



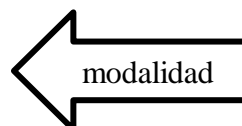
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DEL ESTADO DE MÉXICO**

FACULTAD DE ECONOMÍA



“ANÁLISIS DE COINTEGRACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE NORTEAMÉRICA”

TESIS



QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN RELACIONES ECONÓMICAS INTERNACIONALES

**PRESENTA:
LUZ PATRICIA VELASCO MARTÍNEZ**

**ASESOR:
Dr. EN C.E.A. OSVALDO U. BECERRIL TORRES**

**REVISORES:
Dr. EN C.S. SARA QUIROZ CUENCA
Dr. EN HUM. GERARDO ENRIQUE DEL RIVERO MALDONADO**

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO

NOVIEMBRE, 2025

Índice

Introducción	8
<i>Capítulo 1. Marco Teórico</i>	11
1.1. Integración Económica.	12
1.1.1. Área de Libre Comercio	12
1.1.2. Unión Aduanera	13
1.1.3. Mercado Común	13
1.1.4. Unión Económica	13
1.1.5. Unión Monetaria	13
1.1.6. Integración Económica Total	13
1.2. Análisis de Fronteras estocásticas.	14
1.3. Cointegración económica.	15
<i>Capítulo 2. Estado del objeto de estudio</i>	17
2.1. Comportamiento de las variables de producción, inversión y empleo consideradas en el estudio.	18
2.1.1. Evolución temporal del PIB	18
2.1.2. Evolución temporal de la inversión	22
2.1.3. Análisis de la fuerza laboral	24
2.2. Análisis de la participación relativa de las variables de producción, inversión y fuerza laboral respecto al total de los países de la región de Norteamérica.	27
2.2.1. Participación relativa del PIB en la región de Norteamérica	27

2.2.2. Participación relativa de la inversión en la región de Norteamérica	30
2.2.3. Participación relativa de la fuerza laboral en la región de Norteamérica	33
2.3. Análisis de la tasa de variación del PIB, la inversión y la fuerza laboral de los países de la región de Norteamérica.	36
2.3.1. Tasa de variación del PIB en la región de Norteamérica	36
2.3.2. Tasa de variación de la inversión en la región de Norteamérica	39
2.3.3. Tasa de variación de la fuerza laboral en la región de Norteamérica	43
2.4. Análisis del índice 1990, de los países de la región de Norteamérica.	46
2.4.1. Análisis del índice del PIB, año base 1990, de los países de la región de Norteamérica	46
2.4.2. Análisis del índice de la inversión, año base 1990, de los países de la región de Norteamérica	47
2.4.3. Análisis del índice de la fuerza laboral, año base 1990, de los países de la región de Norteamérica	48
2.5. Análisis de la literatura existente relacionada con el objeto de estudio.	48
2.6. Antecedentes de integración entre México, Estados Unidos y Canadá.	53
<i>Capítulo 3. Metodología</i>	57
3.1. Cointegración y corrección de errores: representación, estimación y pruebas.	58
3.1.1. Integración, cointegración y corrección de errores	58
3.1.2. Cointegración y Corrección de Errores	58
3.1.3. Propiedades de las variables cointegradas y sus presentaciones	62

3.1.4. Cointegración y Corrección de errores	63
3.2. Funciones de producción de frontera, eficiencia técnica y datos en panel.	65
3.2.1. Modelo variable en el tiempo para datos de panel no balanceado	66
3.3. Modelo de Frontera de Ineficiencia para Datos en Panel: Battese y Coelli (1995).	68
Capítulo 4. Resultados	70
4.1. Análisis del orden de integración del PIB, la Inversión y la fuerza laboral.	71
4.1.1. Análisis del orden de integración del PIB para Norteamérica	71
4.1.2. Análisis del orden de integración de la inversión para Norteamérica	71
4.1.3. Análisis de la integración de la fuerza laboral para Norteamérica	71
4.2. Análisis de la cointegración del PIB, inversión y empleo para la región de Norteamérica.	72
4.2.1. Análisis de la cointegración del PIB	72
4.2.2. Análisis de la cointegración de la inversión	74
4.2.3. Análisis de la cointegración de la fuerza laboral	76
4.3. Estimación de la eficiencia técnica para la región de Norteamérica.	76
4.4. Análisis del orden de integración de la eficiencia técnica para la región de Norteamérica.	82
4.5. Análisis de la cointegración de la eficiencia técnica de la región de Norteamérica.	83
Conclusiones.	85
Referencias Bibliográficas.	88
Anexos	92

Introducción

Los países del bloque regional de Norteamérica comparten una naturaleza geográfica que los orilla a relacionarse, consolidando actividades económicas, para colaborar entre sí, fortaleciendo de esta manera sus condiciones competitivas y así lograr posicionarse a nivel mundial como países altamente competitivos. No es un secreto que la cooperación entre países es necesaria para subsistir en un mundo globalizado como el que se tiene hoy en día. Las diferentes naciones del mundo no solo compiten con otros países, sino también, con grandes bloques regionales que han unido fuerzas para ganar terreno en las transacciones internacionales y así lograr un mayor desarrollo económico.

En el caso de Estados Unidos, México y Canadá las relaciones han existido desde incluso antes que se establecieran como el exitoso bloque comercial que se conoce hoy en día. Si bien las relaciones no eran trilaterales, si había interacciones bilaterales entre estos países, estas alianzas tenían como eje a los Estados Unidos, sin embargo, sirvieron para establecer las bases de lo que es hoy el Tratado de Libre Comercio con más transacciones a nivel mundial, el T-LCAN del que los tres países forman parte desde su entrada en vigor en 1994.

Es por ello, que a pesar de los diferentes mandatarios y corrientes políticas que cada uno de estos países ha tenido a lo largo de las décadas posteriores a la primera firma en 1992, el tratado ha sido una prioridad de las políticas en materia internacional de la región. Tal es su importancia que este tratado ha tenido que ser renegociado y revaluado, trayendo como consecuencia a su sucesor: el Tratado México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC), el cual fue ratificado el 30 de noviembre de 2018 y entro en vigor el primero de julio del 2020.

No obstante, más allá de los indicadores tradicionales de comercio exterior y de flujo de capital, existe un elemento menos visible pero no menos fundamental para el desarrollo de esta región: la eficiencia técnica de sus economías. Este indicador permite identificar la manera en la que hacen uso de sus factores de producción, y si lo hacen de manera óptima, o existe la posibilidad de mejorar y, en tal caso, también es posible identificar que existe una relación a largo plazo, que permita inferir que, como sistema económico, convergerán a largo plazo.

Por ello, se buscará evidenciar si la integración económica que se ha logrado entre estos países a lo largo de los años se ha materializado. La eficiencia técnica indica la capacidad de reducir los insumos sin disminuir la producción, o aumentar los outputs con los mismos insumos. Debreu (1951), Farrell (1957), cuyo valor trasciende los asuntos puramente económicos, porque incluye los esfuerzos humanos, la capacidad organizativa, el progreso tecnológico, así como la configuración de sus recursos establecida por una sociedad. La eficiencia técnica está fuertemente conectada al nivel de productividad, al nivel de competitividad y al nivel de sostenibilidad de la región, pero también a su población en el mercado laboral en estas economías.

En este contexto, surge la **pregunta de investigación** de esta tesis: ¿Existe un proceso de cointegración en eficiencia técnica en Norteamérica? Así, dada la vecindad histórica, y de colaboración a través de los acuerdos comerciales, se establece la **hipótesis de trabajo** que plantea que existe un proceso de cointegración en eficiencia técnica entre los tres países de Norteamérica.

Para probar la hipótesis planteada, se establece como **objetivo general** de este estudio, medir la eficiencia técnica de los países de Norteamérica e identificar si están cointegradas estas economías en términos de eficiencia.

Desde un punto de vista empírico, se puede esperar que los países vinculados dentro de un área económica regional converjan a largo plazo no solo en comercio o inversión, sino también en términos de eficiencia técnica. Sin embargo, al profundizar en esto, se debe tener en cuenta que se trata de tres países con condiciones sociales, políticas, demográficas y económicas diferentes, lo que conlleva a diferentes grados de crecimiento y desarrollo económico en estos países. Para ello, se plantean los siguientes **objetivos particulares**:

1. Identificar el marco teórico sobre cointegración y eficiencia técnica,
2. analizar las variables empleadas en la estimación de la eficiencia técnica de este estudio, así como la revisión de la literatura sobre estudios para la medición de la eficiencia técnica,
3. revisión y análisis de la metodología y,
4. Analizar la posible existencia de un proceso de cointegración en eficiencia técnica en Norteamérica. Estos objetivos tienen correspondencia con cada uno de los capítulos que se desarrollan a continuación.

Capítulo 1. Marco Teórico

Para el desarrollo de este trabajo se hace uso de tres conceptos de la ciencia económica: la integración económica, la eficiencia técnica y la cointegración. Es por ello que a lo largo de este capítulo se hará una amplia descripción de dichos temas, para ser abordados a lo largo de esta tesis, y a su vez tener la capacidad de realizar el análisis de los resultados que se obtengan de la misma.

Respecto al concepto de la integración económica, este juega un papel fundamental, ya que ayuda a comprender el fenómeno que está sucediendo en la región de Norteamérica, y contribuye a la generación de condiciones para que estos tres países de la región se orienten hacia la cooperación, reduciendo barreras al comercio. De igual manera la correcta comprensión de la cointegración económica es de gran relevancia, ya que será bajo la misma, mediante la que se crean las condiciones necesarias para identificar si sus economías y, en este caso, la eficiencia técnica, se mueven en la misma dirección a largo plazo. Por otro lado, se tiene el concepto de eficiencia técnica, mediante el cual se puede determinar qué tan eficiente es una economía, es decir, la capacidad de una economía para producir óptimamente bienes y servicios con los recursos disponibles, lo cual es importante porque ayuda a identificar hacia donde se va encaminando el crecimiento económico.

1.1. Integración Económica.

El primer concepto a abordar es la integración económica. De manera general esta es un proceso mediante el cual dos o más países coordinan políticas comerciales, productivas y macroeconómicas, con el fin de incrementar la eficiencia, la competitividad y el bienestar económico. De acuerdo con Chacholiades (1990), los tipos de integración económica se explican siguiendo una jerarquía de menor a mayor grado de integración, los cuales se clasifican a continuación:

1.1.1. Área de Libre Comercio

- Se eliminan los aranceles y restricciones comerciales entre los países miembros, pero cada país mantiene su propia política comercial frente a terceros.
- Ejemplo: T-MEC (antes TLCAN) entre México, EE. UU. y Canadá.

1.1.2 Unión Aduanera

- Los países no solo eliminan barreras comerciales internas, sino que también adoptan un arancel externo común frente a países no miembros.
- Ejemplo: MERCOSUR (aunque con limitaciones en su implementación).

1.1.3 Mercado Común

- Se eliminan restricciones al movimiento de bienes, servicios, capital y trabajo entre los países. Este tipo de integración implica una mayor coordinación de políticas.
- Ejemplo: Unión Europea en sus primeras etapas.

1.1.4 Unión Económica

- Además de un mercado común, existe una coordinación de políticas económicas y fiscales, este puede incluir un sistema de transferencias comunes y armonización legislativa.
- Ejemplo: Unión Europea antes de adoptar el euro.

1.1.5 Unión Monetaria

- Se comparte una moneda única y un banco central común que dicta la política monetaria.
- Ejemplo: Zona Euro, con el Banco Central Europeo y el euro como moneda común.

1.1.6 Integración Económica Total

- Es el nivel más alto, incluye una autoridad supranacional que controla la política económica, monetaria y fiscal de todos los países miembros.
- Ejemplo: Aún no existe un tipo de unión de esta magnitud, pero la Unión Europea es la más cercana a lograrlo si se convierte en un Estado Supranacional.

1.2. Análisis de Fronteras estocásticas.

Durante las últimas tres décadas las relaciones tanto políticas como comerciales entre México, Estados Unidos y Canadá se han fortalecido de manera significativa, esto en gran medida al Tratado de Libre Comercio de América del Norte, que los tres países comparten, como ya se explicó, este acuerdo ha llevado a que las relaciones que estas naciones comparten entre sí, generen un proceso de integración económica, es decir que las actividades económicas de cada país incidan en los demás.

Pero el hecho de que el TMEC sea el tratado comercial con más transacciones anuales a nivel mundial, no significa que estas economías están cointegradas en términos de eficiencia técnica, y es por ello que es importante analizar cuál es el nivel de eficiencia técnica que cada país tiene, y a partir de ahí, poder comprender si realmente la integración económica, está llevando a los tres países a un crecimiento común o cada uno crece conforme a sus ventajas competitivas.

Para realizar dicho análisis se recurre al uso del Análisis de Fronteras Estocásticas, el cual permite estimar la eficiencia técnica de una unidad productiva, al separar el componente de ineficiencia del componente aleatorio en el proceso de producción Kumbhakar & Lovell, (2000). A diferencia de métodos deterministas, el enfoque estocástico reconoce que parte de la ineficiencia en la producción puede deberse a factores fuera del control del productor, como fluctuaciones económicas o tecnológicas. Esto resulta particularmente útil al comparar economías con diferentes niveles de desarrollo e infraestructura, como es el caso de México en relación con Estados Unidos y Canadá.

Este enfoque parte de una frontera de producción que representa el nivel máximo de producción posible dado un conjunto de insumos y tecnología. En la vida real es difícil que la producción observada y la frontera de producción coincidan, esto debido a la ineficiencia técnica que se puede dar por el mal uso de recursos, falta de tecnología, procesos ineficientes y factores externos no controlables.

Así, la función de producción de frontera estocástica se expresa como:

$$Y_i = f(X_i; \beta) + v_i - u_i$$

Que, expresada en logaritmos:

$$\ln Y_i = \ln f(X_i; \beta) + v_i - u_i$$

Dónde:

$Y_i = \text{producción observada}$

$X_i = \text{Vector de insumos}$

$\beta = \text{Parámetros tecnológicos a estimar}$

$v_i = \text{Componente aleatorio, se asume } v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$

$u_i = \text{Componente de ineficiencia, no negativo } (u_i > 0)$

Interpretación:

Si $u_i = 0$, la unidad es eficiente, es decir, produce en la frontera

Si $u_i > 0$, existe una brecha de eficiencia, es decir, produce menos de lo que podría con sus insumos.

El término v_i evita que cualquier desviación se interprete automáticamente como ineficiencia.

Hacer uso del análisis de fronteras estocásticas permite comparar empresas, sectores o países en términos de eficiencia, es por ello que para realizar esta tesis esta metodología es clave, ya que se estimara la eficiencia técnica de cada país y posteriormente se comprobara si estás se encuentran cointegradas o no.

1.3. Cointegración económica.

Por otro lado, el análisis de *cointegración* se enfoca en identificar relaciones de equilibrio a largo plazo entre variables económicas, incluso si estas presentan comportamientos no estacionarios en el corto plazo, Mata (2003). Para estimar la cointegración en la eficiencia técnica entre estos tres países pertenecientes al bloque de Norteamérica se empleará la metodología de Engle-Granger, la cual tiene como base tres posibles escenarios.

- 1) Todas las variables tienen un orden de integración $I(0)$, es decir que son estacionarias, y por lo tanto están cointegradas.
- 2) Las variables son no estacionarias, pero cuentan con el mismo orden de integración, diferentes al escenario anterior. Se estima una regresión de largo plazo, por mínimos cuadrados ordinarios, y si los residuales son estacionarios, es decir, $I(0)$, entonces están cointegradas.

3) Para el caso 3, las series evaluadas no coinciden en un mismo orden de integración, por lo tanto, no existe cointegración entre ellas.

En conjunto, estas herramientas permiten construir un marco analítico sólido para evaluar si los tres países están avanzando hacia una eficiencia técnica más integrada o si persisten brechas estructurales. Siendo esto de suma importancia para conocer el impacto real entre estas economías, cuya relación ha tomado relevancia a nivel mundial en temas de competitividad. Además de que dicha información será de suma importancia a la hora de tomar decisiones sobre la futura relación del bloque.

