 u_{t-3} \qquad (4.4)$$

4.3.2. Estimación de los parámetros.

Hasta el momento hemos identificado el modelo de nuestra serie tasa.ts, tal como se muestra en el modelo (4.4) de la sección anterior, el siguiente paso es realizar la estimación de sus parámetros mediante el software utilizado, donde se obtuvo lo siguiente.

- Estimación del modelo ARIMA(1,1,3) para la serie tasa.ts.

```
> Modelo12= arima(tasa.ts, order = c(1,1,3))
> Modelo12

Call:
arima(x = tasa.ts, order = c(1, 1, 3))

Coefficients:
          ar1     ma1      ma2     ma3
      -0.9623  0.5208  -0.1667  0.3125
s.e.   0.0299  0.0844   0.1003  0.0913

sigma^2 estimated as 0.05494:  log likelihood = 3.38,  aic = 3.23
```

- Modelo ARIMA(1,1,2).

$$\Delta \text{tasa.ts}_t = -0.9623\Delta \text{tasa.ts}_{t-1} + u_t - 0.5208u_{t-1} + 0.1667u_{t-2} - 0.3152u_{t-3} \quad (4.5)$$

s.e. 0.0299 0.0844 0.1003 0.0913

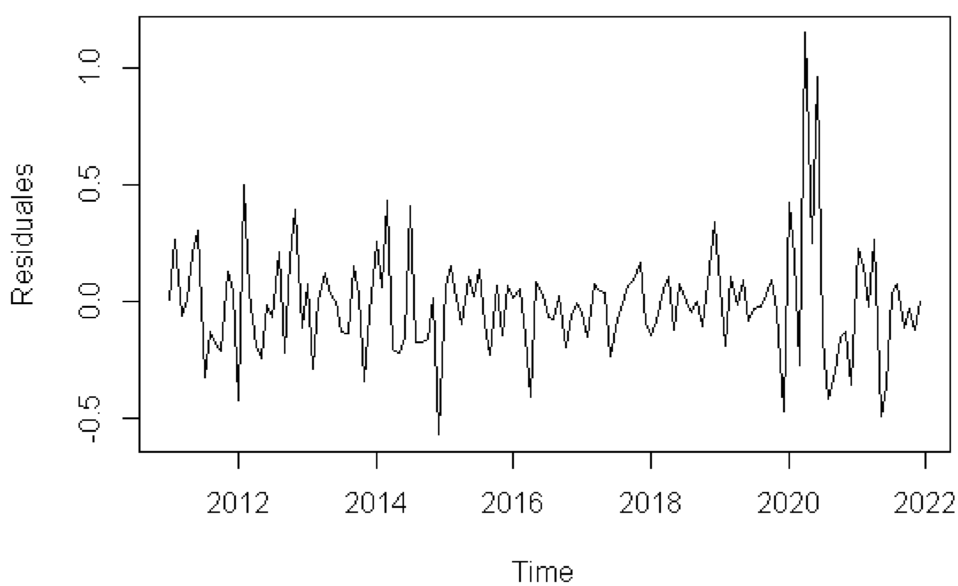
4.3.3. Validación del modelo.

En el tercer paso de la metodología de Box-Jenkins se verifica si el modelo identificado y estimado se ajusta de forma adecuada a nuestra serie de tiempo. Una manera de validarlo es por medio de los residuales, ya que estos nos indican el error cometido en la estimación de los parámetros, si un modelo se ajusta de forma adecuada a una serie entonces los residuales se comportarán como un ruido blanco, tal como lo hemos visto anteriormente. Para comprobar si los residuales se comportan como un ruido blanco, se utiliza la prueba de

Ljung-Box. Con ayuda del software utilizado, se realiza la prueba de Ljung-Box obteniendo lo siguiente.

```
> Box.test(er1, type = "Ljung-Box")

        Box-Ljung test

data:  er1
X-squared = 0.047241, df = 1, p-value = 0.8279
```

En la prueba se obtiene un p valor de 0.8279 que es mayor a 0.05, y por lo mencionado anteriormente, el estadístico Q cae fuera de la región crítica, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los residuales son un ruido blanco. En la gráfica 4.11 se observa cómo los residuales oscilan alrededor de una media cero y su varianza con respecto a esa media es constante, comprobando lo que nos brinda la prueba de Ljung-Box.



Gráfica 4.11. Residuales del modelo ARIMA(1,1,3) de la serie tasa.ts.

Realizando el diagnóstico de nuestro modelo estimado en RStudio, mediante la función llamada ts.diag(), se obtiene en la primera gráfica de la ilustración 4.2 que los residuales estandarizados se comportan como un ruido blanco, es decir, los valores no se encuentran tan dispersos unos de otros y la distancia entre ellos es pequeña, en la segunda gráfica que corresponde a la función de autocorrelación simple, observamos cómo sus autocorrelaciones no son significativas ya que ningún residual cae fuera de los límites o bandas de confianza de color azul, y la tercer gráfica de la ilustración nos da los p valores para la prueba de Ljung-Box del estadístico Q, los cuales se encuentran por encima del valor 0.05, así los residuales son un ruido blanco y por lo tanto el modelo ARIMA (1,1,3) se ajusta adecuadamente a nuestra serie de tiempo.

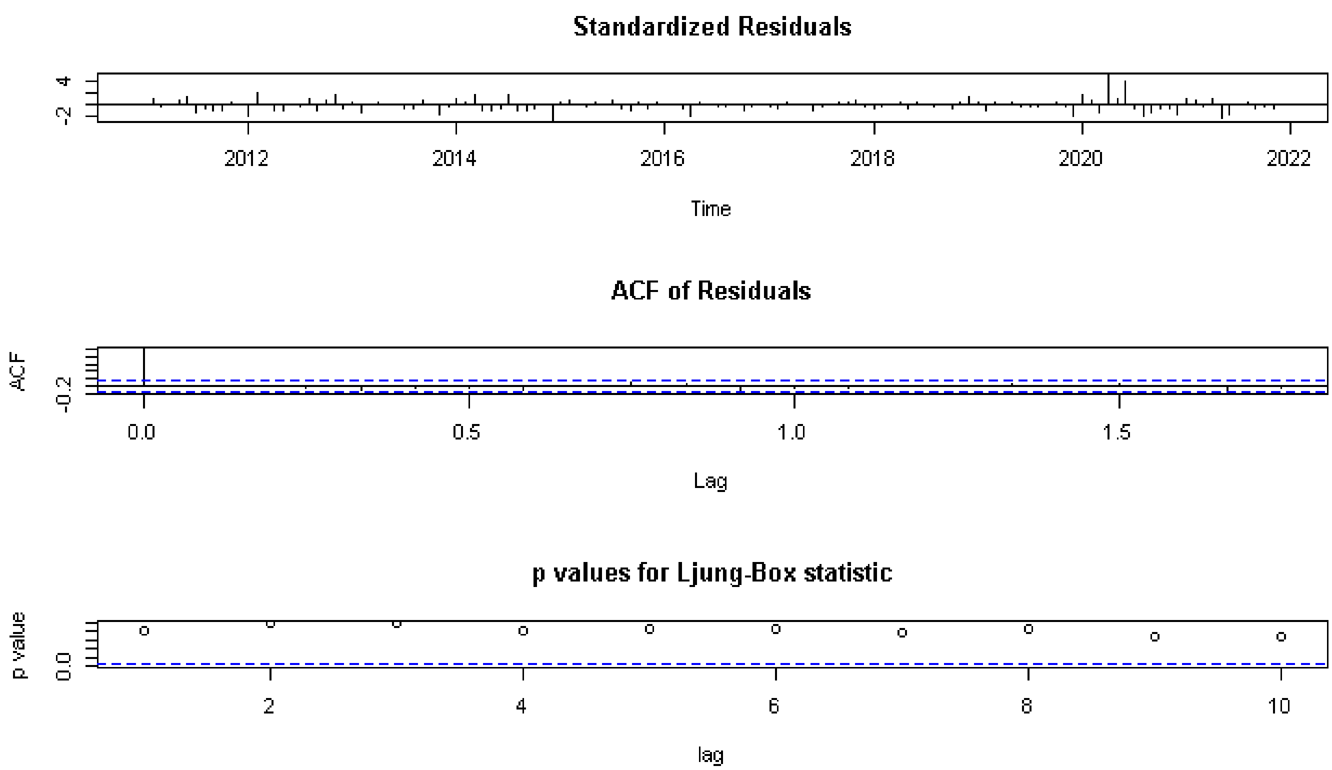


Ilustración 4.2. Diagnóstico del modelo ARIMA para nuestra la serie tasa.ts

4.3.4. Pronóstico del modelo ARIMA(1,1,3).

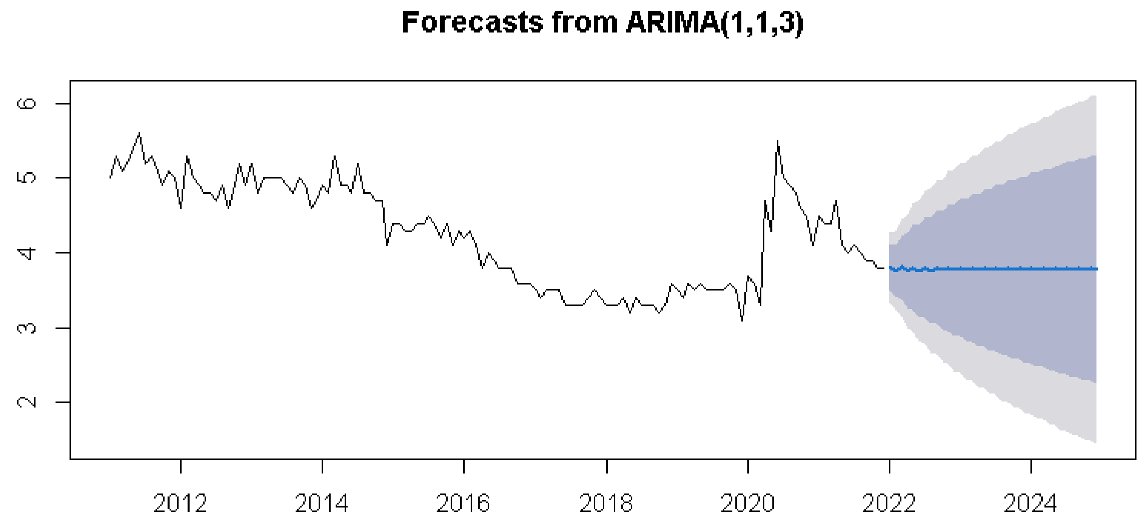
En este último paso, el modelo ya ha cumplido cada uno de los elementos de la metodología de Box-Jenkins, es por lo que ahora se obtiene el pronóstico de nuestra variable de estudio. Anteriormente ya hemos analizado la serie de tiempo para nuestra variable tasa de desocupación, según los datos brindados por el INEGI, en el periodo de enero del 2011 a diciembre del 2021. Como hemos visto, uno de los elementos determinantes para el desarrollo de un país es el nivel de empleo y una manera de conocer o medir el efecto que una crisis económica deja en el país es mediante la variación que hay sobre dicha variable, de ahí la necesidad de proyectar su comportamiento esperado en los periodos próximos.

Ya que hemos visto que nuestro modelo es adecuado para la serie tasa.ts, es momento de realizar el pronóstico del modelo ARIMA (1,1,3) mediante RStudio y los valores pronosticados son los siguientes:

```
> pronostico1
         Point Forecast    Lo 80    Hi 80    Lo 95    Hi 95
Jan 2022       3.810104 3.508902 4.111306 3.349456 4.270753
Feb 2022       3.761385 3.417182 4.105587 3.234972 4.287797
Mar 2022       3.808062 3.384584 4.231540 3.160408 4.455715
Apr 2022       3.763145 3.264522 4.261769 3.000567 4.525724
May 2022       3.806368 3.249778 4.362957 2.955137 4.657598
Jun 2022       3.764776 3.149334 4.380217 2.823539 4.706012
Jul 2022       3.804799 3.141307 4.468290 2.790076 4.819522
Aug 2022       3.766285 3.052909 4.479661 2.675270 4.857300
Sep 2022       3.803346 3.047949 4.558743 2.648066 4.958626
Oct 2022       3.767683 2.968283 4.567083 2.545107 4.990259
Nov 2022       3.802001 2.964741 4.639261 2.521522 5.082480
Dec 2022       3.768977 2.891953 4.646001 2.427685 5.110270
Jan 2023       3.800756 2.888963 4.712548 2.406290 5.195222
Feb 2023       3.770176 2.821861 4.718491 2.319853 5.220499
Mar 2023       3.799602 2.818935 4.780269 2.299802 5.299403
Apr 2023       3.771286 2.756677 4.785895 2.219575 5.322996
May 2023       3.798534 2.753530 4.843538 2.200338 5.396730
Jun 2023       3.772313 2.695484 4.849142 2.125446 5.419181
Jul 2023       3.797545 2.691948 4.903143 2.106680 5.488411
Aug 2023       3.773265 2.637620 4.908911 2.036445 5.510085
Sep 2023       3.796629 2.633597 4.959662 2.017925 5.575334
Oct 2023       3.774146 2.582584 4.965709 1.951808 5.596484
Nov 2023       3.795782 2.578024 5.013539 1.933382 5.658181
Dec 2023       3.774962 2.529991 5.019934 1.870943 5.678982

Jan 2024       3.794996 2.524874 5.065119 1.852512 5.737481
Feb 2024       3.775718 2.479536 5.071900 1.793379 5.758057
Mar 2024       3.794269 2.473860 5.114678 1.774878 5.813660
Apr 2024       3.776418 2.430972 5.121863 1.718736 5.834099
May 2024       3.793596 2.424750 5.162442 1.700126 5.887065
Jun 2024       3.777066 2.384097 5.170034 1.646704 5.907427
Jul 2024       3.792972 2.377348 5.208597 1.627962 5.957983
Aug 2024       3.777665 2.338742 5.216589 1.577022 5.978308
Sep 2024       3.792395 2.331492 5.253299 1.558136 6.026654
Oct 2024       3.778221 2.294765 5.261677 1.509471 6.046971
Nov 2024       3.791860 2.287042 5.296679 1.490439 6.093282
Dec 2024       3.778735 2.252045 5.305426 1.443864 6.113607
```

Tabla 4.5. Pronóstico de la tasa de desocupación en México.

La tabla 4.5 muestra el pronóstico para cada mes desde enero del año 2022 hasta el mes de diciembre del año 2024, como también los límites inferiores y superiores de los intervalos de confianza de un 80% y 95% para dichos pronósticos. En la gráfica 4.12 se observa en la parte sombreada y con línea azul la tendencia que tendrá la tasa de desocupación en los próximos meses hasta diciembre del año 2024, esta tendencia se muestra constante, con pequeños incrementos y caídas a través del tiempo.



Gráfica 4.12. Representación gráfica del pronóstico para la tasa de desocupación en México.

Entre los años 2016 al 2019, la tasa de desocupación osciló entre 3% y 4%, lo que representó una tasa estable y baja en los últimos diez años, estos valores ayudaban en el desarrollo económico del país, ya que con tasas bajas significa que existen más empleos y mayor ingreso económico en la población, así como mejores producciones en el lado de oferta de bienes, lo que significa una estabilidad en la oferta y demanda agregada y por consecuente en el nivel de precios.

Esta estabilidad se vio afectada a partir del año 2020 con el inicio del confinamiento a raíz de la pandemia Covid-19, el cierre parcial de empresas locales y la implementación de la modalidad de trabajo conocida como Home Office provocaron la pérdida de empleos incrementando la tasa de desocupación. En el año 2020, en el mes de marzo se registró una tasa del 3.3% y para el mes de abril se incrementó a 4.7%, justo en el mes donde inició el confinamiento y las empresas del país implementaron medidas para evitar el contagio. Durante el mismo año la tasa osciló entre 4% y 5%, producto de la desestabilidad y la falta de conocimiento que se tenía de la nueva enfermedad ocasionando el cierre del comercio internacional y la baja en la producción de bienes por el cierre temporal o definitivo de empresas, en los años 2020 y 2021 la cantidad de personas con edad para laboral y sin un empleo era mayor a la de otros años, en junio del 2020 se registró una tasa de desocupación del 5.5% siendo la más alta en los último diez años.

A partir del año 2021 y gracias a que se tenía un mejor control sobre la enfermedad con la llegada de las vacunas, los comercios, empresas y servicios empezaron a reabrir de manera parcial, el confinamiento llegaba a su fin y se reactivaron las diferentes actividades económicas originando nuevas oportunidades de empleo, esto se vio reflejado de manera positiva en la tasa de desocupación, la cual disminuyó registrando una tasa del 3.8% para los meses de noviembre y diciembre mismo año.

Los valores estimados de la tasa de desocupación para los años 2022, 2023 y 2024 que resultaron de nuestro análisis, tal como se muestran en la tabla 4.5 y gráfica 4.12, nos indican el posible comportamiento que tendrá el empleo en el país, el cual presenta una tendencia a la baja con pequeños incrementos y caídas en el transcurso del tiempo lo que la hace parecer constante. La recuperación de un país es más lenta debido a los distintos factores que influyen, en especial si hablamos del empleo, las empresas determinan su producción real de bienes y productos con respecto a la cantidad de capital e insumos de trabajo con los que cuentan y a fin de maximizar sus utilidades elijen la cantidad de empleados que necesitan. También por el lado de la oferta de trabajo, las personas escogen que tipo de empleo les conviene con respecto al salario y su tiempo libre, con el objetivo de satisfacer su vida diaria. Se espera que el país siga esa tendencia con el fin de igualar o mejorar el nivel de empleo que se tenía previo a la pandemia y así desarrollar un crecimiento económico en el país en beneficio de la población mexicana.

4.4. Análisis de la tasa de inflación por metodología Box-Jenkins. (Modelo ARIMA).

Una vez que hemos analizado dos de las variables más importantes para la economía de un país, vamos a dedicar esta sección al análisis y proyección de otra variable importante, la inflación. Esta es fundamental porque la variabilidad de los precios funciona como una señal que contribuye a la asignación de los recursos productivos entre las distintas actividades económicas y productivas, pero si es muy grande las señales son confusas y presumiblemente la asignación sería inadecuada. Es por lo que es vital tratar de estimar el comportamiento de los precios.

4.4.1. Identificación del modelo

Tanto el INEGI como el Banco de México proveen datos sobre la inflación mensual anualizada, medida como la variación porcentual del Índice Nacional de Precios al Consumidor, para el periodo de enero del año 2000 a julio del año 2022. Con la ayuda de esta base de datos denominada Inflación se analizó y determinó el mejor modelo ARIMA (p,d,q) que se ajustó a nuestra serie de tiempo y se realizó el pronóstico de nuestra variable de estudio. Todo el análisis de nuestra serie se llevará a cabo bajo la metodología de Box-Jenkisn y mediante el software RStudio, tal como se desarrolló con las dos variables anteriores.

Los datos de nuestra serie de tiempo son los que se muestran en la siguiente tabla

.