Capítulo 2. Estado del objeto de estudio

A lo largo de este capítulo se hará un análisis sobre el comportamiento de las variables empleadas para este trabajo: producción, inversión y empleo, para México, Estados Unidos y Canadá, así como de la participación relativa de cada país en cada una de las variables en la región, de igual manera se analizará la tasa de variación para las tres variables por país, también se abordará un índice definido como “índice 1990”, llamado así porque tiene base en ese año. En este, se logra comparar de manera adimensional la evolución de las variables empleadas para esta tesis en los países de Norteamérica, el cual permite observar la manera en que evolucionan. Por último, se hará una revisión de la literatura existente sobre los temas relacionados al objeto de estudio de esta tesis.

Este capítulo es de importancia, ya que ayuda a comprender la situación en la que se encuentran los tres países, así como las brechas que existen entre ellos, lo cual será útil para interpretar los resultados que se obtengan al final de este trabajo, respecto a la posible existencia de cointegración, o no, en eficiencia técnica de Estados Unidos, México y Canadá; esto debido a que la correcta comprensión de las variables, brinda un contexto más amplio sobre el papel de cada país en la región.

2.1. Comportamiento de las variables de producción, inversión y empleo consideradas en el estudio.

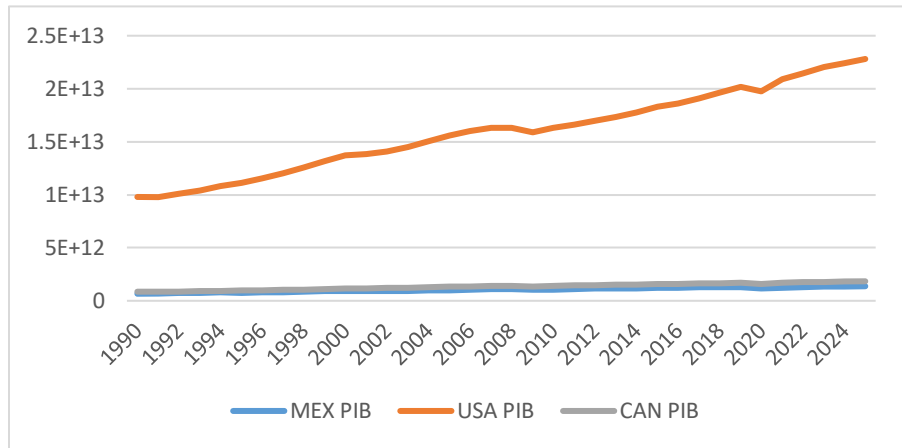
A lo largo de este apartado se hará un análisis sobre el comportamiento temporal del PIB, la inversión y la fuerza laboral de México, Estados Unidos y Canadá entre 1990 y 2025.

2.1.1. Evolución temporal del PIB.

A continuación, se presentan las gráficas correspondientes al PIB de los tres países del bloque de Norteamérica entre los años 1990 y 2025, primero de manera conjunta y posteriormente de manera individual, cada una de ellas con su análisis correspondiente.

En la figura 2.1.1.1 se muestra la evolución temporal para la variable del PIB entre los años de 1990 a 2024 para los tres países de Norteamérica, en la cual se puede observar que el PIB de USA se encuentra muy por arriba del de Canadá y México, lo que indica que el PIB americano crece con mayor velocidad.

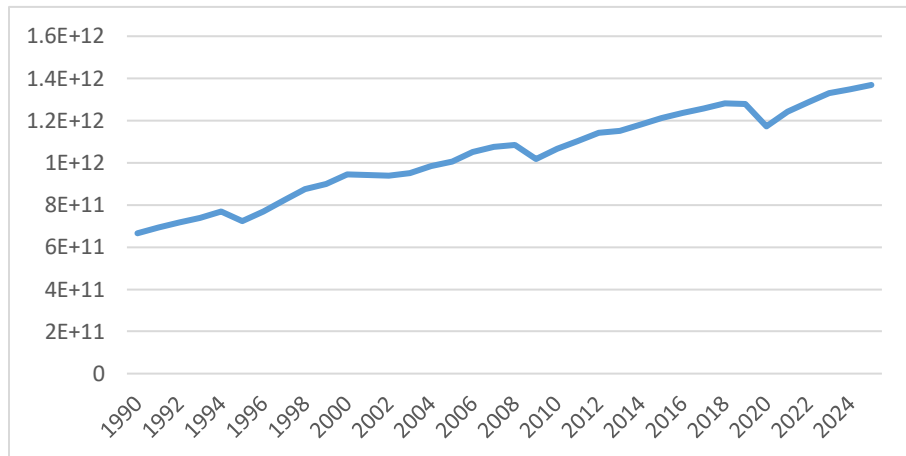
Figura 2.1.1.1: Evolución temporal del PIB para la región de Norteamérica



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Para analizar el PIB de México se hará uso de la figura 2.1.1.2 en la cual se puede observar que el PIB mexicano ha crecido de manera constante, no obstante, se pueden identificar tres caídas a lo largo del periodo evaluado. La primera en el año 1995 debido a la devaluación del peso, ocurrida a finales de 1994; la segunda caída se encuentra en 2009, esto como consecuencia de la crisis inmobiliaria que tuvo origen en Estados Unidos en 2007, pero que tuvo efecto a nivel mundial. La última caída se presenta en el año 2020, esta como consecuencia de la pandemia del SARS-CoV-2. Se tiene que el crecimiento del PIB para México entre 1990 y 2025 fue de \$703,358,641,763 dólares.

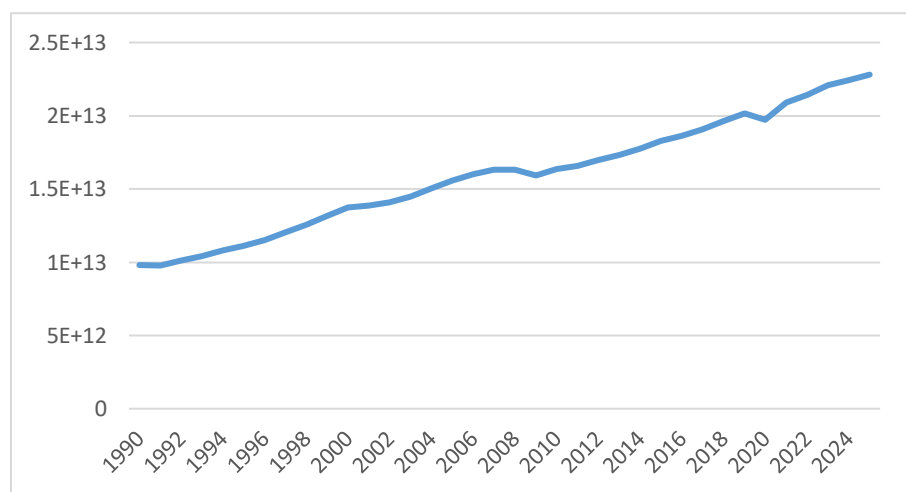
Figura 2.1.1.2: Evolución temporal del PIB de México



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Como se aprecia en la figura 2.1.1.3, el PIB de Estados Unidos ha crecido de manera constante y lo largo del periodo estudiado, presentando solo dos caídas, la primera en el año 2009 debida a los efectos que tuvo la crisis inmobiliaria del 2007 en su economía, la segunda caída fue en el año 2020, siendo ocasionada por el efecto global que tuvo la pandemia de Covid-19. El crecimiento del PIB en USA fue de \$13,021,421,482,859.00 dólares entre 1990 y 2025.

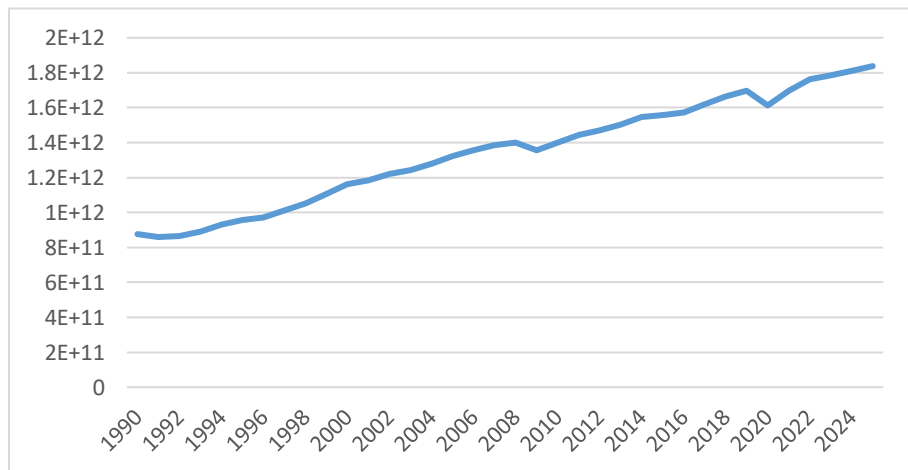
Figura 2.1.1.3: Evolución temporal del PIB de USA



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

La figura 2.1.1.4 permite contemplar que el PIB de Canadá ha crecido de manera constante, teniendo un crecimiento de \$960,138,038,730 dólares entre 1990 y 2025, sin embargo, se puede observar que las crisis económicas ocasionadas por la crisis inmobiliaria del 2007 y la pandemia del SARS-CoV-2, causaron efectos sobre la producción de Canadá, ya que a lo largo del periodo analizado se recogen dos caídas, una en el 2009 y otra en el 2020 respectivamente.

Figura 2.1.1.4: Evolución temporal del PIB de Canadá



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

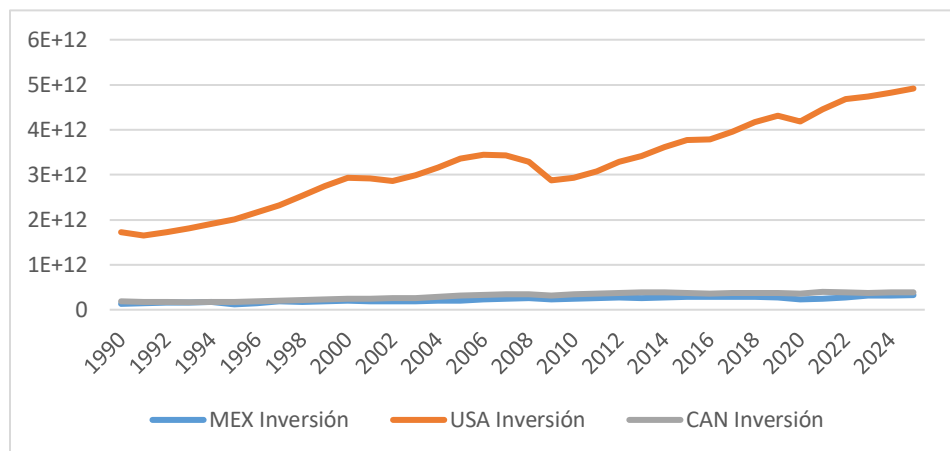
Se puede concluir que el PIB de los tres países ha venido creciendo de manera constante a lo largo de los años de estudio, sin embargo, se han presentado algunas caídas, esto debido a circunstancias económicas que los han afectado de manera común, tales como la crisis inmobiliaria del 2007 y la pandemia por covid-19. En el caso particular de México, también se ve reflejada la devaluación que sufrió en el 1994, pero a diferencia de las dos crisis antes mencionadas, esta no causo efectos conjuntos para la región de Norteamérica, de igual manera es importante mencionar que si bien, las producciones de los tres países han crecido, no lo han hecho al mismo ritmo.

2.1.2. Evolución temporal de la inversión.

A continuación, se hace el análisis correspondiente a los datos de la inversión para México, Estados Unidos y Canadá, tanto de manera conjunta como individual, haciendo uso de gráficas.

Para realizar el análisis de las variables correspondientes a la inversión de los tres países de Norteamérica se hace uso de la figura 2.1.2.1, en la cual se observa que tanto México como Canadá se encuentran con indicadores muy por debajo de Estados Unidos, lo que indica que esta es la economía más importante en términos de inversión para el bloque de Norteamérica.

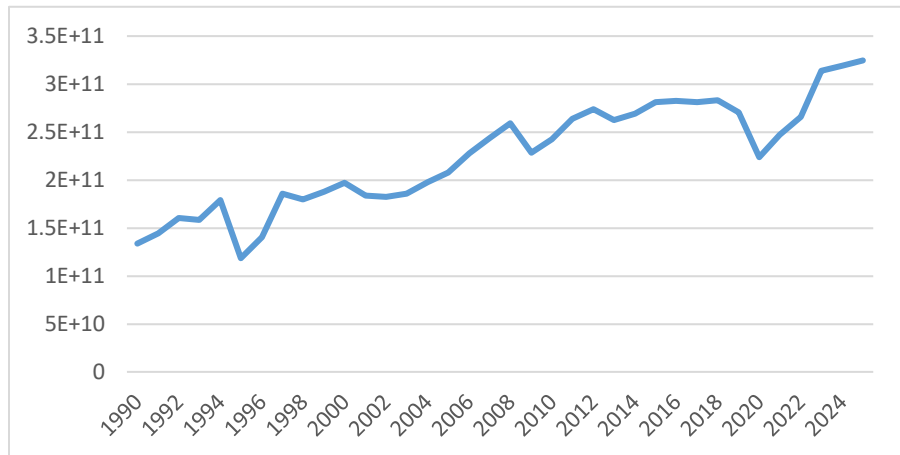
Figura 2.1.2.1: Evolución temporal de la inversión de Norteamérica.



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

En la figura 2.1.2.2, se puede observar la evolución temporal de la variable de inversión de México en la región de Norteamérica, la cual muestra una tendencia creciente, presentando tres caídas importantes en los años 1995, 2009 y 2020, siendo consecuencia de la devaluación del peso en 1994, la crisis inmobiliaria mundial del 2007 y la pandemia de SARS-CoV2 en el 2020.

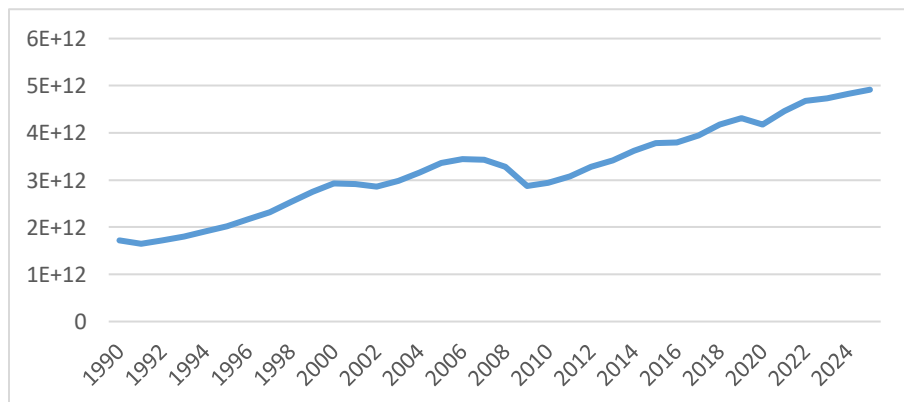
Figura 2.1.2.2: Evolución temporal de la Inversión de México



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Para el caso de la inversión de Estados Unidos en Norteamérica se hará uso de la figura 2.1.2.3, la cual se ha mantenido en incremento a largo de los años, sin embargo, se tiene que en 2001 y 2002 hay una pequeña desaceleración, debido a los ataques terroristas del 11 de septiembre, la desaceleración de la economía a nivel mundial a inicios de la década de los años 2000 y de la burbuja puntocom. De igual manera se puede observar que hubo dos caídas importantes a lo largo del periodo estudiado, la primera de ellas en el año 2009, esta como consecuencia de la crisis inmobiliaria del año 2007 y la segunda en 2020, ocasionada por los estragos económicos que generó la pandemia de Covid-19 a nivel mundial.

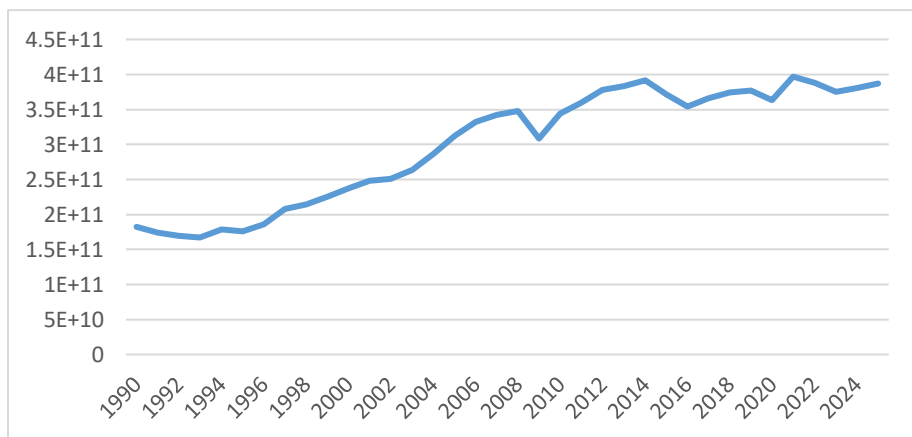
Figura 2.1.2.3: Evolución temporal de la Inversión de USA



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

En la figura 2.1.2.4 se puede observar la evolución temporal para la inversión de Canadá, en la cual se muestra que esta había venido presentando crecimiento hasta el año 2008, para después presentar una caída en el 2009 debido a la crisis inmobiliaria internacional del 2007, para después continuar al alza y volver a caer en 2016, debido a la desaceleración del comercio mundial y a una caída en los precios de las materias primas. Después se observa una desaceleración en la inversión canadiense hasta el 2020, para posteriormente volver a tener un repunte en el 2021 y una caída más en el 2023, esto debido a temas de carácter mundial, como la guerra Rusia contra Ucrania y la invasión a la franja de Gaza.

Figura 2.1.2.4: Evolución temporal de la Inversión de Canadá



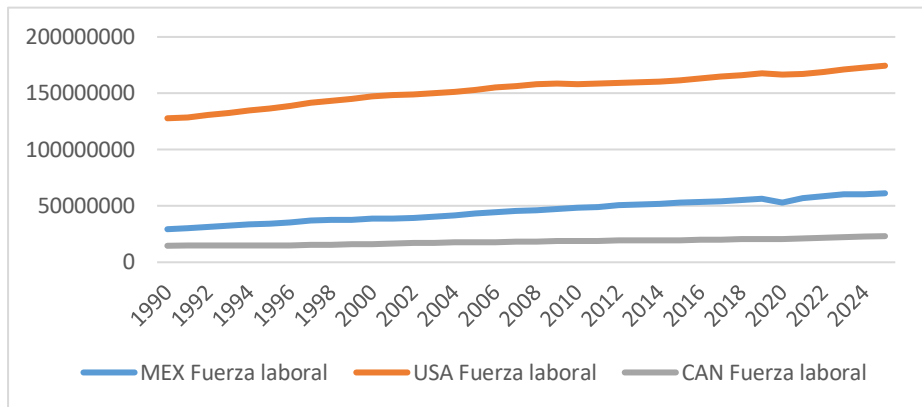
Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

2.1.3. Análisis de la fuerza laboral.

A lo largo de este numeral se llevará a cabo el análisis de la fuerza laboral de los tres países del bloque de Norteamérica a partir del año 1990 al 2025.

Para analizar la evolución temporal de las variables de fuerza laboral de México, Estados Unidos y Canadá se recurre a la figura 2.1.3.1, en la cual se puede observar que el país más importante en términos de fuerza laboral, es Estados Unidos, mientras que México y Canadá se encuentran por debajo con valores similares, estando México, ligeramente por arriba de Canadá y presentando un crecimiento de mayor aceleración.

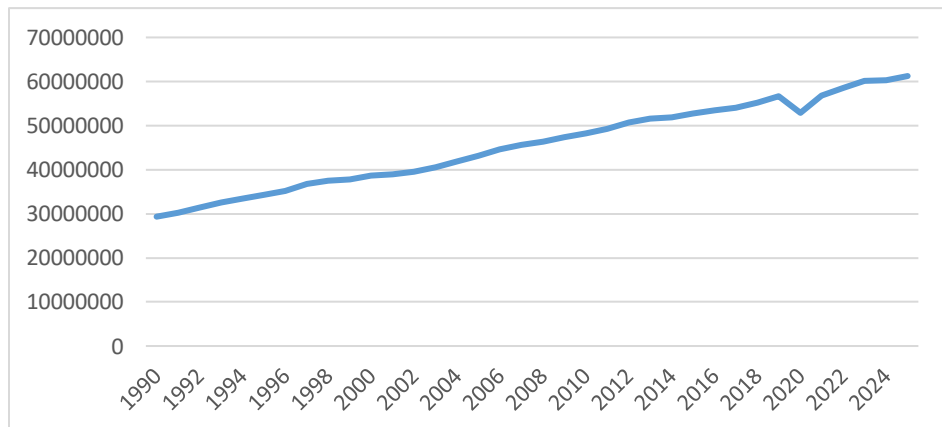
Figura 2.1.3.1: Evolución temporal de la fuerza laboral para la región de Norteamérica



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

A continuación, la figura 2.1.3.2 muestra la evolución temporal de la fuerza laboral para México. En esta misma se puede visualizar que la fuerza laboral para este país ha crecido de forma casi exponencial a lo largo de los años, presentando una única caída en el año 2020 esto debido a la pandemia de Covid-19, la cual genero estragos en la población mundial.

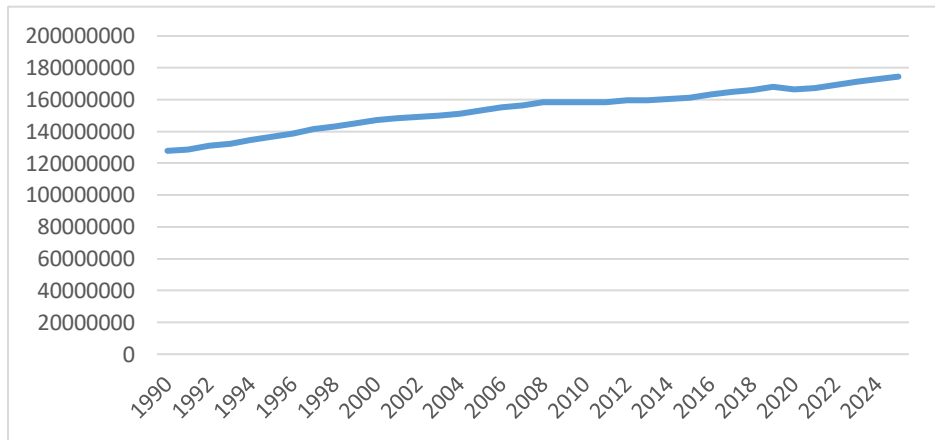
Figura 2.1.3.2: Evolución temporal de la fuerza laboral de México



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Cómo se observa más adelante en la figura 2.1.3.3, la fuerza laboral de Estados Unidos había venido creciendo de manera casi constante, sin embargo, del año 2008 al año 2015 muestra una desaceleración, para posteriormente seguir creciendo, solo teniendo una caída ligera en el 2020, debido a la pandemia por SARVS-COV2 y de ahí continuando al alza.

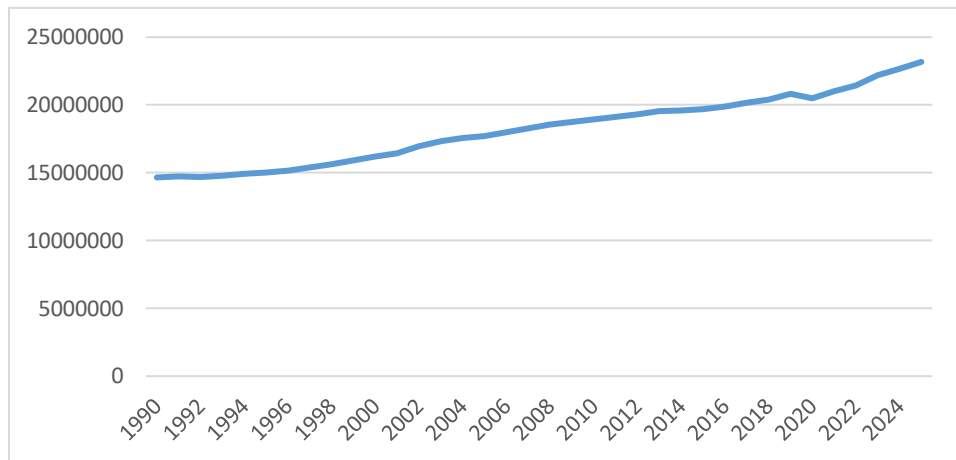
Figura 2.1.3.3: Evolución temporal de la fuerza laboral de USA



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Como se visualiza en la figura 2.1.3.4, la fuerza laboral de Canadá se mantuvo casi estancada durante la primera mitad de la década de 1990, para que a partir de 1996 esta comenzara a crecer de manera exponencial, recogiendo una sola caída en 2020, debido a la pandemia por Covid-19, la cual causo afecciones a nivel mundial.

Figura 2.1.3.4: Evolución temporal de la fuerza laboral de Canadá



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

2.2. Análisis de la participación relativa de las variables de producción, inversión y fuerza laboral respecto al total de los países de la región de Norteamérica.

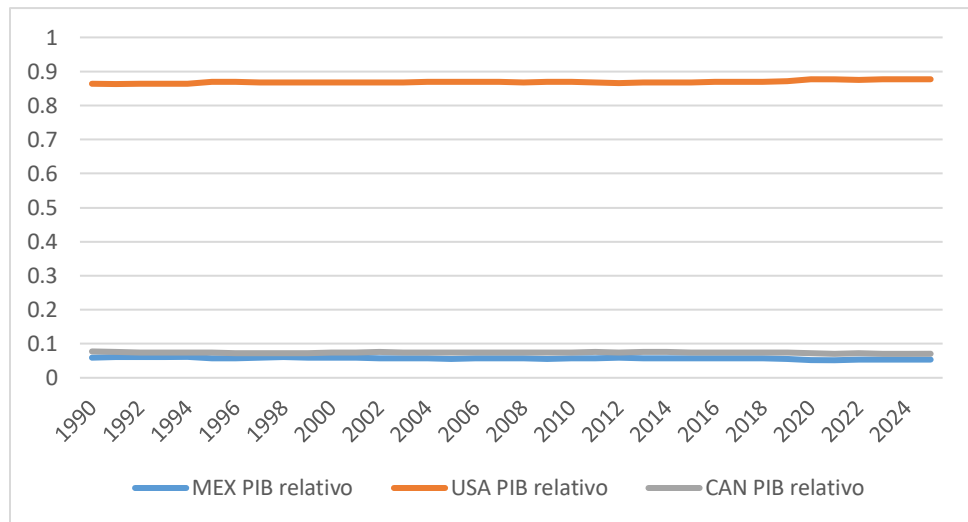
En este caso la participación relativa es de utilidad para saber qué porcentaje representa cada país con respecto a cada una de las variables empleadas, siendo esto de suma importancia para comprender la posición que México, Estados Unidos y Canadá tienen individualmente dentro del bloque. Todo este análisis se llevará a cabo a lo largo de este numeral, empleando gráficas como método de apoyo,

2.2.1. Participación relativa del PIB en la región de Norteamérica.

A continuación, se hace el análisis correspondiente a la participación relativa del PIB de Norteamérica de cada uno de los países de la región.

En la figura 2.2.1.1, se puede observar la participación relativa de la producción de los países de Norteamérica, la cual muestra que la participación de USA es mucho mayor a la de Canadá y México. En promedio USA representa el 86.90% del total del PIB de la región, mientras que Canadá aporta el 7.37% y México solo el 5.71%. Lo cual indica que la economía más importante en términos de producción para la región de América del Norte es Estados Unidos.

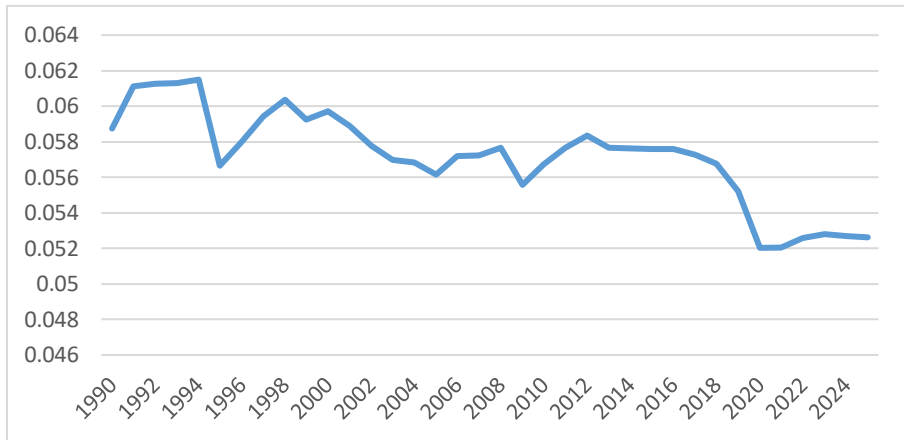
Figura 2.2.1.1: Evolución temporal del PIB relativo para la región de Norteamérica



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

A continuación, en la figura 2.2.1.2 se observa la participación relativa de México respecto al PIB de Norteamérica entre los años 1990 y 2025, la cual se muestra inestable y con tendencia negativa, es decir que ha venido decreciendo. A lo largo del periodo estudiado se han presentado distintas caídas siendo cuatro las más significativas. La primera de ellas tuvo lugar en el año 1995, la cual alcanzó un valor de 5.6%, siendo consecuencia de la devaluación del peso mexicano en 1994, la segunda caída fue en el año 2005, esta caída también alcanzó un valor de 5.6%, siendo ocasionada por una desaceleración del PIB y aumentos en el precio del petróleo, la tercera caída fue causada por la crisis inmobiliaria mundial del 2007, sin embargo sus estragos se vieron reflejados hasta el 2009, con un valor equivalente de 5.5%, la última y más importante caída tuvo lugar en el 2020, alcanzando un valor de 5.2%, esto como consecuencia de la pandemia mundial de Covid-19. Es importante mencionar que México representa el 5.71% del PIB total de la región.

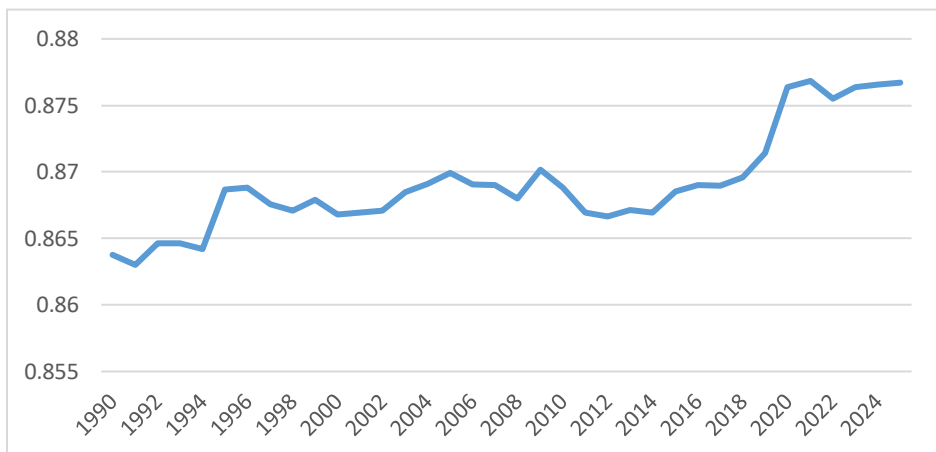
Figura 2.2.1.2: Evolución temporal del PIB relativo de México



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Para llevar a cabo el análisis de la evolución temporal para el PIB relativo de Estados Unidos se hace uso de la figura 2.2.1.3, la cual muestra una tendencia creciente, alcanzando su punto más alto en el año 2021, equivalente a 87%, las caídas que esta variable ha tenido a lo largo del periodo estudiado son casi imperceptibles, o, dicho de otra manera, muy poco significativas. USA representa el 86.90% del PIB total de la región.