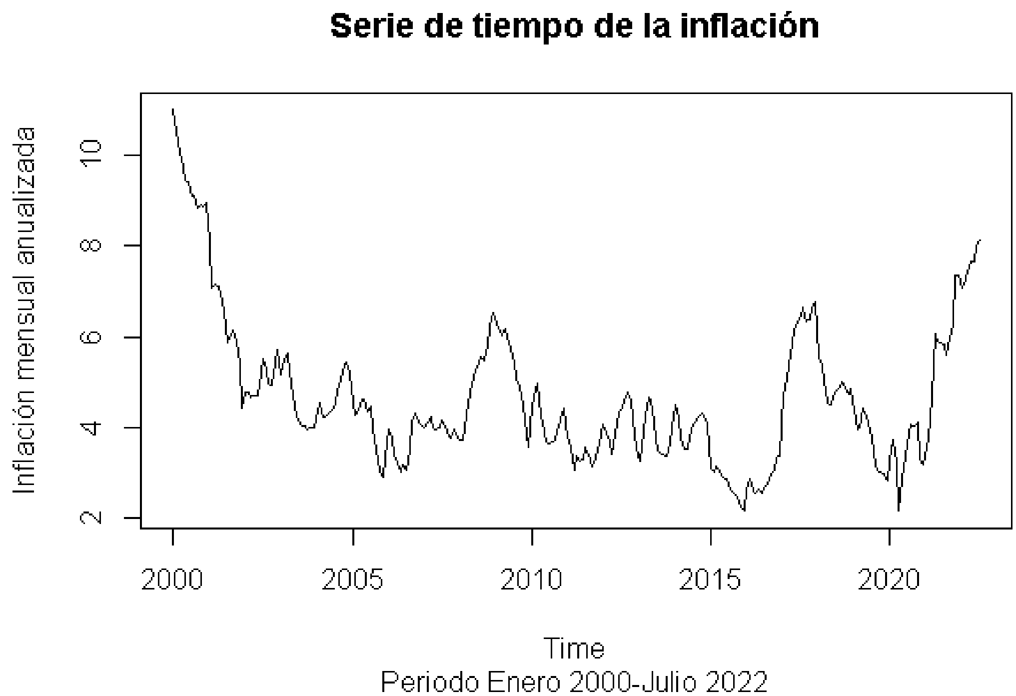
Tabla 4.6. Serie de tiempo de la variable inflación para México.

> Inf.ts

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2000	11.02	10.52	10.11	9.73	9.48	9.41	9.12	9.10	8.85	8.91	8.87	8.96
2001	8.11	7.09	7.17	7.11	6.95	6.57	5.88	5.93	6.14	5.89	5.39	4.40
2002	4.79	4.79	4.66	4.70	4.68	4.94	5.51	5.29	4.95	4.94	5.39	5.70
2003	5.16	5.52	5.64	5.25	4.70	4.27	4.13	4.04	4.04	3.96	3.98	3.98
2004	4.20	4.53	4.23	4.21	4.29	4.37	4.49	4.82	5.06	5.40	5.43	5.19
2005	4.54	4.27	4.39	4.60	4.60	4.33	4.47	3.95	3.51	3.05	2.91	3.33
2006	3.94	3.75	3.41	3.20	3.00	3.18	3.06	3.47	4.09	4.29	4.09	4.05
2007	3.98	4.11	4.21	3.99	3.95	3.98	4.14	4.03	3.79	3.74	3.93	3.76
2008	3.70	3.72	4.25	4.55	4.95	5.26	5.39	5.57	5.47	5.78	6.23	6.53
2009	6.28	6.20	6.04	6.17	5.98	5.74	5.44	5.08	4.89	4.50	3.86	3.57
2010	4.46	4.83	4.97	4.27	3.92	3.69	3.64	3.68	3.70	4.02	4.32	4.40
2011	3.78	3.57	3.04	3.36	3.25	3.28	3.55	3.42	3.14	3.20	3.48	3.82
2012	4.05	3.87	3.73	3.41	3.85	4.34	4.42	4.57	4.77	4.60	4.18	3.57
2013	3.25	3.55	4.25	4.65	4.63	4.09	3.47	3.46	3.39	3.36	3.62	3.97
2014	4.48	4.23	3.76	3.50	3.51	3.75	4.07	4.15	4.22	4.30	4.17	4.08
2015	3.07	3.00	3.14	3.06	2.88	2.87	2.74	2.59	2.52	2.48	2.21	2.13
2016	2.61	2.87	2.60	2.54	2.60	2.54	2.65	2.73	2.97	3.06	3.31	3.36
2017	4.72	4.86	5.35	5.82	6.16	6.31	6.44	6.66	6.35	6.37	6.63	6.77
2018	5.55	5.34	5.04	4.55	4.51	4.65	4.81	4.90	5.02	4.90	4.72	4.83
2019	4.37	3.94	4.00	4.41	4.28	3.95	3.78	3.16	3.00	3.02	2.97	2.83
2020	3.24	3.70	3.25	2.15	2.84	3.33	3.62	4.05	4.01	4.09	3.33	3.15
2021	3.54	3.76	4.67	6.08	5.89	5.88	5.81	5.59	6.00	6.24	7.37	7.36
2022	7.07	7.28	7.45	7.68	7.65	7.99	8.15					

Nota. Elaboración propia mediante RStudio y la base de datos Inflación.

Una vez creada la serie de tiempo para nuestra variable de estudio, a la que definimos como Inf.ts, analizamos si nuestra serie de tiempo es o no estacionaria, esto mediante su representación gráfica y a través de la prueba de Dickey Fuller.



Gráfica 4.13. Elaboración propia de la representación gráfica para la serie de tiempo de la Inflación.

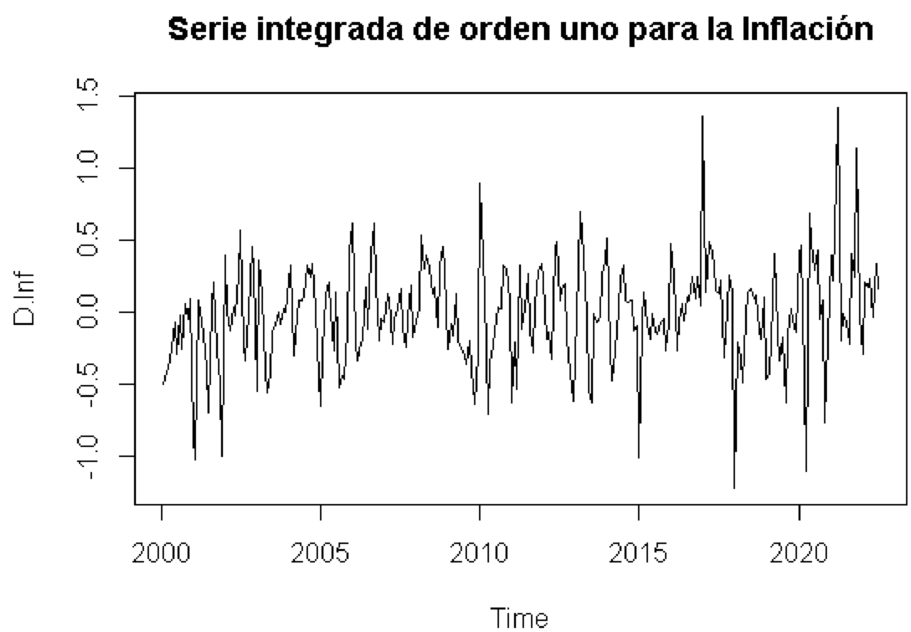
En la gráfica 4.13, se observa que los datos de nuestra serie Inf.ts no oscilan alrededor de una media constante, es decir, presenta una tendencia que cambia a través del tiempo, esto sucede por las crisis y crecimientos económicos que se han vivido en los últimos 21 años. Por lo tanto, se concluye que la serie de tiempo Inf.ts es no estacionaria.

Para confirmarlo se hizo la prueba de Dickey-Fuller; mediante nuestro software se realiza el procedimiento de la prueba y se obtiene lo siguiente:

```
> adf.test(Inf.ts, alternative = "stationary")

        Augmented Dickey-Fuller Test

data:  Inf.ts
Dickey-Fuller = -2.4044, Lag order = 6, p-value = 0.4057
alternative hypothesis: stationary
```

La prueba Dickey-Fuller arroja un valor crítico estimado de -2.4044, que es mayor que el valor crítico al 5% de -3.41, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula y la serie de tiempo Inf.ts no es estacionaria.

Ahora que ya hemos concluido que nuestra serie es no estacionaria, vamos a transformarla, para ello obtenemos su primera diferencia y llevamos a cabo las pruebas necesarias para verificar si con una sola diferencia se transforma la serie de tiempo Inf.ts para que sea estacionaria.

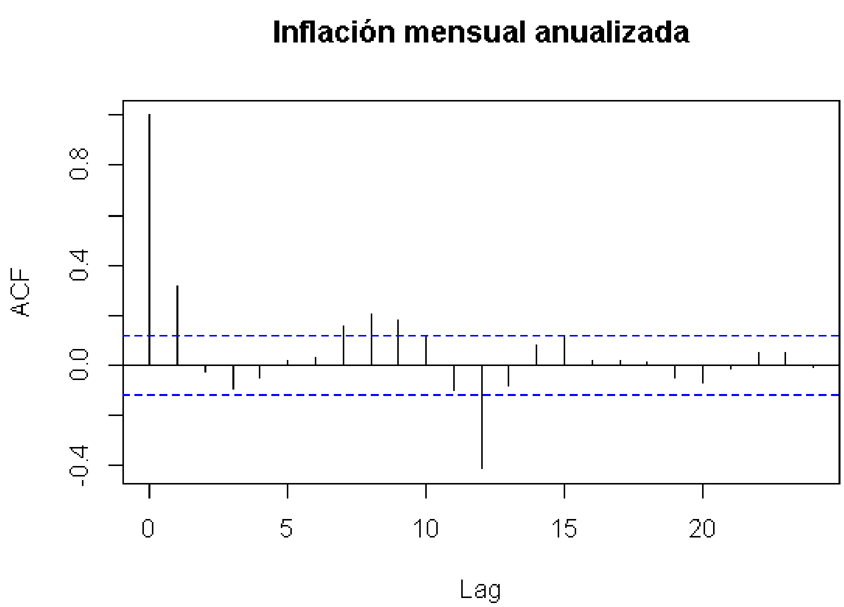


Gráfica 4.14. Representación gráfica de la primera diferencia para la serie de tiempo de la Inflación.