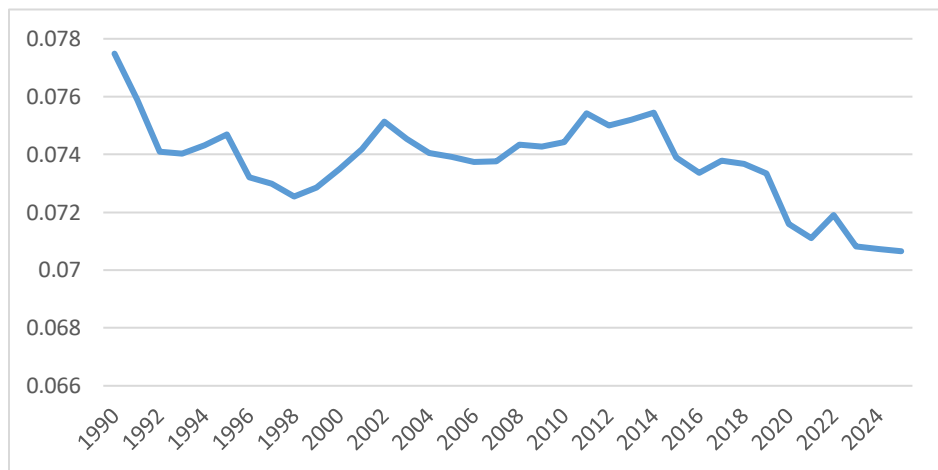
Figura 2.2.1.3: Evolución temporal del PIB relativo para USA



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

A continuación, en la figura 2.2.1.4 se muestra el comportamiento del PIB relativo de Canadá de los años 1990 a 2025, la cual muestra que la variable se mueve inestablemente a lo largo de los años y con tendencia descendente. De acuerdo al dato pronosticado para el año 2025 la participación relativa sería de 7%, la cual podría ser considerada la más baja de todo el periodo analizado. Canadá representa el 7.37% del PIB total de la región.

Figura 2.2.1.4: Evolución temporal del PIB relativo para Canadá



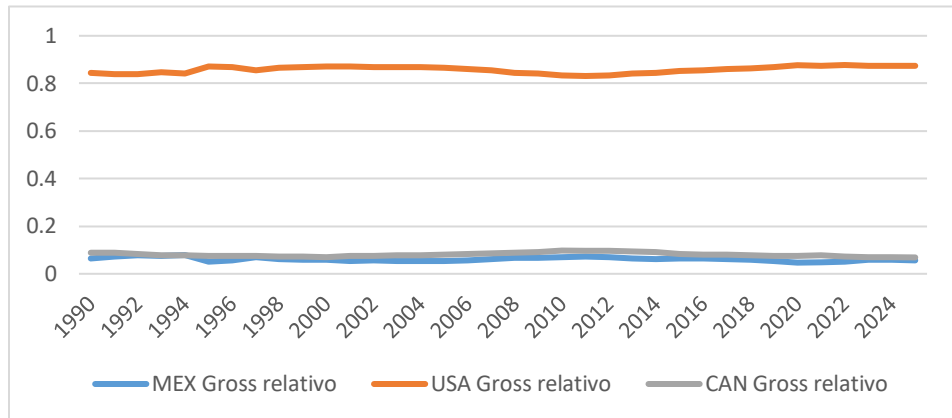
Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

2.2.2. Participación relativa de la inversión en la región de Norteamérica.

Será a través de este numeral que se hará un análisis de la participación relativa de la inversión sobre el total de los países de Norteamérica, primero comparando a los tres países en un mismo gráfico y posteriormente de manera individual.

A continuación, en la figura 2.2.2.1 se muestra la evolución temporal de la inversión relativa de México, Estados Unidos y Canadá entre los años 1990 y 2025. A través del mismo se demuestra que la participación relativa de USA en la inversión para la región de Norteamérica es muy superior a la aportación de México y Canadá, se tiene que del 100% de la inversión, USA representa el 85.81%, México el 6.13% y Canadá el 8.06%.

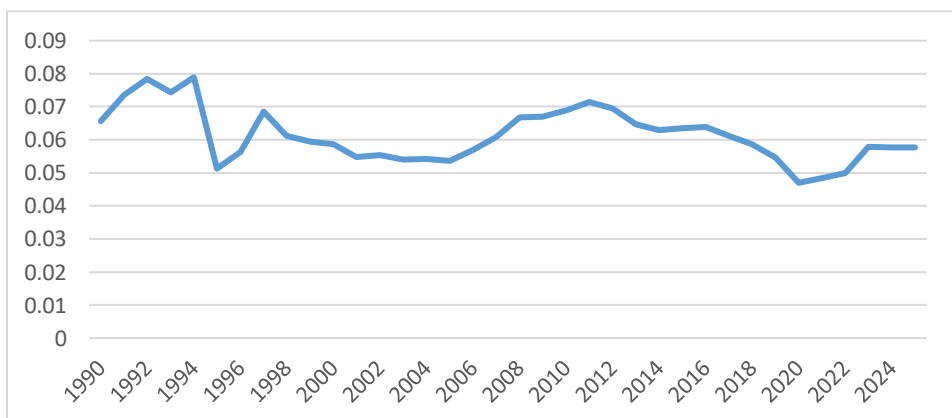
Figura 2.2.2.1: Evolución temporal de la Inversión relativa para la región de Norteamérica



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Para llevar a cabo el análisis de la participación relativa de México en la inversión de Norteamérica se recurre a la figura 2.2.2.2, en la cual se observan tres caídas significativas, la primera de ellas equivalente a 5.1% en el año 1995, está siendo ocasionada por la devaluación del peso mexicano en 1994, la siguiente caída se dio en el año 2005, con un valor de 5.3% ocasionada por la desaceleración del PIB en el 2005 y los aumentos en el precio del petróleo, la tercera caída sucedió en el 2020 como producto de la pandemia de Covid-19.

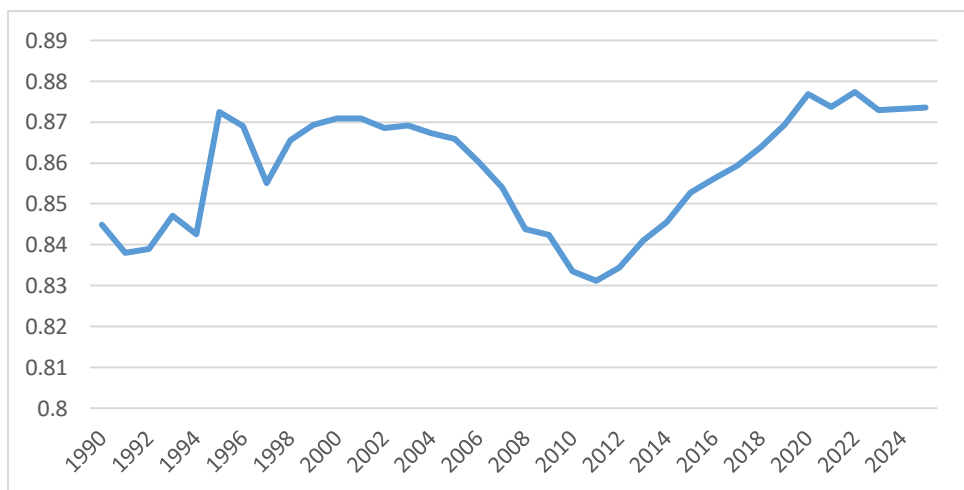
Figura 2.2.2.2: Evolución temporal de la Inversión relativa para México



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

A continuación, se hace uso de la figura 2.2.2.3, para llevar a cabo el análisis de la evolución temporal de la participación relativa de Estados Unidos en la inversión para la región de Norteamérica, la cual tiende al crecimiento; el punto más alto alcanzado por este indicador se dio en el año 2021, con un valor equivalente a 0.87. El valor del primer dato registrado para este periodo de estudio fue en el año 1990 con un valor de registrado de 0.86, y el ultimo en 2025 equivalente a 0.87 lo cual muestra que entre el primer dato analizado y el ultimo hubo un crecimiento de 0.01.

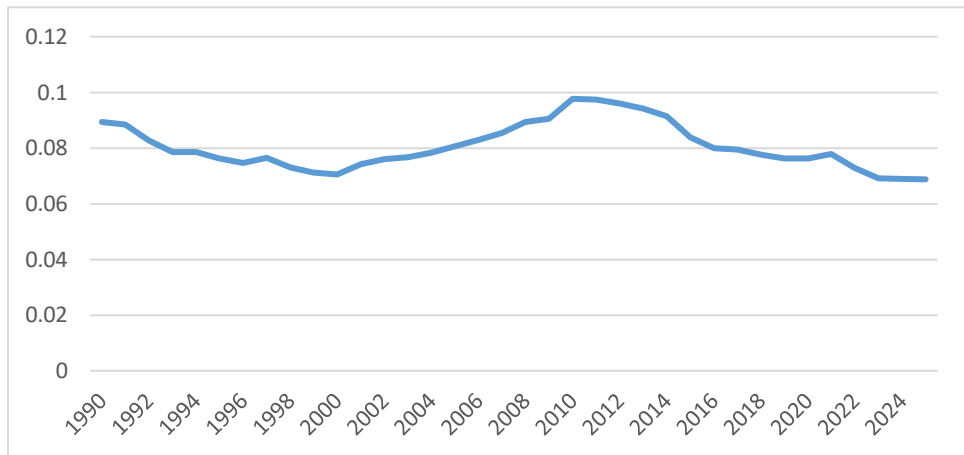
Figura 2.2.2.3: Evolución temporal de la Inversión relativa para USA



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Para llevar a cabo el análisis del comportamiento temporal de la inversión relativa de Canadá en Norteamérica se hará uso de la figura 2.2.2.4, la cual muestra que en la década de los 90's esta se mantuvo a la baja, para empezar a aumentar en el año 2000, alcanzando su mayor punto en el año 2010, con un valor de 0.097, para posteriormente volver a la baja a partir del año 2011 y continuar de esta manera hasta la actualidad.

Figura 2.2.2.4: Evolución temporal de la inversión relativa para Canadá



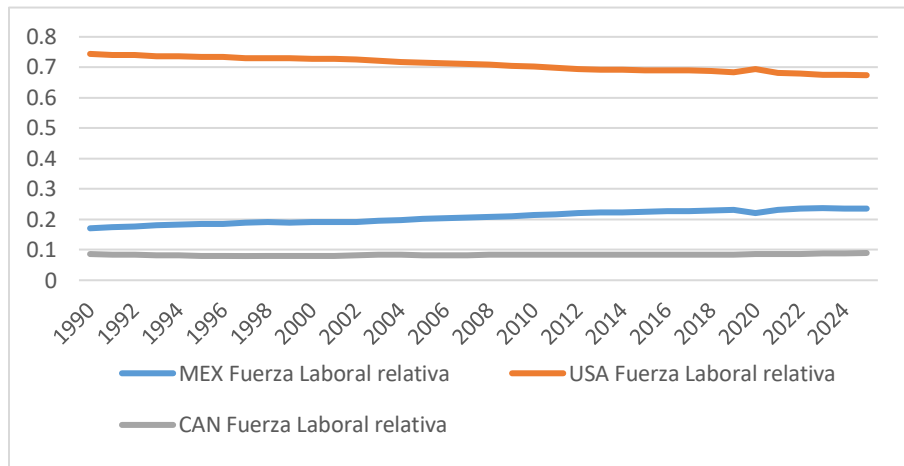
Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

2.2.3. Participación relativa de la fuerza laboral en la región de Norteamérica

A continuación, se presentan las gráficas y análisis correspondientes a la participación relativa de la fuerza laboral para México, Estados Unidos y Canadá de la región de Norteamérica de manera conjunta y separada.

Para explicar la participación relativa de Estados Unidos, México y Canadá en la fuerza laboral de la región de Norteamérica se hará uso del gráfico correspondiente a la figura 2.2.3.1. Se tiene que la participación relativa de USA es superior a la de México y Canadá, representando USA el 70.91%, México el 20.72% y Canadá el 8.35%, dejando ver que de los tres países Canadá es el que menos fuerza laboral aporta.

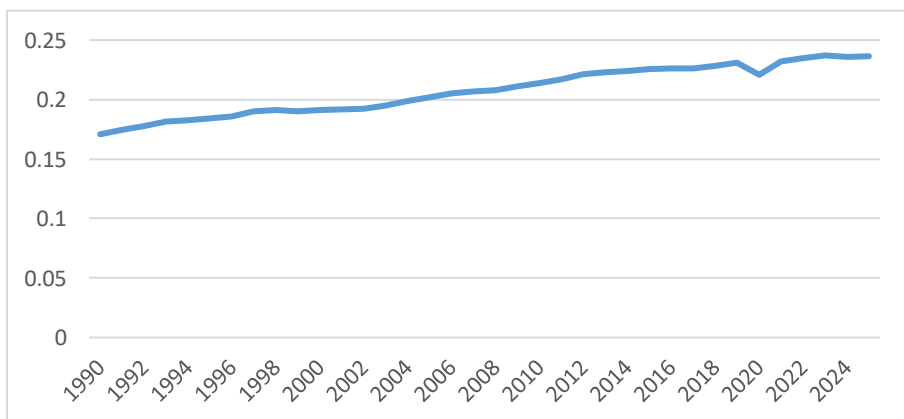
Figura 2.2.3.1: Evolución temporal de la Fuerza laboral relativa para la región de Norteamérica



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

A continuación, se hace uso de la figura 2.2.3.2, para analizar la participación relativa de México respecto a la fuerza laboral para la región de Norteamérica, la cual presenta un comportamiento creciente a lo largo del periodo estudiado, con excepción del año 2020, en el cual se generó una breve caída con un valor de 22%, esta ocasionada por la pandemia internacional por Covid-19.

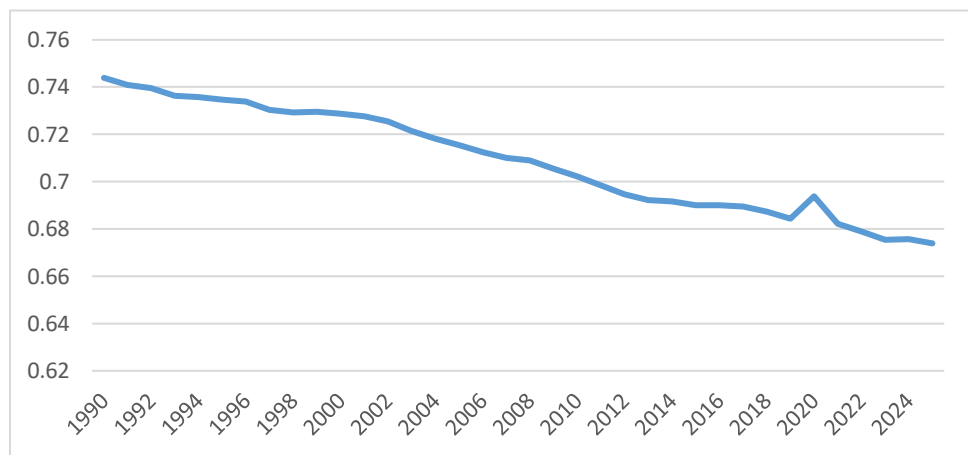
Figura 2.2.3.2: Evolución temporal de la fuerza laboral relativa para México



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Para seguir con este análisis, se recurre a la figura 2.2.3.3 en la que se puede observar la evolución temporal de la participación relativa de USA en la fuerza laboral de Norteamérica, la cual muestra una pendiente negativa indicado así que esta ha decrecido a lo largo del periodo estudiado, el primer dato evaluado fue en el año 1990 con un valor 74.1% y el ultimo en el año 2025 equivalente a 67.3%, lo cual demuestra que hubo un decrecimiento de 68% entre 1990 y 2025.

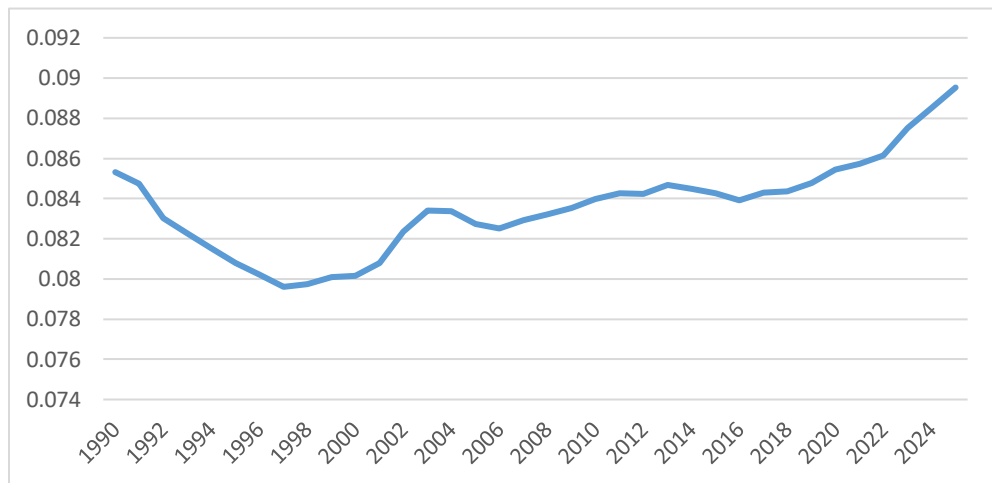
Figura 2.2.3.3: Evolución temporal de la fuerza laboral relativa para USA



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Par explicar el caso de la evolución temporal de la participación relativa de Canadá en la fuerza laboral para la región de Norteamérica se recurre a la figura 2.2.3.4, en la cual se observa que de 1990 a 1997 esta sufrió una caída significativa, siendo justamente en 1997 su punto más bajo alcanzado, con un valor de 0.079, a partir de 1998 esta empezó a comportarse al alza, presentando únicamente dos caídas significativas más durante el periodo de estudio, una en el año 2012 equivalente a 0.084 y una más en 2016 con un valor de 0.083. Según los pronósticos realizados para esta tesis, se estima que el año 2025 será el año donde este indicador alcance su punto máximo con valor de 0.089.

Figura 2.2.3.4: Evolución temporal de la fuerza laboral relativa para Canadá



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

2.3. Análisis de la tasa de variación del PIB, la inversión y la fuerza laboral de los países de la región de Norteamérica.

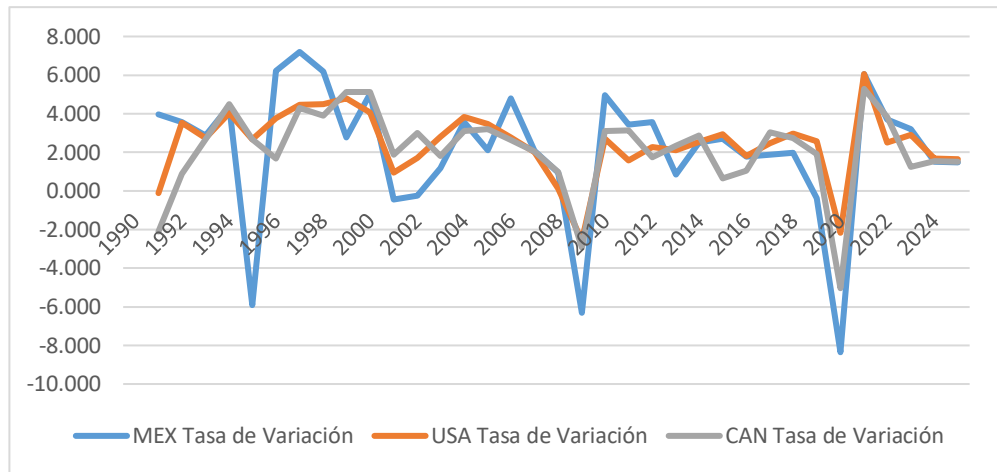
Ahora, se presenta el análisis correspondiente a la tasa de variación del PIB, la Inversión y la fuerza laboral en Norteamérica, la cual ayuda a medir que tanto aumenta o disminuye un valor respecto a otro en un periodo o intervalo de tiempo.

2.3.1. Tasa de variación del PIB en la región de Norteamérica.

A continuación, se presentan las gráficas correspondientes a la tasa de variación del PIB, para Estados Unidos, México y Canadá.

La tasa de variación permite identificar la manera en la que crece o decrece una variable. Así en el grafico correspondiente a la figura 2.3.1.1 se observa cómo ha evolucionado dicha tasa a través del tiempo para el PIB en los países de Norteamérica. Se tiene que México es el país que presenta variaciones más bruscas, siguiéndole Canadá, como el segundo país con variaciones más relevantes, de igual manera, se puede observar que Estados Unidos es el país de los tres evaluados con menos decrecimientos.

Figura 2.3.1.1: Evolución temporal de la tasa de variación del PIB para la región de Norteamérica



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

A continuación, se hará uso de la figura 2.3.1.2 para explicar la evolución temporal de la tasa de variación para el PIB de México, en el cual se visualiza que existen variaciones importantes de la tasa antes mencionada, siendo 7.19% su tasa más alta y -8.35% su tasa más baja, en tanto que el promedio durante el periodo estudiado es de 2.13%.

Figura 2.3.1.2: Evolución temporal de la tasa de variación del PIB para México



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

En la figura 2.3.1.3 se puede observar la evolución temporal de la tasa de variación del PIB para Estados Unidos, en el cual se observa que entre 1990 y 2025 solo ha presentado dos decrecimientos, uno en 2009 con un valor de -2.57%, debido a la crisis inmobiliaria del 2007 y otro en 2020, equivalente a -2.16%, ocasionado por la pandemia de Covid-19, de la misma forma se observa que el punto más alto de esta tasa se recoge en el año 2021, alcanzando un valor de 6.05%, mientras que en promedio la tasa de variación del PIB para USA es de 2.46%.

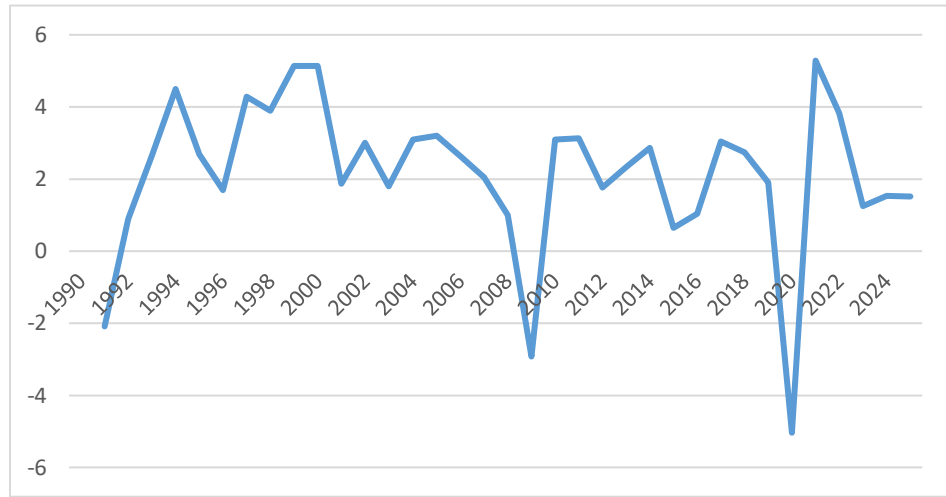
Figura 2.3.1.3: Evolución temporal de la tasa de variación del PIB para USA



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

En la figura 2.3.1.4 se ilustra la evolución temporal para la tasa de variación del PIB de Canadá, la cual muestra que ha habido tres decrecimientos a largo del periodo estudiado, el primero de ellos siendo de -2.09% en el año 1991, debido al des aceleramiento de la economía a nivel mundial, el segundo se presentó en 2009 alcanzando un valor de -2.91%, este debido a la crisis inmobiliaria del año 2007, la cual tuvo efectos globales y la tercera en el 2020 con una equivalencia de -5.03%, que fue ocasionada por la pandemia SARS-CoV2; por otro lado se visualiza que la tasa más alta la alcanza en 2021, con un valor de 5.29% y que el promedio de dicha tasa es de 2.15%.

Figura 2.3.1.4: Evolución temporal de la tasa de variación del PIB para Canadá



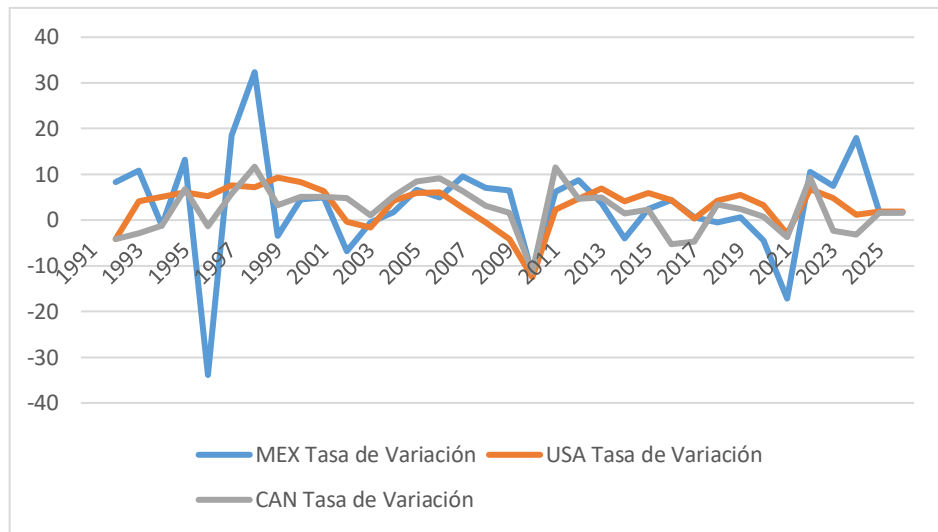
Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

2.3.2. Tasa de variación de la inversión en la región de Norteamérica.

A continuación, se hace análisis de la tasa de variación de la inversión respecto al total de los tres países de Norteamérica.

En el gráfico correspondiente la figura 2.3.2.1, se explica la evolución temporal de la tasa de variación de la inversión para la región de Norteamérica, la cual muestra que de los tres países, México es el más inestable, ya que presenta movimientos más intensos en dicha tasa, mientras que visualmente el comportamiento de las tasas de variación para la inversión de Canadá y USA gozan de cierta similitud, de igual manera se puede observar que las tres naciones presentan una caída significativa en esta tasa en el año 2010, como consecuencia de los estragos que dejó la crisis inmobiliaria del 2007 y otra en el 2020 ocasionada por la pandemia mundial de Covid-19.

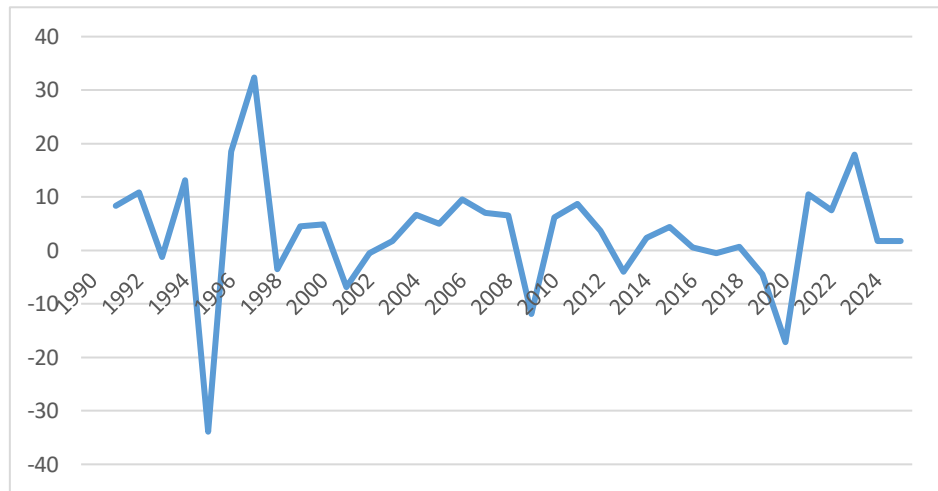
Figura 2.3.2.1: Evolución temporal de la tasa de variación de la inversión para la región de Norteamérica



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Para analizar el caso de la tasa de variación de la inversión para México, se hará uso de la figura 2.3.2.2, en la cual se puede observar que ha tenido decrecimientos considerables para esta tasa, siendo tres de especial relevancia, el primero y más importante fue una caída de -33.89% en el año 1995, cómo consecuencia de la devaluación del peso a finales de 1994, el segundo se ocasiono en 2009 cayendo a -11.92%, esto debido a la crisis inmobiliaria mundial del 2008, el último se presentó en 2020 con un valor de -17.16%, esto cómo consecuencia de la pandemia por Covid-19. El ascenso más alto se recogió en el año 1997 equivalente a 32.35% y con un promedio de crecimiento de 3.17% entre 1990 y 2025.

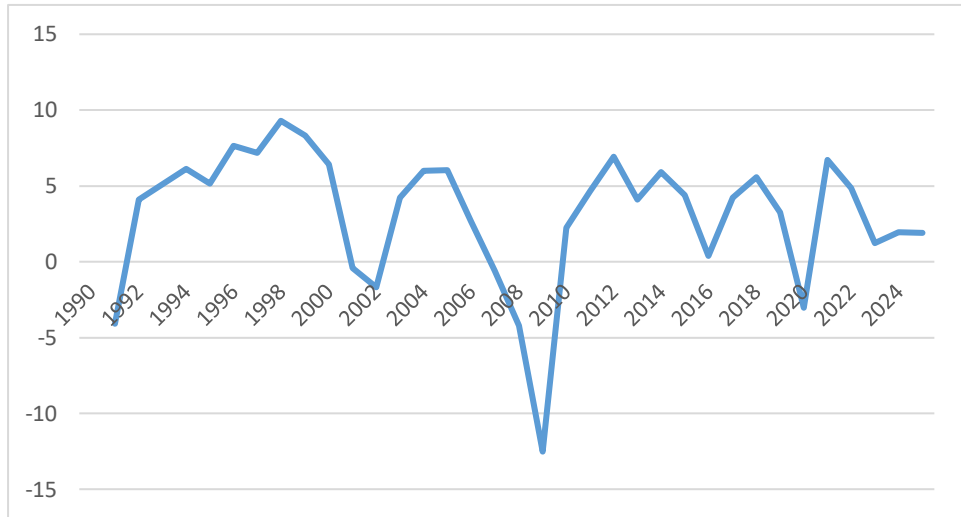
Figura 2.3.2.2: Evolución temporal de la tasa de variación de la inversión para México



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

En la figura 2.3.2.3 se presenta la tasa de variación para la inversión de USA en la cual se visualiza que esta se mantiene en constante movimiento, y que presenta varios decrecimientos a lo largo de los años, sin embargo, hay cuatro caídas relevantes: la primera es el año 1991 con un descenso de -4.10%, debido a la desaceleración económica a nivel mundial; la segunda fue en el año 2002 equivalente a -1.69%, impulsada por la desaceleración de la economía global, la baja en los precios del petróleo y los ataques terroristas del 11 de septiembre; la tercera y más drástica caída se dio en 2009, cayendo a -12.52%, como consecuencia de la crisis inmobiliaria de 2007 que se generó en USA, la cuarta caída ocurrió en el año 2020 provocada por la pandemia de Covid-19, la cual alcanzó un valor de -3.01%. Siendo 3.14% el promedio de crecimiento para la tasa de variación de la inversión del país angloparlante para el periodo analizado.