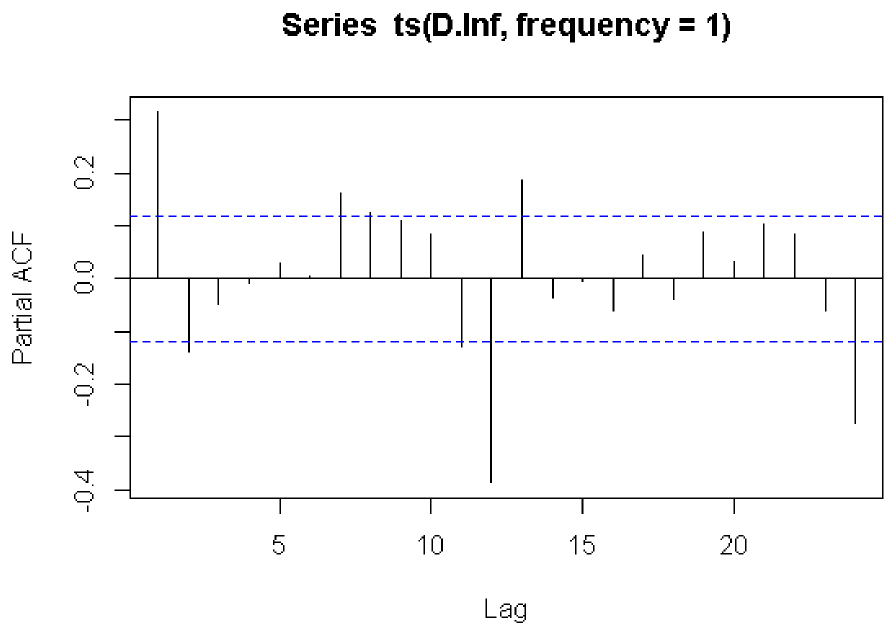
Al calcular la primer diferencia se obtiene una nueva serie de tiempo integrada de orden uno a la cual definimos como D.Inf, se ve en la gráfica 4.14 que los datos ya oscilan alrededor de una media constante igual a cero y presentan una varianza constante con respecto a esa media. Por lo que se tiene que la nueva serie D.Inf es estacionaria. Ahora, mediante la prueba de Dickey-Fuller se confirma lo antes dicho, pues el valor crítico estimado de -5.474 es menor al valor crítico al 5% de -1.94, por lo tanto, se concluye que la serie integrada de orden uno para nuestra variable Inflación es estacionaria.

```
> adf.test(D.Inf, alternative = "stationary")

        Augmented Dickey-Fuller Test

data:  D.Inf
Dickey-Fuller = -5.474, Lag order = 6, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

Ahora que contamos con una serie de tiempo estacionaria, se identifica el orden autorregresivo (p) y el orden de medias móviles (q) para el modelo ARIMA de esta mediante la función de autocorrelación simple y la función de autocorrelación parcial, tal como se muestra a continuación.



Gráfica 4.15. Correlograma de la función de autocorrelación simple para la serie de tiempo D.Inf.



Gráfica 4.16. Correlograma de la función de autocorrelación parcial para la serie de tiempo D.Inf.

Observando el correlograma de la función de autocorrelación simple representado en la gráfica 4.15, se ve el número de rezagos (q) que son significativos en nuestro modelo de medias móviles MA(q), en este sentido, tomaremos a los primeros dos rezagos ya que son significativos para el modelo, porque ambos se encuentran fuera de las bandas de confianza al 95% representadas con líneas horizontales de color azul. Así el número de medias móviles para nuestro modelo son q = 2.

En la gráfica 4.16 se presenta el correlograma de la función de autocorrelación parcial, en el que se observa que el número de rezagos autorregresivos (p) que son significativos para el modelo es igual a uno por el principio de parsimonia, que es uno de los principales elementos para un modelo ARIMA, de acuerdo con Box y Jenkins, así el modelo identificado para nuestra serie de tiempo Inf.ts es el modelo ARIMA (1,1, 2).

$$\Delta \mathrm{Inf.ts}_t = \beta_1 \Delta \mathrm{Inf.ts}_{t-1} + u_t - \theta_1 u_{t-1} - \theta_2 u_{t-2} \qquad (4.6)$$

4.4.2. Estimación de los parámetros.

Una vez identificado el modelo procedemos a la estimación de los parámetros de nuestro modelo seleccionado, con el software se realizaron las estimaciones correspondientes del modelo ARIMA (1,1,2) para nuestra serie de tiempo Inf.ts, los resultados son los siguientes.

- Estimación del modelo ARIMA(1,1,2).

```
> Model4= arima(Inf.ts, order = c(1,1,2))
> Model4

Call:
arima(x = Inf.ts, order = c(1, 1, 2))

Coefficients:
         ar1      ma1      ma2
      0.9188  -0.5679  -0.3111
s.e.  0.2198   0.2296   0.1014

sigma^2 estimated as 0.116:  log likelihood = -92.41,  aic = 192.83
```

- Modelo ARIMA(1,1,2).

$$\Delta \mathrm{Inf.ts}_t = 0.9188\Delta \mathrm{Inf.ts}_{t-1} + u_t + 0.5679u_{t-1} + 0.3111u_{t-2} \qquad (4.5)$$

s.e. 0.2198 0.2296 0.1014

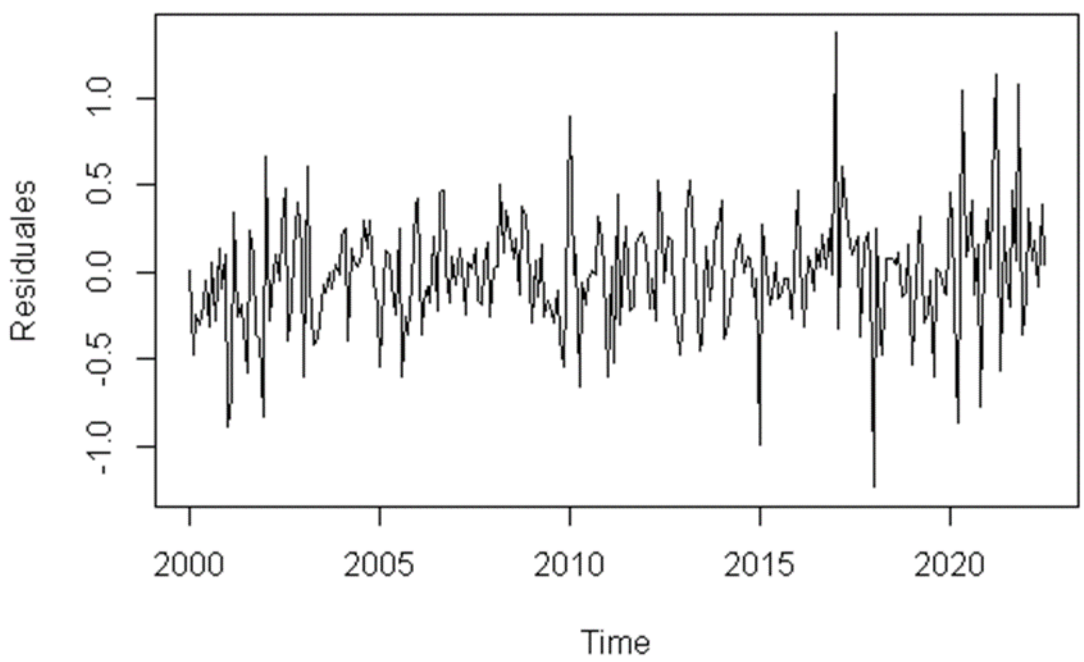
4.4.3. Validación del modelo.

Realizada la estimación se procede a verificar si dicho modelo se ajusta adecuadamente a nuestra serie de tiempo y así poder llegar a un pronóstico satisfactorio. Como ya se ha mencionado anteriormente, una forma de comprobar si nuestro modelo es el adecuado es mediante los residuales, es decir, estos se comportan como un ruido blanco validamos el modelo.

Para ello se realizó la prueba de Ljung-Box, con lo que obtuvimos los siguientes resultados:

```
> Box.test(e4, type = "Ljung-Box")

        Box-Ljung test

data:  e4
X-squared = 0.003845, df = 1, p-value = 0.9506
```

El p valor que se muestra es de 0.9505, el cual es mayor que 0.05, lo que quiere decir que el estadístico Q cae fuera de la región crítica, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los residuales son un ruido blanco. En la gráfica 4.17, se ve que los residuales oscilan alrededor de una media cero y su varianza con respecto a esa media es constante.



Gráfica 4.17. Representación gráfica de los residuales para el modelo ARIMA(1,1,2) de la serie Inf.ts.

Al realizar el diagnóstico del modelo estimado en RStudio, mediante la función llamada ts.diag(), se obtienen los residuos de forma estandarizada, la función de autocorrelación de los residuos y los valores p de la prueba de Ljung-Box mediante tres gráficas, tal como se muestra en la ilustración 4.3.

Los residuales estandarizados muestran un comportamiento como un ruido blanco, lo que significa que no existe gran distancia entre ellos; por su parte, la segunda gráfica corresponde a la función de autocorrelación simple, la cual indica que sus autocorrelaciones no son significativas y los p valores para la prueba de Ljung-Box del estadístico Q representadas en la tercer gráfica, se encuentran por encima del 0.05, es decir, los residuales son un ruido blanco y por lo tanto el modelo ARIMA(1,1,2) se ajusta adecuadamente a nuestra serie de tiempo.

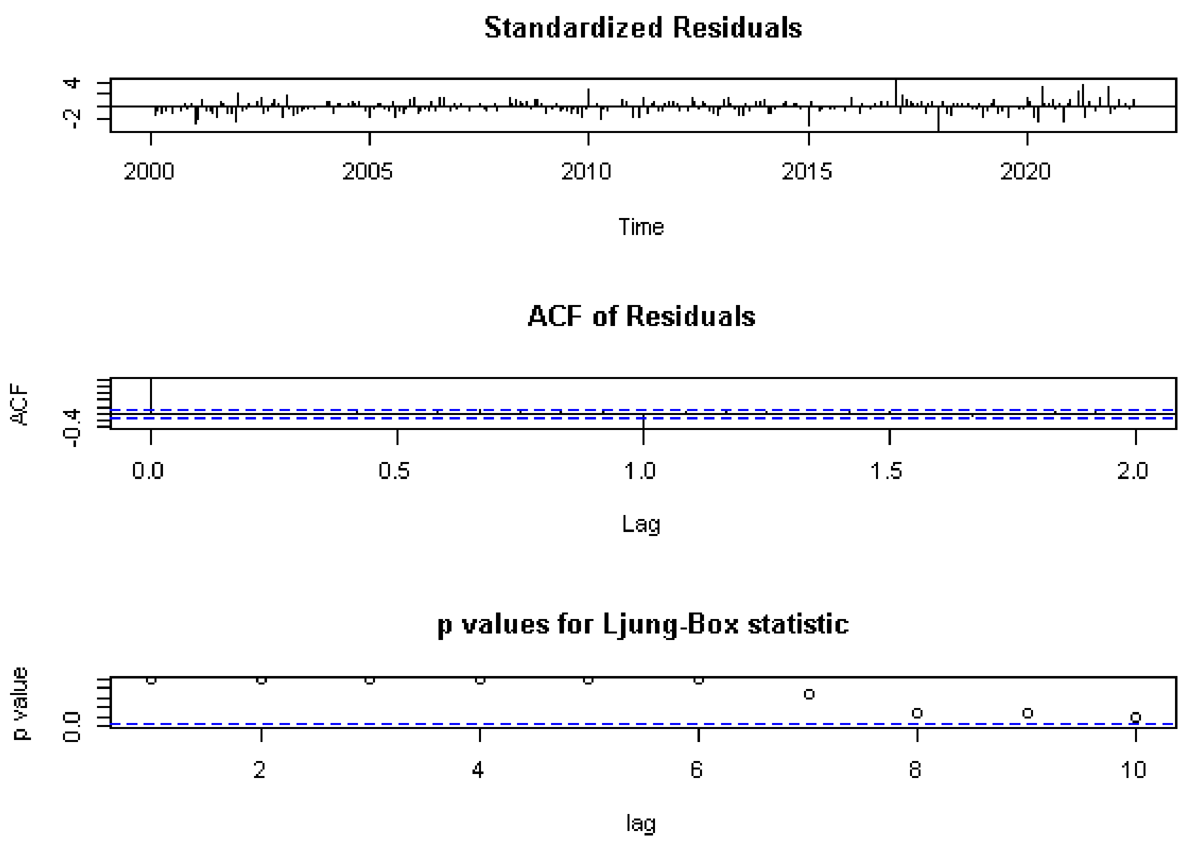


Ilustración 4.3. Diagnóstico del modelo ARIMA para nuestra serie de tiempo Inf.ts

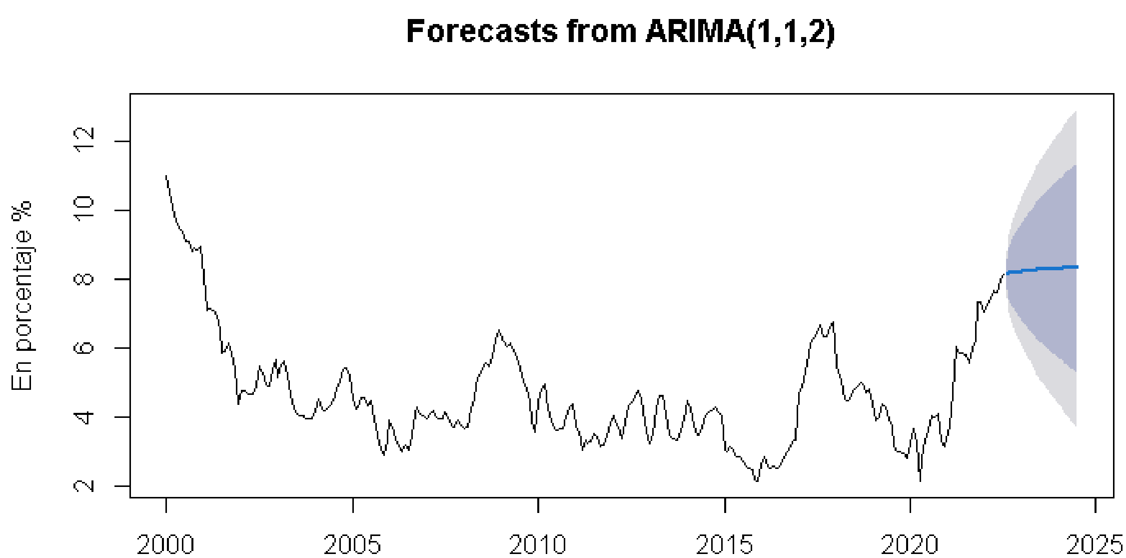
4.4.4. Pronóstico del modelo ARIMA(1,1,2).

Por último, como nuestro modelo satisface cada uno de los pasos de la metodología de Box-Jenkins, se obtiene su pronóstico. Como el objetivo es conocer y analizar el impacto que causó la pandemia Covid-19 en nuestra economía y el momento en qué nuestro país va a recuperar su estabilidad o cómo será la proyección económica del país, realizamos el pronóstico de nuestra serie de tiempo Inf.ts hasta el séptimo mes del año 2024 y conoceremos qué comportamiento tendrá la actividad económica en los siguientes dos años. Se hizo el pronóstico del modelo ARIMA (1,1,2) en RStudio de la serie de tiempo de la Inflación y los valores estimados para el modelo son los siguientes:

```
> pronostic4
         Point Forecast    Lo 80     Hi 80    Lo 95     Hi 95
Aug 2022       8.173551 7.736993  8.610109 7.505893  8.841209
Sep 2022       8.189388 7.455637  8.923138 7.067213  9.311562
Oct 2022       8.203939 7.259446  9.148431 6.759462  9.648416
Nov 2022       8.217309 7.098748  9.335870 6.506617  9.928001
Dec 2022       8.229594 6.958640  9.500548 6.285838 10.173350
Jan 2023       8.240881 6.832292  9.649470 6.086631 10.395132
Feb 2023       8.251253 6.715927  9.786578 5.903175 10.599330
Mar 2023       8.260782 6.607210  9.914354 5.731862 10.789702
Apr 2023       8.269538 6.504588 10.034488 5.570280 10.968796
May 2023       8.277583 6.406973 10.148194 5.416731 11.138435
Jun 2023       8.284975 6.313568 10.256383 5.269968 11.299983
Jul 2023       8.291767 6.223774 10.359760 5.129045 11.454490
Aug 2023       8.298008 6.137128 10.458888 4.993227 11.602789
Sep 2023       8.303742 6.053262 10.554222 4.861930 11.745554
Oct 2023       8.309011 5.971880 10.646141 4.734678 11.883343
Nov 2023       8.313852 5.892741 10.734963 4.611082 12.016622
Dec 2023       8.318300 5.815642 10.820958 4.490815 12.145785
Jan 2024       8.322387 5.740415 10.904359 4.373602 12.271172
Feb 2024       8.326142 5.666915 10.985369 4.259206 12.393079
Mar 2024       8.329593 5.595019 11.064166 4.147423 12.511762
Apr 2024       8.332763 5.524618 11.140908 4.038076 12.627450
May 2024       8.335676 5.455619 11.215733 3.931009 12.740343
Jun 2024       8.338352 5.387938 11.288767 3.826082 12.850622
Jul 2024       8.340812 5.321501 11.360123 3.723174 12.958449
```

Tabla 4.7. Pronóstico de la tasa de Inflación México.

En la tabla 4.7 se muestra el pronóstico para cada mes desde agosto del año 2022 hasta el mes de julio del año 2024, como también los límites inferiores y superiores de los intervalos de confianza de un 80% y 95% para dichos pronósticos. En la gráfica 4.17 se observa en la parte sombreada la tendencia que tendrá la tasa de inflación en los próximos meses hasta julio del año 2024, es constante, con pequeños incrementos a través del tiempo.



Gráfica 4.17. Representación gráfica del pronóstico para la tasa de Inflación de México.

Observamos en nuestra serie inf.ts, tal como se muestra en la tabla 4.6, que a principios del año 2000 se registraron tasas de inflación elevadas de 11.02%, 10.52% y 10.11%, las cuales fueron descendiendo durante el mismo año, terminando con una tasa del 8.96%.

Cuando la inflación es alta golpea de forma negativa a la población del país, principalmente a las familias más vulnerables que dependen de un salario mínimo, el cual va perdiendo valor ante la inflación, esto se debe a que los niveles de precios se incrementan ocasionando bajo consumo en los bienes y servicios, por ello el principal objetivo del Banco de México es procurar la estabilidad del poder adquisitivo del peso mexicano, desde el año 2001 en la política monetaria se tiene como meta mantener una tasa de inflación del 3% con un margen de error del 1%, y así tener una inflación baja y estable.

Para hacer posible la meta de la política monetaria, el Banco de México utiliza la tasa de referencia, que es el nivel de la tasa de interés interbancaria[11], la cual el Banco decide en qué posición se ubica mediante la solvencia de dinero que le brinda al mercado monetario, según su objetivo.

La tasa de referencia interviene en las tasas en que los bancos ofrecen sus créditos, los precios de los activos, y el valor del peso mexicano ante otras divisas, afectando a los proveedores de materia prima, la demanda agregada y por ende a la inflación.

En los años previos a la pandemia la tasa de inflación se mantuvo en promedio estable, entre los años 2015 y 2016 alcanzó y supero la tasa objetivo del Banco de México, puesto que en diciembre de 2015 se ubicó en 2.13%, siendo la tasa más baja en los últimos años. Para diciembre del año 2017 se registró un aumento posicionando a la inflación en 6.77%, pero para diciembre del año 2019 la tasa había vuelto a disminuir a 2.97%.

Desde que inicio la pandemia, y con las fluctuaciones que se vieron en el lado de la oferta y demanda agregada a causa de los cambios en los mercados de bienes nacionales e internacionales, así como en el mercado de dinero, la tasa de inflación tuvo diversos impactos, en el año 2020 por el cierre de comercios internacionales y empresas locales, cancelación de vuelos y el confinamiento, se vieron afectados el consumo local e internacional, ocasionando que la tasa de inflación bajara; en abril del mismo año se registró una tasa históricamente baja casi igual a la del año 2015 siendo del 2.15%. Para los

[11] Es una tasa de referencia de las operaciones de crédito entre instituciones bancarias, (BBVA,2019).

siguientes meses la inflación oscilo entre el 3% y 4% manteniéndose en el objetivo del Banco de México.

A partir del mes de marzo del año 2021 la inflación tomó un camino de incrementos, esto a consecuencia del aumento en la demanda de bienes a partir de la reapertura de comercios y vuelos internacionales, tiendas comerciales, empresas, servicios y con el fin del confinamiento la población del país pudo salir a consumir todos los bienes y servicios que se abstuvo durante el encierro, también con la reapertura de las empresas los empleos empezaron a mejorar incrementando el ingreso en las familias, como la demanda se vio superior a la oferta, el nivel de precios aumenta ocasionando una inflación alta, en julio del año 2022 se registró una tasa del 8.15%

Con el análisis que realizamos y los valores estimados observamos un aumento constante en la tasa de inflación, para enero del 2023 se pronosticó una tasa del 8.24%, para diciembre del mismo año se prevé un tasa del 8.32%, y para el año 2024 el incremento se mantendrá constante, así para julio del año 2024 se estimó una tasa de 8.34%.

Estas proyecciones de las tasas son el resultado de su comportamiento en los últimos años anteriores y por el gasto desmedido realizado por la población a partir de sentirse libres tras un año de encierro. El camino que puede implementar el Banco de México es el repercutir en la liquidez hacia el mercado de dinero, modificando la tasa de referencia, la cual afecta de forma directa a las tasas de interés y por ende a los créditos, precios de otros activos y al tipo de cambio, lo que lleva a que la población prefiera invertir o ahorrar en lugar de consumir bienes, evitando el exceso de gasto y causando una disminución en la inflación con el fin de alcanzar su objetivo.

Conclusiones.

La crisis económica que ocasionó la pandemia de Covid-19 provocó fluctuaciones tanto desde la oferta como de la demanda en el país. Uno de los factores importantes de la demanda fue la desaceleración de las exportaciones, debido a que durante el confinamiento las fronteras y aduanas se vieron en la necesidad de cerrar, obstruyendo el traslado de bienes hacia mercados de exportación, esto afectó al empleo en las distintas industrias de producción de bienes exportables y llevó a una caída en el nivel de ingreso, el consumo y demanda agregada. Tan solo en el mes de mayo del 2020, las exportaciones e importaciones en México registraron caídas del 46.05% y 40.16%, respectivamente, con referencia al mes de enero del mismo año, de acuerdo con datos proporcionados por el INEGI (2021).

Otra variable fundamental que fue afectada gravemente por el contexto de incertidumbre fue la inversión, debido a que tal contexto dificultaba la estimación de la tasa de rentabilidad, provocando con esto que las expectativas de ganancias se redujeran considerable1mente. No obstante, lo que ayudó a no padecer una caída aún más profunda de la inversión fue la puesta en marcha de un buen número de proyectos de inversión pública, realizados por el gobierno.

Ahora bien, por el lado en la oferta, el confinamiento y la jornada nacional de sana distancia, afectaron de forma negativa la disponibilidad de trabajo y, con los cierres temporales de empresas e industrias, la posibilidad de usar el stock de capital disponible disminuyó en el aparato productivo de la economía mexicana.

Con las afectaciones en el lado de oferta y demanda, la pandemia de Covid-19 fue una de las crisis más profundas que la economía mexicana ha atravesado a lo largo de su historia.

Otra de las actividades considerablemente afectadas durante la pandemia fue el turismo, lo que representó una reducción en la actividad económica causada por la falta de turistas y una disminución en el ingreso de divisas por este concepto. También provocó una caída en los ingresos que provienen de los servicios locales como hoteles, restaurantes, comercios, entre otros, afectando a las familias cuyo principal ingreso proviene de estos servicios. De acuerdo con el INEGI (2020), en el año 2020, el país registró una fuerte caída del -47.5% en el número de visitantes de otros países, comparado con el año anterior.