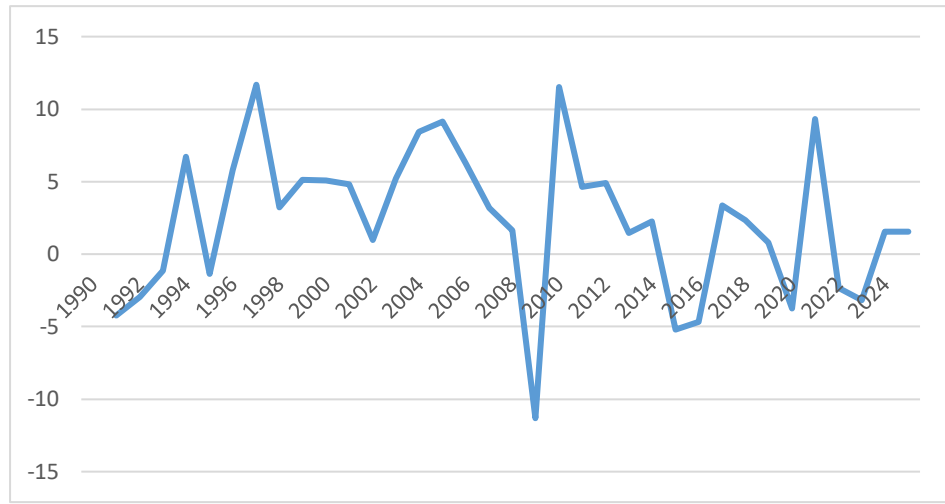
Figura 2.3.2.3: Evolución temporal de la tasa de variación de la inversión para USA



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

A continuación, en la figura 2.3.2.4 se presenta la evolución temporal para la tasa de variación de la inversión canadiense, la cual muestra que el crecimiento de la misma en este país es inestable, sufriendo varias caídas con valores negativos a lo largo del periodo estudiado, siendo la más drástica en el año 2009, con un valor de -11.31%, como consecuencia de la crisis inmobiliaria del 2007 que causó afecciones a nivel mundial. La tasa más alta se encuentra en el año 1997 con un valor equivalente a 11.60%, mientras que a lo largo de los años estudiados su promedio de crecimiento es de 2.30%.

Figura 2.3.2.4: Evolución temporal de la tasa de variación de la inversión para Canadá



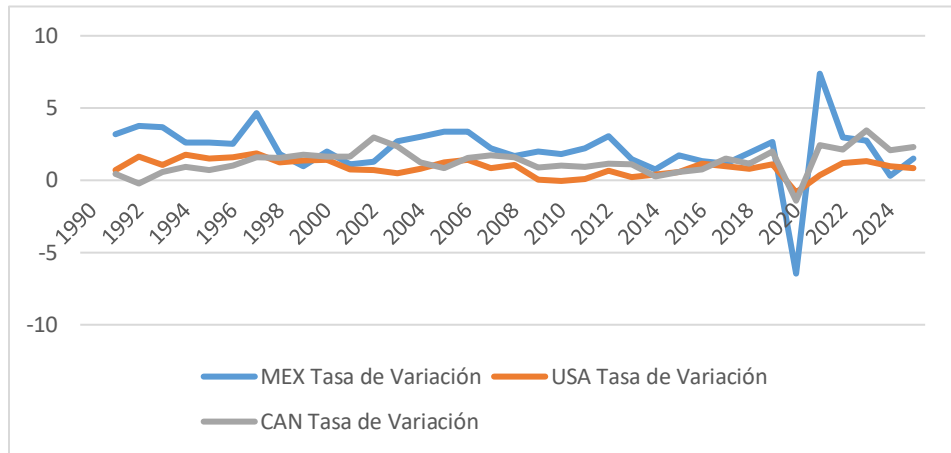
Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

2.3.3. Tasa de variación de la fuerza laboral en la región de Norteamérica.

A lo largo de este numeral se presentan las gráficas correspondientes a la tasa de variación de la fuerza laboral de los países de Norteamérica con su respectivo análisis.

En la figura 2.3.3.1 se muestra la evolución temporal para la tasa de variación de la fuerza laboral para la región de Norteamérica, se tiene que la tasa con variaciones más intensas es la tasa mexicana, ya que es la que presenta un mayor decrecimiento y a su vez un mayor aumento, mientras que las tasas de USA y Canadá se mueven a un ritmo más tranquilo, de igual manera se puede observar que los tres países presentan una caída significativa en el 2020, esto como consecuencia de la pandemia del SARS-CoV2, la cual contrajo afectaciones mundiales.

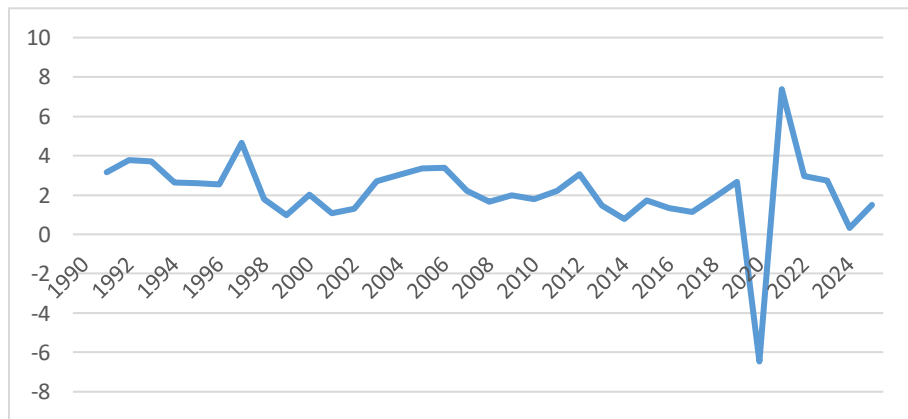
Figura 2.3.3.1: Evolución temporal de la tasa de variación de la fuerza laboral para la región de Norteamérica



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Para realizar el análisis de la evolución temporal de la tasa de variación de la fuerza laboral de México entre los años 1990 y 2024, se hará uso de la figura 2.3.3.2 , la cual muestra que a lo largo de la temporalidad estudiada, solo se ha recogido un decrecimiento equivalente a -6.46%, para dicha tasa, el cual tuvo lugar en el año 2020, como consecuencia de la pandemia por Covid-19, mientras que el punto más alto de la tasa fue alcanzado en el año 2021 con un valor de 7.37%, siendo 2.14% el promedio de crecimiento para la tasa de variación de la fuerza laboral mexicana.

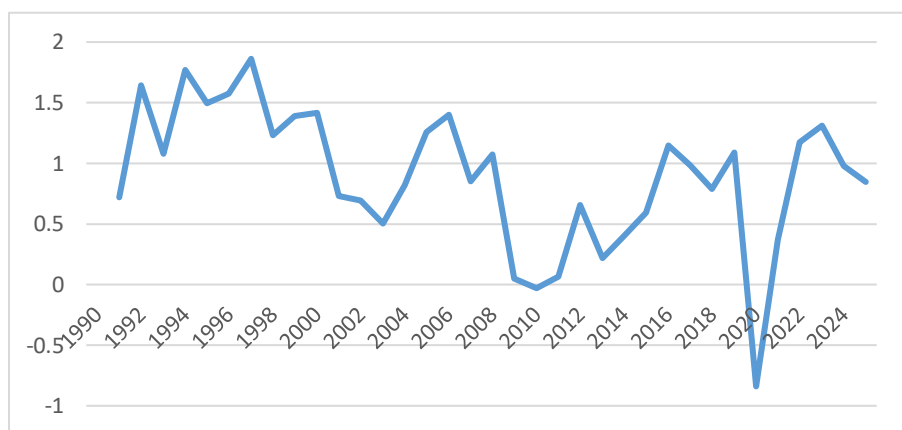
Figura 2.3.3.2: Evolución temporal de la tasa de variación de la fuerza laboral para México



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

En la figura 2.3.3.3 se puede observar la tasa de variación de la fuerza laboral para Estados Unidos, en la cual se puede visualizar que, a partir de 1998 empezó a decaer y no volvió a tomar el ritmo de crecimiento que llevaba en los principios de la década de 1990, dicha tasa presenta dos caídas durante el periodo analizado, la primera en 2010, cayendo a -0.03% debido a la crisis inmobiliaria del 2007, en el 2020 se generó la segunda caída, la cual fue de -0.84%, ocasionada por los estragos de la pandemia de Covid-19. Se tiene que el nivel alcanzado más alto para esta tasa estadounidense es de 1.86% en el año 1997, mientras que su promedio de crecimiento en el periodo observado es de 0.89%.

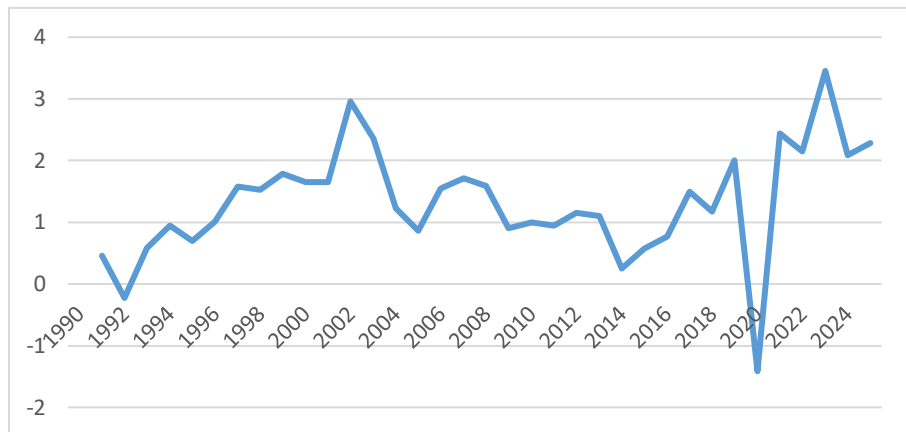
Figura 2.3.3.3: Evolución temporal de la tasa de variación de la fuerza laboral para USA



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

La figura 2.3.3.4 muestra la evolución temporal para la tasa de variación de la fuerza laboral de Canadá de 1990 a 2025, se tiene que el punto más alto para esta tasa fue de 3.45% en el año 2023 y el más bajo fue de -1.41% en 2020. De igual manera se puede observar que la tasa de variación de Canadá ha decrecido solo dos veces en todo el periodo estudiado, la primera de ellas fue en el año 1992, cayendo a -0.22% debido a la desaceleración económica a nivel mundial y la segunda en el año 2020 equivalente a -1.41%, gracias a la pandemia de Covid-19. El promedio de crecimiento en el periodo observado es de 1.32%.

Figura 2.3.3.4: Evolución temporal de la tasa de variación de la fuerza laboral para Canadá



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

2.4. Análisis del índice 1990, de los países de la región de Norteamérica.

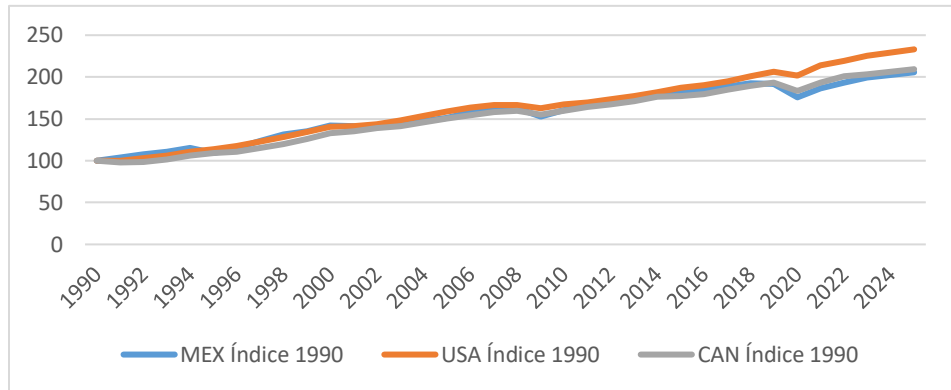
A continuación, se presenta el análisis correspondiente al índice denominado 1990, esto debido a que es su año base, mediante el cual se puede visualizar la manera en la que las variables correspondientes al PIB, la Inversión y la fuerza laboral de México, Estados Unidos y Canadá evolucionan

2.4.1. Análisis del índice del PIB, año base 1990, de los países de la región de Norteamérica.

Será durante este numeral que se hagan las observaciones correspondientes al índice 1990 para Norteamérica con respecto al PIB.

Para comparar de manera adimensional la evolución del PIB de los países de Norteamérica se construyó un índice con base en el año 1990, el cual permite observar la manera en la que evolucionan. La figura 2.4.1.1, permite identificar que Estados Unidos evoluciona de una manera más dinámica respecto a Canadá y México, confirmando la importancia de USA para la región. Cabe mencionar que Estados Unidos termina con indicador de 233.07 puntos, en tanto que Canadá lo hace con 209.77, y finalmente México con 205.67.

Figura 2.4.1.1: Evolución temporal del índice del PIB para la región de Norteamérica. Año base 1990

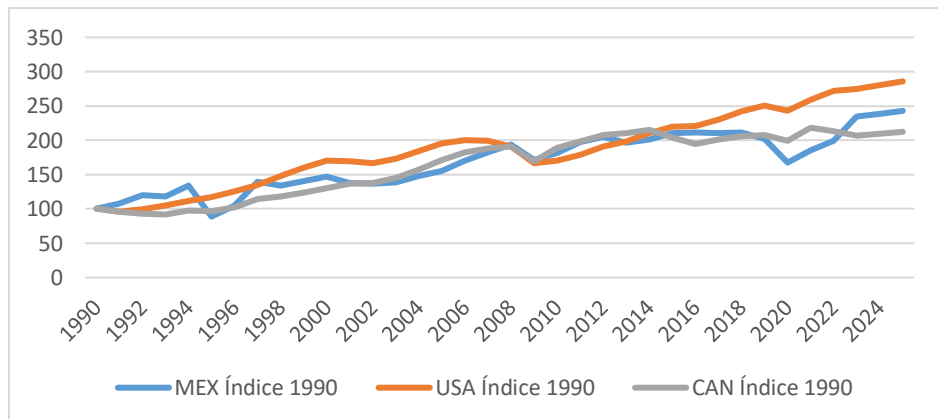


Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

2.4.2. Análisis del índice de la inversión, año base 1990, de los países de la región de Norteamérica.

A continuación, se hace uso de la figura 2.4.2.1 para analizar de manera adimensional la evolución del índice de la inversión, con base 1990, para la región de Norteamérica, en el cual se visualiza que la inversión para Estados Unidos se mueve de manera más significativa a comparación de Canadá y México. Se tiene que Estados Unidos termina el periodo con un indicador de 285.87 puntos, en tanto que Canadá lo hace con 212.78, y finalmente México con 242.93.

Figura 2.4.2.1: Evolución temporal del índice de la inversión para la región de Norteamérica. Año base 1990

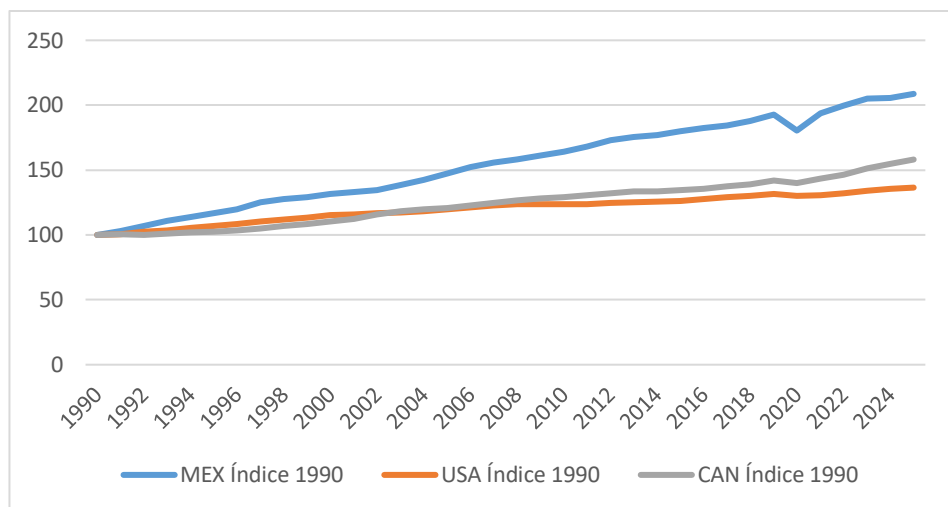


Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

2.4.3. Análisis del índice de la fuerza laboral, año base 1990, de los países de la región de Norteamérica.

Para el análisis del índice de la fuerza laboral con base 1990, para la región de Norteamérica se recurre a la figura 2.4.3.1, en la cual se observa que de los tres países México es el que se mueve de manera más dinámica, teniendo así que es el país de la región con mayor fortaleza en mano de obra, teniendo que México termina con indicador de 208.72 punto, mientras que USA lo hace con 136.49 y Canadá con 158.13.