Por otra parte, en el país se registró, durante el segundo trimestre del año 2020, una caída del 17% en el PIB con respecto al trimestre anterior, y su variación porcentual real del mismo trimestre, en comparación con el segundo trimestre del año 2019, fue de -18.7%, debido a que fueron los meses en que la enfermedad hizo sus primeras apariciones, induciendo que gran parte de empresas, establecimientos, escuelas, universidades, instituciones gubernamentales, turismo y servicios en general, se vieran en la necesidad de cerrar o disminuir su nivel de producción y servicios, del mismo modo la población tuvo que permanecer en casa, y evitar lugares públicos, con el objetivo de intentar frenar los contagios y evitar un colapso en las instituciones y servicios de salud.

Por otra parte, países como China y Estados Unidos cerraron fronteras, viajes, exportaciones e importaciones a otros países, lo que generó una caída del 9.54% en el comercio mexicano, y en el mes de mayo el comercio mundial de bienes sufrió una caída del 17.7% con respecto al mismo mes del año 2019.

Ahora bien, en el periodo de abril a junio del año 2020, la población ocupada registró una caída del 18.78%, mientras la tasa de desocupación para el mes de junio fue de 5.5%, siendo mayor por dos puntos porcentuales que la tasa de desocupación de 3.5% para el mismo mes del año anterior. El aumento en el desempleo ocasionó que el ingreso en las familias fuera menor, pues la mayor parte de los ingresos de las familias mexicanas provienen del empleo y por consecuencia un menor ingreso lleva a una menor cantidad de bienes y servicios demandados por la población y un menor nivel de bienestar asociado al consumo de dichos bienes y servicios.

Esta disminución en la demanda agregada afectó también a la tasa de inflación, desde el mes de enero hasta el mes de abril del 2020, la inflación solo registró caídas, por ejemplo, para el mes de abril se observó un valor históricamente bajo, el cual fue de 2.15%, ya que claramente fue el mes en que la primera ola de contagios se presentaba. Para el mes de junio, con el primer intento de reapertura parcial de distintas actividades económicas, la tasa de inflación empezó a incrementar y para el mes de octubre se registró una tasa del 4.09%, pero para los últimos dos meses del año volvió a disminuir debido principalmente a la presencia de la segunda ola de contagios. La producción y consumo de bienes subía y bajaba dependiendo de la fuerza con la que la enfermedad impactaba en la población; los bienes y servicios que más se demandaron fueron aquellos relacionados con el cuidado de la saludo, por ejemplo, los bienes y servicios provistos por hospitales, farmacias, clínicas, servicios médicos y dispensadores o renta de oxígeno; por su parte, los bienes con una tendencia a la baja en su producción fueron los que se generaban en comercios, restaurantes, bienes no básicos para el consumo, conciertos y eventos sociales, entre otros similares.

En el año 2021, se promociona el avance y aplicación de las vacunas contra la enfermedad, con ello se empezaron a reanudar actividades económicas y los mercados internacionales volvieron a regularizarse, incrementando con esto el comercio internacional. Las empresas fueron reabriendo de forma parcial, restableciendo su jornada laboral y aumentando su producción de bienes y servicios.

Las estrategias implementadas por el gobierno, en materia de política fiscal, para intentar atenuar los efectos adversos de esta crisis fueron: el fortalecimiento en los canales de otorgamiento de créditos, disminución de tasas de interés, la ampliación de la cartera de inversionistas, el manejo sólido de las finanzas públicas y apoyar la liquidez para el desarrollo financiero, entre otras, con lo que se buscaba también la recuperación expedita del desempeño económico de la economía mexicana.

Para el 2021 el PIB mostró una variación porcentual anual positiva con respecto al 2020, a causa del aumento en la oferta agregada y por consecuencia el crecimiento del empleo, induciendo a una caída en la tasa de desocupación, la cual en el mes de diciembre del año 2021 fue de 3.8%. Con un mejor ingreso y la tranquilidad de poder salir de nuevo a lugares de entretenimiento, la población empezó a consumir más bienes y servicios, incrementando la demanda agregada, y por ende el nivel de precios también aumentó, para los últimos cuatro meses del año 2021, la inflación se registró en 6%, 6.24%, 7.37% y 7.36%, respectivamente.

Todo ello paradójicamente hace que el consumo aumente, ya que la población compra los bienes y productos antes de que la inflación y los precios sigan aumentando, reactivando una parte de la economía de las industrias y producciones locales del país.

Tomando como base cada uno de estos eventos y los datos históricos de la producción, el empleo y la inflación, se obtuvieron pronósticos para los próximos años. En el caso del PIB, y la historia de sus valores pasados, se estimaron incrementos para los años 2022, 2023, 2024, 2025 y 2026, para el último trimestre del año 2026 se estimó un valor del PIB de 18, 113, 659 millones de pesos a precios constantes del 2013, demostrando una pequeña disminución del menos 0.75% con respecto al mismo trimestre del año 2021. Esto puede ser causado por las fluctuaciones y el crecimiento parcial en la producción de bienes y servicios, así como también por la recuperación en el empleo y el consumo por parte de la población mexicana dependiendo a las condiciones del país y de cada empresa y de cómo irán volviendo a la normalidad.

Por el lado de la tasa de desocupación para el periodo enero 2022 a diciembre del 2024, se estiman valores con pequeños crecimientos y caídas acercándose a un comportamiento constante durante ese periodo, esto se ve por el regreso de trabajadores a sus jornadas laborales y al crecimiento de utilidades tras la reapertura de la empresas y servicios ocasionando la recuperación y ampliación de empleos en México. Por otra parte, los proyectos e inversiones que ayudan a generar nuevos y mejores empleos, así como también la nueva generación de jóvenes que inician con su vida laboral y a las nuevas estrategias de emprendimiento que ayudan a tener una nueva visión económica y desarrollan negocios locales independientes que potencializan el comercio nacional y el nacimiento de nuevas empresas aportan de forma positiva al crecimiento económico.

Esto, como lo vimos anteriormente, nos lleva a que en las familias crezca su nivel de ingresos y consumo, esto presionó al nivel de precios, así el pronóstico de la tasa de inflación por medio de nuestro análisis de series temporales fue de incrementos para el periodo de agosto del 2022 a julio del 2024, como se observa en las siguientes gráficas..

Ilustración 2. Pronóstico PIB 2022 - 2026 México

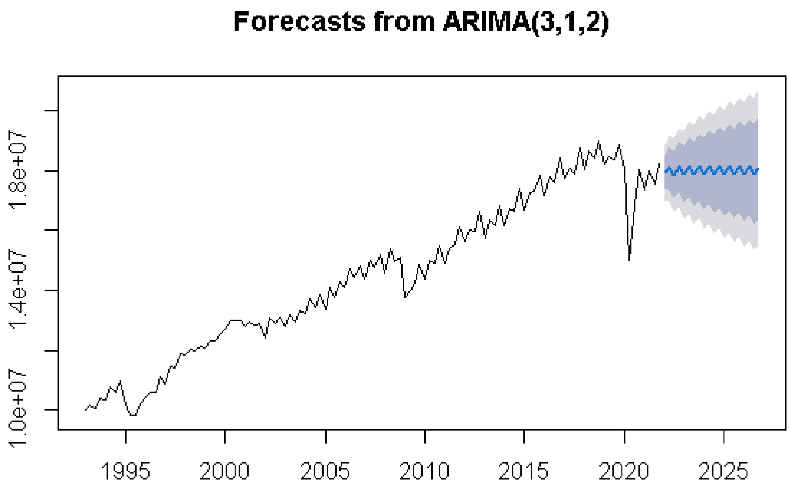
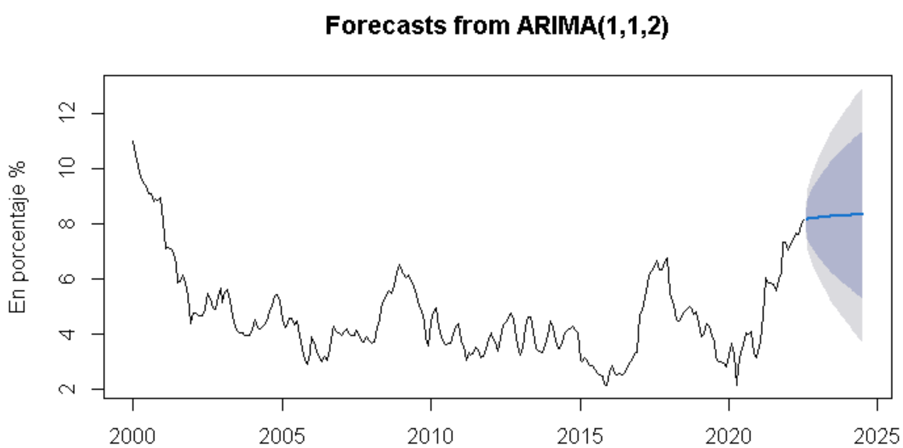


Ilustración 3. Pronóstico Inflación 2022 - 2024 México



La economía mexicana comienza a avanzar y a recuperarse de manera efectiva y constante, y eso es algo bueno para la calidad de vida de los mexicanos. Tener una mejor oportunidad de crecimiento de manera individual ayuda de forma conjunta con el desarrollo del país. Además, tener una perspectiva de crecimiento que apoya a la inversión y consumo, donde el gobierno toma decisiones correctas que ayuden a que la población tenga mejores herramientas y oportunidades de invertir y desarrollar empleos e ingresos económicos, así como también estrategias para atraer nuevos socios e inversionistas extranjeros y así aumentar las relaciones económicas del país.

Los valores estimados del PIB para los próximos años muestran que la economía tendrá recuperaciones constantes y pequeños incrementos y caídas, lo que llevará a un incremento en la demanda agregada y esto contribuya a la recuperación económica de México.

Ahora bien, el crecimiento de la demanda puede influir en la tasa de inflación, por lo que se espera que esta siga aumentando, tal como se ve en las estimaciones de nuestros ejercicios econométricos. Sabemos que cuando existen cambios muy altos en la inflación esto altera el funcionamiento en los mercados, y si los cambios en los precios son excesivos esto impediría un crecimiento mayor en la economía.

En los próximos años, el Banco de México debe tomar medidas efectivas que lo ayuden a lograr su objetivo, como hemos analizado, nuestro pronóstico nos indica que la inflación puede mantenerse en 8% hasta el 2025, siendo 5 puntos porcentuales arriba de lo que se espera, esto se ha visto en el aumento de los precios en el último año.

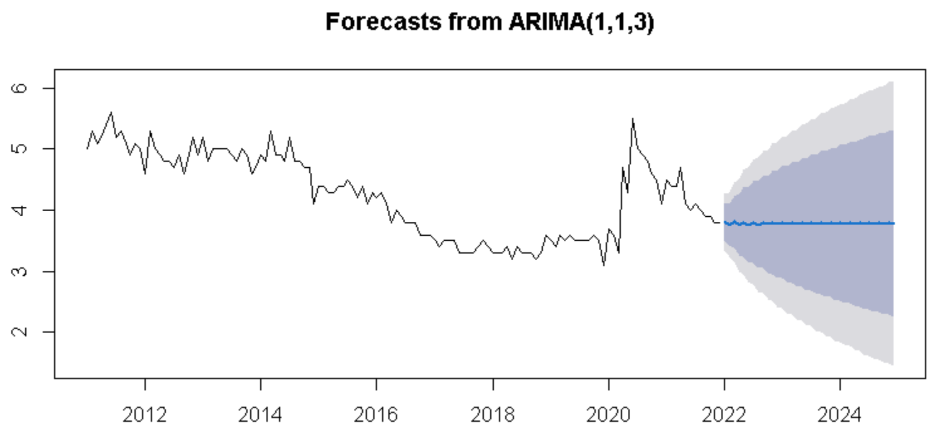
Una de las medidas en las que debe enfatizar es en el manejo de las tasas de interés. Como sabemos, el Banco de México cuenta con la liquidez de todos los bancos del país, debido a que cada uno de ellos mantiene una cuenta en el Banco, por ello él decide qué cantidad de liquidez o dinero puede o debe tener cada uno de ellos, eso se logra fijando la tasa de interés.

Para atacar la aceleración de la inflación, el Banco de México aumenta la tasa de interés de referencia, haciendo que los bancos comerciales recalculen sus tasas de crédito y ahorro, con el objetivo de que las empresas, personas o el gobierno en general prefieran disminuir su consumo y así disminuya la presión sobre los precios. Por ejemplo, las personas preferirán ahorrar o invertir en cetes o bonos con unas tasas de interés que les dé mayor rendimiento, en lugar de consumir o pedir créditos, haciendo que se estabilicen los precios y por consecuente baje la tasa de inflación.