Figura 2.4.3.1: Evolución temporal del índice de la fuerza laboral para la región de Norteamérica. Año base 1990



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

2.5. Análisis de la literatura existente relacionada con el objeto de estudio.

Para llevar a cabo esta tesis se hizo una búsqueda de estudios previos sobre el tema del que está siendo elaborada, sin embargo, se encontró que al día de hoy no existen investigaciones anteriores que hablen de cointegración en la eficiencia técnica de Estados Unidos, México y Canadá de manera concreta. Es importante mencionar que existen algunos artículos de investigación que hacen énfasis especial en la integración de la región de Norteamérica y los efectos que esta ha traído, la mayoría tienen base en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte y sus efectos en la región, tratándose principalmente de la cointegración manufacturera, en la industria automotriz, agropecuaria y en el PIB. A continuación, se hace un análisis de los estudios más relevantes existentes sobre el tema.

Cuando dos países intercambian mercancías usadas para producir, sus procesos productivos se imbrican y las economías se integran, en la medida en que los insumos importados son indispensables para la producción. Aroche & Márquez, (2019).

A lo largo de los años la región de Norteamérica se ha visto inmersa en una apertura comercial que ha permitido que Canadá, Estados Unidos y México se integren económicamente, creando un bloque económico a través del cual estos países hacen intercambios, que favorecen al desarrollo de sus producciones; a pesar de que se trata de tres países totalmente distintos, con tamaños y actividades económicas nada parecidas entre sí, han logrado generar una buena relación comercial y ser cada vez más interdependientes.

A pesar de que es bien conocido que USA es el país más fuerte de la región, en términos económicos, demográficos, tecnológicos, políticos y comerciales, México y Canadá han podido ir incrementando poco a poco su peso en dicho bloque; es importante hacer mención de que, aunque este bloque está conformado por tres países, estos no han logrado relacionarse de manera semejante, por un lado, Canadá y México han afianzado relaciones más directas y estrechas con Estados Unidos, cada uno por su cuenta, mientras que entre ellos no han logrado fortalecer de la misma manera sus relaciones comerciales, políticas y económicas.

La dependencia comercial de México y Canadá hacia Estados Unidos: un enfoque insumo-producto (1965-1990) es un trabajo en el que se estudia la integración de Canadá y México con Estados Unidos previo al Tratado de Libre Comercio de América del Norte. Se utilizaron técnicas de Insumo-Producto y se encontró que Canadá y México estaban integrados con Estados Unidos, pero con características distintas. Ya que la mayoría de las industrias canadienses con mayor integración no están vinculadas a la industria automotriz, estos resultados son curiosos porque durante prácticamente todo el periodo el tratado de libre comercio vigente era el de la industria automotriz. Entre las industrias mexicanas más integradas se encuentran algunas asociadas con las maquiladoras, lo cual sugiere una concordancia entre las políticas de México y su integración con Estados Unidos. (Romero-Ramírez, 2023).

El contexto bajo el que se realizó este estudio es muy interesante, ya que permite tener una visión de cómo era la integración entre México, Estados Unidos y Canadá antes del TL-CAN. Desde ese entonces ya se podía ver que a pesar de la naturaleza de integración con la que cuenta la región debido a su posición geográfica, las características tan distintas entre estos países, iban a generar brechas importantes para obtener un bloque integrado en igualdad de circunstancias.

La existencia de integración económica entre países implica que estos puedan ser afectados de manera simultánea ante cualquier situación a la que alguna de las partes pueda causarle algún impacto, ya sea positivo o negativo, es decir, que puedan existir comportamientos impulso-respuesta. Lo cual puede ser sumamente peligroso, para las regiones que se encuentran altamente interrelacionadas. En el caso específico de México, Estados Unidos y Canadá, que dependen altamente entre sí en términos comerciales, es muy seguro que, si alguno de estos tres países padece de algún factor que lo orille a una crisis económica, los efectos de la misma van a traer repercusiones a las otras dos economías, esto debido a que las condiciones bajo las que normalmente operaban se ven alteradas.

En el estudio de Villarreal & Bielma (2016) se analiza la peculiaridad de la dinámica de las fluctuaciones económicas de la economía mexicana en el marco de su integración con Estados Unidos y Canadá, y se demuestra cómo la economía mexicana endogenizó las crisis macroeconómicas provenientes de Estados Unidos (2001 y 2007) y cómo los ciclos económicos de ambos países se fueron alineando. Con base en la teoría económica heterodoxa de las crisis y los ciclos, verificamos la ley empírica de la dinámica económica del sistema capitalista mexicano según la lógica de la teoría del acelerador-multiplicador que permitió estudiar la dinámica de las fluctuaciones para el período de estudio (1993-2013). Para ello, se construyó y estimo un modelo VAR y se utilizaron las pruebas de causalidad a la Granger y datos trimestrales.

Dicho estudio, demuestra que efectivamente existe un efecto de reacción entre las economías que están cointegradas y que las implicaciones que esto mismo conlleva, no son superficiales, más bien que pueden causar estragos importantes dentro de las mismas y llevarlas a circunstancias críticas en términos económicos.

Por otro lado, Ahumada & Churata, (2019) en el estudio “Los efectos del TLCAN en el crecimiento económico”, analizan el impacto de este tratado en el crecimiento económico de los países de Norteamérica, el cual fue realizado mediante una versión ampliada del modelo de crecimiento de Solow. El modelo se estima con datos en panel mediante dos métodos: 1) el método generalizado de momentos de Arellano y Bond, el cual se aplica a un panel dinámico y 2) mínimos cuadrados generalizados factibles.

Ambos indican que el comercio incrementa el producto interno bruto (PIB) per cápita, controlando para el *stock* de capital físico y humano, la productividad total de los factores y la tasa de depreciación del capital. Sin embargo, la principal fuente de crecimiento económico es la formación de capital humano, por lo que se debe estimular el comercio internacional e invertir más en educación formal de largo plazo, programas de capacitación de corto plazo y todo el sistema de transferencia del conocimiento.

Este estudio es una prueba más de que la inversión en capital humano es clave para el crecimiento económico de la región, de igual manera el crecimiento en la formación de capital humano, ayudara a que los tres países se encuentren bajo condiciones más igualitarias y así a su vez logren una integración más justa.

Gilmore & McManus (2004) en el trabajo “El impacto del TLCAN en la integración de los mercados de valores canadienses, mexicanos y estadounidenses”, evalúan el comportamiento a largo plazo entre los tres mercados bursátiles norteamericanos de Canadá, México y Estados Unidos, y examina si la implementación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) ha propiciado una mayor integración de los mercados bursátiles. Dicho trabajo es de suma utilidad para evaluar en qué otros aspectos la integración entre estos tres países está generando impactos conjuntos para las tres economías y la manera en la que cada sector debe ser atendido, para así seguir direccionándose hacia la colaboración y crecimiento regional. El estudio mencionado con anterioridad demuestra que existe cointegración económica entre los mercados de valores de Estados Unidos, México y Canadá. La aplicación del procedimiento de cointegración de Johansen y Juselius (1990) indica una relación a largo plazo. Un modelo vectorial de corrección de errores (VEC) establece que los tres mercados participan en el ajuste a largo plazo hacia el equilibrio. En general, los resultados sugieren que la implementación del

TLCAN ha promovido una mayor integración económica entre los tres países norteamericanos.

Ante el inminente crecimiento en la integración de Norteamérica, es importante estudiar la forma en la que las implicaciones de la misma están afectando al sector empresarial de la región, esto debido a que las empresas conforman una parte esencial en las tres economías. Dentro de todos los estudios previos que se revisaron para esta tesis, se encontró uno en específico titulado: “Efecto del TLCAN en los valores y desempeños de las empresas” Rakhmanyil & Yuce (2012), el cual habla sobre el efecto a largo plazo del TLCAN en el desempeño de las empresas en Canadá, México y los Estados Unidos. Su enfoque principal es estudiar el impacto del proceso de liberalización en varios aspectos del desempeño, incluyendo la rentabilidad, la eficiencia operativa, la inversión, la producción, el empleo, el apalancamiento y la valuación de la empresa.

Se obtuvo que la producción, la rentabilidad y la eficiencia aumentaron en los tres países, y otros efectos son específicos de cada país. En general, se determinó que el TLCAN afectó positivamente a las empresas en los tres países y su rentabilidad y eficiencia aumentaron, lo que llevó a aumentos de valor. Lo encontrado en esta investigación es un indicador claro de que el Tratado de Libre Comercio de América del Norte está trayendo consigo beneficios para las empresas que operan en la región y por lo tanto se están generando condiciones para aumentar la producción, disminuir el desempleo, mejorar la calidad de vida y a su vez conseguir que las compañías del bloque sean más competitivas a nivel mundial. Es importante mencionar que, si éstas se ven beneficiadas bajo este acuerdo comercial, será el mismo sector empresarial quien generará presión ante las administraciones públicas de cada uno de los países miembros del T-MEC, para que se trabaje en la constante mejora del mismo y a su vez para que este continúe en vigor.

2.6. Antecedentes de integración entre México Estados Unidos y Canadá.

En el caso del TMEC, antiguamente TLCAN el tipo de integración económica que aplica es la etapa uno, la cual corresponde a la zona de libre comercio, esta establece la eliminación de aranceles y restricciones cuantitativas entre los miembros, lo que permite un comercio fácil, ágil y práctico entre las tres naciones que lo conforman, Estados Unidos, México y Canadá.

A continuación, se llevará a cabo un análisis sobre los antecedentes, impactos, retos y logros en materia de integración económica para el bloque norteamericano.

a) Antecedentes:

La integración económica entre México, Estados Unidos y Canadá se dio como resultado de un proceso histórico que implica factores económicos, políticos y geoestratégicos. Antes de la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), ya existían las relaciones comerciales entre estos países, pero estaban fragmentadas y sujetas a barreras arancelarias y no arancelarias significativas. Estas relaciones comerciales antes del T-MEC se daban de manera bilateral, es decir, Estados Unidos – Canadá, y Estados Unidos – México, esto debido en gran parte a la naturalidad geográfica que comparten entre sí.

b) Periodo previo a acuerdos formales

Comercio Bilateral México-EE. UU.

Las relaciones económicas entre México y Estados Unidos se basaron en acuerdos bilaterales durante gran parte del siglo XX. Estos acuerdos eran sectoriales, como el Programa Bracero, bajo el cual los agricultores mexicanos podían trabajar legalmente en Estados Unidos. El Programa Bracero comenzó en 1942 y estuvo vigente hasta 1964, finalizándose en 1965, Vézina, C. (2018). Otro ejemplo de un acuerdo sectorial exitoso es el Programa de Industrialización Fronteriza México-EE. UU., también conocido como la Maquiladora. El cual consiste en plantas industriales ubicadas en México, autorizadas a enviar las piezas finales a EE. UU. sin pagar impuestos.

Comercio Bilateral EE. UU.-Canadá

De acuerdo con (Atkinson, 2020), en 1965 se firmó el Auto Pact (Pacto Automotriz), que otorgó a ambos países el derecho a intercambiar automóviles y sus piezas sin pagar impuestos. Esto propició fuertes relaciones económicas entre ambas naciones en este sector gracias a la política de libre comercio. El libre comercio entre Canadá y Estados Unidos comenzó a funcionar con el Tratado de Libre Comercio (CUFSTA) que entro en vigor en 1989 y que elimino progresivamente los aranceles en la mayoría de bienes y servicios entre las dos naciones.

c) Apertura comercial de México

Después de haber sostenido por años un modelo económico proteccionista basado en la sustitución de exportaciones, México comenzó su apertura comercial en los años 80, esto tras la crisis de deuda de 1982 (Pastor & Wise, 1994), la cual creo la necesidad de dar un giro total en el modelo económico mexicano, buscando atraer inversión extranjera, algunos de los cambios más importantes durante esta época fueron:

- Ingreso al GATT (Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio) en 1986, marcando el inicio de su apertura comercial.
- Firma de acuerdos comerciales bilaterales con diferentes países para diversificar exportaciones.
- Modernización de su marco legal para fomentar la inversión extranjera directa.

d) Negociaciones del TLCAN (NAFTA)

Según Ordorica (2017), fue hasta 1990 que las negociaciones para el TL-CAN comenzaron, inicialmente iba a ser un tratado bilateral entre Estados Unidos y México, pero después, al ver el potencial que este tratado tenía, Canadá decidió unirse a dichas negociaciones y formar parte de esta importante alianza, convirtiéndose así en un acuerdo comercial trilateral.

Algunos de los objetivos más relevantes que se fijaron es este Tratado de Libre Comercio son los siguientes:

- Eliminar barreras al comercio y la inversión.
- Proporcionar un marco estable y predecible para la actividad económica.
- Fomentar la competencia y la eficiencia productiva.

El 8 de diciembre de 1992 se firmó el TLCAN por los tres países y fue hasta el 1 de enero de 1994 que entro en vigor, constituyéndose, así como una zona libre de comercio.

Hoy en día este bloque comercial, es de los más importantes a nivel mundial, de hecho, es el Tratado de Libre Comercio que más transacciones registra por año en el mundo, se estima que por año las operaciones comerciales ascienden a 1.88 billones de dólares, según datos de 2023.

e) Transición al T-MEC (USMECA)

Después de dos décadas de operaciones exitosas, llegó la renegociación del TLCAN a petición de Estados Unidos, esto bajo el argumento de actualizar el acuerdo para hacer frente a los cambios que se han presentado a lo largo de los años posteriores a la primera firma. Durante su primer mandato el gobierno del Presidente en turno de Estados Unidos, Donald Trump aseguró que estas renegociaciones eran necesarias debido a desbalances comerciales, brechas tecnológicas y desigualdad competitiva entre los tres países.

De acuerdo al SICE (2022) se presenta la cronología del desarrollo del T-MEC:

- 2016: Durante la campaña presidencial de EE.UU., Donald Trump prometió renegociar o incluso cancelar el TLCAN.
- 19 de agosto de 2017: Se inicia la primera ronda de negociaciones para modernizar el TLCAN.
- 28 de agosto de 2018: Se logra un preacuerdo bilateral entre México y Estados Unidos.
- 30 de septiembre de 2018: Fecha límite para entregar el texto acordado debido al fin del periodo presidencial del presidente mexicano Enrique Peña Nieto.
- 30 de noviembre de 2018: Los presidentes de México, Estados Unidos y Canadá firman el T-MEC.
- 29 de enero de 2020: El acuerdo es promulgado en Estados Unidos.
- 1 de julio de 2020: El T-MEC entra en vigor.
- 2026: Primera revisión del T-MEC por parte de los tres países para decidir sobre la extensión de su vigencia por 6 años adicionales.
- 2032: Revisión del T-MEC. Si no se acuerda la extensión, se realizarán revisiones anuales.
- 2036: Fecha de vencimiento original del T-MEC, si no se extiende.
- 2042: Posible fecha de extensión del T-MEC hasta 2048 si se acuerda una extensión en 2032.

Cómo se puede apreciar las negociaciones para este acuerdo comercial fueron bastante complejas, pero la importancia que el mismo tiene para los tres países del bloque norteamericano hizo que estas evolucionaran y se dieran de manera efectiva.