Si en los próximos años se logra esto, la tasa de inflación bajaría en lugar de seguir subiendo y así se evita su tendencia estimada de 8% hasta el 2025, cumpliendo con el objetivo del Banco de México que es tener una inflación de 4% o 3%.

El control de la inflación, juntos con otras políticas de estabilización de la producción, tales como estímulos fiscales, contribuyen a que el PIB experimente una tendencia de crecimiento positiva, aunque pequeña, pero que ayudaría en la generación de empleos, lo que provocaría que la tasa de desocupación disminuya, tal como se observa en nuestras estimaciones representadas en la ilustración 6.

Ilustración 4. Pronóstico Desocupación 2022 - 2024 México



La estimación de estos escenarios nos permite tener una base para el diseño de políticas de acción gubernamental y la creación de planes de consumo e inversión de los agentes privados que ayuden a mejorar el desempeño económico de México. En este sentido, con base en este trabajo, se espera que para el año 2025 la situación mexicana este en un momento mejor tanto emocional como económico: el PIB tomará un rumbo como el estimado y con las mejores acciones por parte de los hacedores de política económica y los agentes privados, el empleo también irá recuperándose haciendo que la tasa de desocupación baje tal como lo hemos proyectado.

Bibliografía

CEPAL. (2020). *Enfrentar los efectos cada vez mayores del COVID-19 para una reactivación con igualdad: nuevas proyecciones*. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45782/1/S2000471_es.pdf

CONEVAL. (Julio de 2020). *POBREZA LABORAL CON LA ENCUESTA TELEFÓNICA DE OCUPACIÓN Y EMPLEO ANTE LA CRISIS SANITARIA GENERADA POR LA COVID-19*. Obtenido de https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/2020/Nota_POBREZA_LABORAL_CON_ETOE.pdf

CONEVAL. (s.f.). *La política social en el contexto de la pandemia por el virus SARSCoV-2 (COVID-19) en México*. Obtenido de https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/IEPSM/Documents/Efectos_COVID-19.pdf

Esquivel, G. (Julio de 2020). *Banxico.* Obtenido de https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/articulos-y-otras-publicaciones/%7BD442A596-6F43-D1B5-6686-64A2CF2F371B%7D.pdf

Froyen, R. T. (s.f.). *Macroeconomía Teorias y Políticas.* A Simon & Schuster Company.

IMSS. (31 de marzo de 2021). *Empleo formal IMSS*. Obtenido de https://sniiv.conavi.gob.mx/reportes/imss.aspx

INEGI. (2020). *Encuesta sobre el Impacto Económico generado por COVID-19 en las Empresas (ECOVID-IE)*. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/programas/ecovidie/2020/default.html> (27 de agosto del 2020)

INEGI. (30 de Junio de 2020). *Encuesta Telefonico de Ocupación y Empleo (ETOE)*. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/investigacion/etoe/doc/etoe_presentacion_resultados_mayo_2020.pdf

INEGI(2020a). (27 de agosto de 2020). *Encuesta sobre el Impacto Económico generado por COVID-19 en las Empresas (ECOVID-IE)*. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/programas/ecovidie/2020/default.html

Larraín B., F., & D. Sachs, J. (2013). *Macroeconomía en la económia global.* Santiago de Chile: E-book.

Brockwell, P. J., & Davis, R.A. (2002). Introduction to Time Series and Forecasting Second Edition (2ª ed). Springer.

Kirchgässner, G. & Wolters, J. (2007). Introduction to Modern Time Series Analysis. Springer.

Reyes Polanco, A. (2015). Series de Tiempo Conceptos básicos de Análisis de Series de Tiempo en el Dominio del Tiempo. Madrid, España.

INEGI (2021), Tabulados. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/default.aspx?nc=622

Alderete, J. (18 junio 2021). Análisis Económico. México. Banorte. https://www.banorte.com/cms/casadebolsabanorteixe/analisisyestrategia/analisiseconomico/mexico/20210618_Demanda_Agregada_1T21.pdf

Suárez, V, Oros Ruiz, M, Suarez Quezada. (2020). Epidemiología de COVID-19 en México: del 27 de febrero al 30 de abril de 2020. Recuperado de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7250750/#:~:text=Hitos%20temporales%20y%20medidas%20de,Italia%20y%20ten%C3%ADa%20s%C3%ADntomas%20leves.

Box G., Jenkins G., Reinsel R., Ljung G. (2016). Time Series Analysis. Fifth Edition (5º ed). Wiley. New Jersey.

Carter Hill, R., Griffiths, W., & Lim, G. (2011). Principles of Econometrics. Wiley.

Reinsel , G. (1997). Elements of Multivariate Time Series Analysis. Springer.

Anexo

A. *Código RStudio PIB.*

- *library(tseries)*
- *library(astsa)*
- *library(forecast)*
- *library(tidyverse)*
- *library(lubridate)*
- *library(foreign)*
- *library(quantmod)*
- *library(readxl)*
- *library(xts)*
- *library(timsac)*
- *library(vars)*
- *library(mFilter)*
- *library(dynlm)*
- *library(nlme)*

#Base de datos del Producto Interno Bruto INEGI 1993 – 2021

#Serie de tiempo del PIB

- *PIB.ts = ts(BASEPIB, start = c(1993,1), frequency = 4)*
- *PIB.ts*
- *plot(PIB.ts, main = "Serie de tiempo del PIB", sub = "Para el periodo 1993 - 2021")*

#Prueba Dickey-Fuller

- *adf.test(PIB.ts, alternative = "stationary")*
- *#Logaritmo de la serie*
- *lpib = log(PIB.ts)*
- *lpib*
- *plot(lpib, ylab = "lpib" ,main = "Serie de tiempo del PIB", sub = "Transformación logarítmica")*

#Prueba Dickey-Fuller

- *adf.test(lpib, alternative = "stationary")*

#Primera diferencia de nuestra serie de tiempo

- *D.PIB = diff(PIB.ts)*

- *plot(D.PIB, ylab = "D.PIB" ,main = "Serie integrada de orden uno PIB")*
- *D.PIB*

#Funcion FAS y FAC

- *acf(D.PIB)*
- *acf(ts(D.PIB, frequency = 1))*
- *pacf(D.PIB)*
- *pacf(ts(D.PIB, frequency = 1))*

#Estimación del modelo ARIMA(3,1,3)

- *Mod1 = arima(PIB.ts, order = c(3,1,2))*
- *Mod1*

#Diagnostico para probar si el modelo es el adecuado

- *tsdiag(Mod1)*
- *e = residuals(Mod1)*
- *e*
- *Box.test(e, type = "Ljung-Box")*
- *plot(e, ylab = "Residuales")*

#Pronostico de nuestro modelo.

- *p1 <- forecast::forecast(Mod1, h = 20)*
- *p1*
- *plot(p1)*

B. Código RStudio Tasa de Desocupación.

- *library(tseries)*
- *library(astsa)*
- *library(forecast)*
- *library(tidyverse)*
- *library(lubridate)*
- *library(foreign)*
- *library(quantmod)*
- *library(readxl)*
- *library(xts)*
- *library(timsac)*
- *library(vars)*
- *library(mFilter)*
- *library(dynlm)*
- *library(nlme)*

#Serie de tiempo del PIB

- *tasa.ts = ts(Base_tasa, start = c(2006,1), frequency = 12)*

- *tasa.ts*
- *plot(tasa.ts, main = "Serie de tiempo de la tasa de desocupación en México", sub = "Periodo Enero 2006 - Diciembre 2021")*

#Prueba Dickey-Fuller

- *adf.test(tasa.ts, alternative = "stationary")*

#Primera diferencia de nuestra serie de tiempo

- *D.tasa = diff(tasa.ts)*
- *plot(D.tasa, ylab = "D.tasa" ,main = "Serie integrada de orden uno para la tasa de desocupación en México")*

#Prueba Dickey-Fuller

- *adf.test(D.tasa, alternative = "stationary")*

#Funcion FAS y FAC

- *acf(D.tasa)*
- *acf(ts(D.tasa, frequency = 1))*
- *pacf(D.tasa)*
- *pacf(ts(D.tasa, frequency = 1))*

#Estimación del modelo ARIMA(1,1,2)

- *Modelo1= arima(tasa.ts, order = c(1,1,2))*
- *Modelo1*

#Diagnostico para probar si el modelo es el adecuado

- *tsdiag(Modelo1)*
- *er1 = residuals(Modelo1)*
- *er1*
- *Box.test(er1, type = "Ljung-Box")*
- *plot(er1, ylab = "Residuales")*

#Pronostico de nuestro modelo.

- *pronostic1 <- forecast::forecast(Modelo1, h = 36)*
- *pronostic1*
- *plot(pronostic1)*

C. Código RStudio Inflación.

- *library(tseries)*

- *library(astsa)*
- *library(forecast)*
- *library(tidyverse)*
- *library(lubridate)*
- *library(foreign)*
- *library(quantmod)*
- *library(readxl)*
- *library(xts)*
- *library(timsac)*
- *library(vars)*
- *library(mFilter)*
- *library(dynlm)*
- *library(nlme)*

#Base de datos de la inflación mensual anualizada

#Serie de tiempo de la inflación Inf.ts

- *Inf.ts = ts(Inflación, start = c(2000,1), frequency = 12)*
- *Inf.ts*
- *plot(Inf.ts, main = "Serie de tiempo de la inflación", sub = "Periodo Enero 2000-Julio 2022")*

#Prueba Dickey-Fuller

- *adf.test(Inf.ts, alternative = "stationary")*

#Primera diferencia de nuestra serie de tiempo

- *D.Inf = diff(Inf.ts)*
- *plot(D.Inf, ylab = "D.Inf" ,main = "Serie integrada de orden uno para la Inflación")*

#Prueba Dickey-Fuller

- *adf.test(D.Inf, alternative = "stationary")*

#Funcion FAS y FAC

- *acf(D.Inf)*
- *acf(ts(D.Inf, frequency = 1))*
- *pacf(D.Inf)*
- *pacf(ts(D.Inf, frequency = 1))*

#Segunda diferencia de nuestra serie de tiempo

- *D2.Inf = diff(Inf.ts, differences = 2)*
- *plot(D.Inf, ylab = "D2.Inf" ,main = "Serie integrada de orden dos para la Inflación")*

#Prueba Dickey-Fuller

- *adf.test(D2.Inf, alternative = "stationary")*

#Funcion FAS y FAC

- *acf(D2.Inf)*
- *acf(ts(D2.Inf, frequency = 1))*
- *pacf(D.Inf)*
- *pacf(ts(D.Inf, frequency = 1))*

#Estimación del modelo ARIMA(1,1,2)

- *Model4= arima(Inf.ts, order = c(1,1,2))*
- *Model4*

#Diagnostico para probar si el modelo es el adecuado

- *tsdiag(Model4)*

- *e4 = residuals(Model4)*
- *e4*
- *Box.test(e4, type = "Ljung-Box")*
- *plot(e4, ylab = "Residuales")*

#Pronostico de nuestro modelo.

- *pronostic4 <- forecast::forecast(Model4, h = 24)*
- *pronostic4*
- *plot(pronostic4)*