Después de todo lo analizado con anterioridad se puede concluir que la integración económica entre Estados Unidos, México y Canadá no surgió de manera repentina y que los hechos que la anteceden fueron de suma importancia para la consolidación de la misma. La cooperación, apertura y alineación en políticas comerciales, seguirán siendo factores de suma importancia para la evolución y mayor eficiencia del acuerdo. Este acuerdo comercial representa intereses altamente significativos para los tres países, lo cual lo convierte en una de las prioridades en materia de política exterior de cada uno de los países que forman parte, esto los guiara de una u otra forma a seguirlo renovando e innovando, buscando maneras de que este siga creciendo así lograr que la región siga ganando relevancia a nivel mundial, manteniéndose competitiva ante otros bloques comerciales o económicos.

Capítulo 3. Metodología

3.1. Cointegración y corrección de errores: representación, estimación y pruebas.

3.1.1. Integración, cointegración y corrección de errores.

Como se reporta en Engle & Granger, (1987), es bien sabido por el teorema de Wold que una sola serie temporal estacionaria sin componentes deterministas tiene una representación de media móvil infinito que generalmente se aproxima mediante un proceso de media móvil autorregresiva finita. Sin embargo, comúnmente, las series económicas deben diferenciarse antes de que se pueda presumir que se cumple el supuesto de estacionariedad. Esto motiva la siguiente definición familiar de integración:

Siguiendo a Engle & Granger se tiene la siguiente DEFINICIÓN: Una serie sin componente determinista que tiene una representación ARMA estacionaria e invertible después de diferenciarse d veces, se dice que es integrada de orden d , denotada $X_t \sim I(d)$. Engle & Granger (1987)

Para facilitar la exposición, Engle & Granger solo considerarán los valores $d=0$ y $d=1$ en gran parte del artículo de Engle & Granger, pero muchos de los resultados se pueden generalizar a otros casos, incluido el modelo de diferencia fraccionaria. Por lo tanto, para $d=0$, x_t será estacionaria y para $d=1$ el cambio es estacionario.

Según Engle & Granger (1987), existen diferencias sustanciales en la apariencia entre una serie que es $I(0)$ y otra que es $I(1)$. (a) Si $x_t \sim I(0)$ con media cero, entonces (i) la varianza de x_t es finita; (ii) una innovación solo tiene un efecto temporal en el valor de x_t ; (iii) el espectro de x_t , $f(\omega)$, tiene la propiedad $0 < f(0) < \infty$; (iv) la longitud esperada de tiempos entre cruces de $x=0$ es finita; (v) las autocorrelaciones, ρ_k , disminuyen constantemente en magnitud para un valor k suficientemente grande, de modo que su suma es finita.

3.1.2. Cointegración y Corrección de Errores.

En línea con Engle & Granger, si $x_t \sim I(1)$ con x_0 , entonces (i) la varianza de x_t tiende a infinito a medida que t tiende a infinito; (ii) una innovación tiene un efecto permanente en el valor de x_t ; ya que x_t es la suma de todos los cambios previos; (iii) el espectro de x_t tiene la forma aproximada $f(\omega) \sim A\omega^{-2d}$ para valores pequeños ω , de modo que, en particular, $f(0) = \infty$; (iv) el tiempo esperado entre cruces de $x=0$ es infinito; (v) las autocorrelaciones teóricas, $\rho_k \rightarrow 1$ para todos los valores de k , como $k \rightarrow \infty$. Engle & Granger (1987),

Así, según Engle & Granger, la varianza infinita teórica para una serie $I(1)$ proviene completamente de la contribución de las frecuencias bajas, o la parte de largo plazo de la serie. Por lo tanto, una serie $I(1)$ es bastante suave, con oscilaciones largas dominantes, en comparación con una serie $I(0)$. Debido a los tamaños relativos de las varianzas, siempre es cierto que la suma de un $I(0)$ y un $I(1)$ será $I(1)$. Además, si a y b son constantes, $b \neq 0$, y si $x_t \sim I(d)$, entonces $a + bx_t$ también es $I(d)$. Si x_t y y_t son ambos $I(d)$, entonces generalmente es cierto que la combinación lineal $z_t = x_t - ay_t$ también será $I(d)$.

Sin embargo, argumentan Engle & Granger, que es posible que $z_t \sim I(d-b)$, $b > 0$. Cuando esto ocurre, una restricción muy especial opera sobre los componentes de largo plazo de la serie. Considere el caso $d=b=1$, de modo que x_t y y_t son ambos $I(1)$ con componentes dominantes de largo plazo, pero z_t es $I(0)$ sin frecuencias bajas especialmente fuertes. Por lo tanto, la constante a es tal que la mayor parte de los componentes de largo plazo de x_t y y_t se cancelan. Para $a=1$, la vaga idea de que x_t y y_t no pueden alejarse demasiado se ha traducido en la afirmación más precisa de que su diferencia será $I(0)$. El uso de la constante a simplemente sugiere que se necesita algún escalamiento antes de que se pueda lograr la diferencia $I(0)$. Cabe señalar que generalmente no será cierto que exista una a que haga que:

$z_t \sim I(0)$. Engle & Granger (1987).

Un caso análogo, referido en Engle & Granger, es considerar una frecuencia importante diferente, es decir, cuando x_t y y_t son un par de series, cada una con un componente estacional importante, pero hay una a , de modo que la serie derivada z_t no tiene estacionalidad. Claramente, esto podría ocurrir, pero podría considerarse improbable.

Para formalizar estas ideas, se introduce la siguiente definición adaptada por Engle & Granger (1987), de Granger (1981) y Granger y Weiss (1983):

DEFINICIÓN: Se dice que las componentes del vector x son cointegradas de orden d , b , denotadas $x_t \sim CI(d, b)$, si (i) todas las componentes de x son $I(d)$; (ii) existe un vector $\alpha (\neq 0)$ tal que $z_t = \alpha' x_t \sim I(d-b)$, $b > 0$. El vector α se llama vector cointegrador.

Siguiendo a Engle & Granger (1987), concentrándonos en el caso $d=1$, $b=1$, la cointegración significaría que si los componentes de x_t fueran todos $I(1)$, entonces el error de equilibrio sería $I(0)$, y z_t rara vez se alejará de cero si tiene media cero, y z_t a menudo

cruzará la línea cero. Dicho de otra manera, significa que el equilibrio ocurrirá ocasionalmente, al menos con una aproximación cercana, mientras que, si x_t no estuviera cointegrada, entonces z_t puede variar ampliamente y los cruces por cero serían muy raros, lo que sugiere que, en este caso, el concepto de equilibrio no tiene implicaciones prácticas.

Así, para Engle & Granger, la reducción en el orden de integración implica un tipo especial de relación con consecuencias interpretables y comprobables. Sin embargo, si todos los elementos de x_t ya son estacionarios, de modo que son $I(0)$, entonces el error de equilibrio z_t no tiene una propiedad distintiva si es $I(0)$. Podría ser que $z_t \sim I(-1)$, de modo que su espectro sea cero a frecuencia cero, pero si alguna de las variables tiene un error de medición, esta propiedad en general no se puede observar y, por lo tanto, este caso tiene poco interés realista. Al interpretar el concepto de cointegración, cabe señalar que en el caso $N=2$, $d=b=1$, Granger y Weiss (1983) demuestran que una condición necesaria y suficiente para la cointegración es que la coherencia entre las dos series sea uno a frecuencia cero. Engle & Granger (1987),

Si x_t tiene N componentes, entonces puede haber más de un vector de cointegración α . Es claramente posible que varias relaciones de equilibrio rijan el comportamiento conjunto de las variables. En lo que sigue, se supondrá que hay vectores de cointegración exactamente linealmente independientes, con $r \leq N-1$, que se agrupan en la matriz $N \times r$ forma α . Por construcción, el rango de α será r , que se denominará "rango de cointegración" de x_t . (Engle & Granger, 1987)

En cuanto a los mecanismos de corrección de errores, estos se han utilizado ampliamente en economía. La idea es simplemente que una proporción del desequilibrio de un período se corrige en el siguiente. Por ejemplo, el cambio de precio en un período puede depender del grado de exceso de demanda en el período anterior. Dichos esquemas pueden derivarse como un comportamiento óptimo con algunos tipos de costes de ajuste o información incompleta. Engle & Granger (1987),

Así, para Engle & Granger, en un sistema de dos variables, un modelo típico de corrección de errores relacionaría el cambio en una variable con errores de equilibrio pasados, así como con cambios pasados en ambas variables. Para un sistema multivariante, podemos

definir una representación general de corrección de errores en términos de B , el operador de retroceso, de la siguiente manera.

Por lo anterior, Engle & Granger (1987) proponen la siguiente DEFINICIÓN: Una serie temporal vectorial x_t tiene una representación de corrección de errores si se puede expresar como:

$$A(B)(1-B)x_t = -\gamma z_{t-1} + \mu_t$$

donde u_t es una perturbación multivariante estacionaria, con $A(0)=I$, $A(1)$ tiene todos los elementos finitos, $z_t = \alpha' x_t$ y $\gamma \neq 0$.

En esta representación, solo el desequilibrio en el período anterior es una variable explicativa. Sin embargo, al reordenar los términos, cualquier conjunto de rezagos de z se puede escribir de esta forma, por lo que permite cualquier tipo de ajuste gradual hacia un nuevo equilibrio (Engle & Granger, 1987). Una diferencia notable entre esta definición y la mayoría de las aplicaciones que se han producido es que esta es una definición multivariante que no se basa en la exogeneidad de un subconjunto de las variables. La noción de que una variable puede ser débilmente exógena en el sentido de Engle, Hendry y Richard (1983) y puede investigarse en un sistema como el que se analiza brevemente a continuación. Una segunda diferencia notable es que α se toma como un vector de parámetros desconocido en lugar de un conjunto de constantes dadas por la teoría económica.

3.1.3. Propiedades de las variables cointegradas y sus presentaciones.

En este artículo (Engle & Granger, 1987) suponen que cada componente de x_t es $I(1)$, de modo que el cambio en cada componente es un proceso estocástico estacionario puramente no determinista de media cero. Cualquier componente determinista conocido se puede restar antes de comenzar el análisis. De ello se deduce que siempre existirá una representación de Wold multivariante:

$$(3.1) (1-B)x_t = C(B)\varepsilon_t,$$

se entiende que ambos lados tendrán la misma matriz espectral. Además, $C(B)$ se definirá de forma única por las condiciones de que la función $\det [C(z)]$, $z = e^{i\omega}$, tenga todas las raíces en o fuera del círculo unitario, y que $C(0) = I_N$, la matriz identidad $N \times N$ (véase

Hannan (1970, p. 66)). En esta representación de ε_t , son vectores de ruido blanco de media cero con

$$E[\varepsilon_t \varepsilon'_s] = 0, \quad t \neq s,$$

$$= G, \quad t = s,$$

de modo que solo puedan ocurrir correlaciones contemporáneas. El polinomio de media móvil $C(B)$ siempre se puede expresar como

$$(3.2) \quad C(B) = C(1) + (1-B)C^*(B)$$

simplemente reordenando los términos. Si $C(B)$ es de orden finito, entonces $C^*(B)$ será de orden finito. Si $C^*(1)$ es idénticamente cero, entonces se puede definir una expresión similar que involucre $(1-B)^2$. Engle & Granger (1987).

Como afirman Engle & Granger, la relación entre los modelos de corrección de errores y la cointegración se señaló por primera vez en Granger (1981). Un teorema que muestra con precisión que las series cointegradas pueden representarse mediante modelos de corrección de errores se enunció y demostró originalmente en Granger (1983). Por lo tanto, la siguiente versión se denomina Teorema de Representación de Granger.

El Teorema de representación de Granger expresa que: Si el vector $N \times 1$ x_t dado en (3.1), está cointegrado con $d=1$, $b=1$ y con rango de cointegración r , entonces:

(1) $C(1)$ es de rango $N-r$.

(2) Existe una representación vectorial ARMA

$$(3.3) \quad A(B)x_t = d(B)\varepsilon_t$$

con las propiedades de que $A(1)$ tiene rango r y $d(B)$ es un polinomio de rezago escalar con $d(1)$ finito y $A(0) I_N$. Cuando $d(B)=1$, se trata de una autorregresión vectorial. Engle & Granger (1987).

(3) Existen matrices $N \times r$, α , γ , de rango r tales que

$$\alpha' C(1) = 0,$$

$$C(1) \gamma = 0,$$

$$A(1) = \gamma\alpha'$$

(4) Existe una representación de corrección de errores con $z_t = \alpha'x_t$, un vector $r \times 1$ de variables aleatorias estacionarias:

$$(3.4) A^*(B)(1-B)x_t = \gamma z_{t-1} + d(B)\varepsilon_t$$

con $A^*(0) = I_N$

(5) El vector z_t viene dado por

$$(3.5) z_t = K(B)\varepsilon_t,$$

$$(3.6) (1-B)z_t = \alpha'y z_{t-1} + J(B)\varepsilon_t,$$

donde $K(B)$ es una matriz $r \times N$ de polinomios de retardo dada por $\alpha'C^*(B)$ con todos los elementos de $K(1)$ finitos con rango r , y $\det(\alpha'y) > 0$.

(6) Si es posible una representación autorregresiva vectorial finita, tendrá la forma dada por (3.3) y (3.4) anteriores con $d(B) = 1$ y tanto $A(B)$ como $A^*(B)$ como matrices de polinomios finitos. Engle & Granger (1987)

3.1.4. Cointegración y Corrección de errores

Las representaciones autorregresivas y de corrección de errores dadas por (3.3) y (3.4) están estrechamente relacionadas con los modelos vectoriales autorregresivos tan comúnmente utilizados en econometría, particularmente en el caso en que $d(B)$ puede tomarse razonablemente como 1. Sin embargo, cada una difiere de manera importante de las aplicaciones VAR típicas. En la representación autorregresiva

$$A(B)x_t = \varepsilon_t,$$

la cointegración de las variables x , genera una restricción que hace que $A(1)$ sea singular. Para $r=1$, esta matriz solo tendrá rango 1. El análisis de tales sistemas desde el punto de vista de la contabilidad de la innovación es peligroso, ya que algunos enfoques numéricos para calcular la representación de la media móvil son altamente inestables. La representación de corrección de errores. Engle & Granger (1987).

$$A^*(B)(1-B)x_t = -\gamma\alpha'x_{t-1} + \varepsilon_t,$$

se parece más a una autorregresión vectorial estándar en las diferencias de los datos. Aquí, la cointegración está implícita en la presencia de los niveles de las variables, por lo

que un VAR puro en las diferencias estará mal especificado si las variables están cointegradas. Por lo tanto, las autorregresiones vectoriales estimadas con datos cointegrados estarán mal especificadas si los datos están diferenciados y habrán omitido restricciones importantes si los datos se utilizan en niveles. Por supuesto, estas restricciones se cumplirán asintóticamente, pero se pueden lograr ganancias de eficiencia y mejores pronósticos multipaso al imponerlas. Engle & Granger (1987).

Como $x_t \sim I(1)$, $z_t \sim I(0)$, debe tenerse en cuenta que todos los términos en los modelos de corrección de errores son $I(0)$. Lo contrario también es válido; si $x_t \sim I(1)$ se generan mediante un modelo de corrección de errores, entonces x_t está necesariamente cointegrado. También puede observarse que si $x_t \sim I(0)$, el proceso de generación siempre se puede escribir en la forma de corrección de errores y, por lo tanto, en este caso, el concepto de equilibrio no tiene impacto. Engle & Granger (1987).

Como se mencionó, los ejemplos empíricos típicos de comportamiento de corrección de errores se formulan como la respuesta de una variable, la variable dependiente, a las perturbaciones de otra, la variable independiente. En este artículo de Engle & Granger (1987), todas las variables se tratan como endógenas conjuntamente; sin embargo, la estructura del modelo puede implicar varios ordenamientos causales de Granger y condiciones de exogeneidad débil y fuerte, como en Engle, Hendry y Richard (1983). Por ejemplo, un sistema cointegrado bivariado debe tener un ordenamiento causal en al menos una dirección. Debido a que las z deben incluir ambas variables e y no pueden ser idénticamente cero, deben entrar en una o ambas ecuaciones. Si el término de corrección de errores entra en ambas ecuaciones, ninguna variable puede ser débilmente exógena para los parámetros de la otra ecuación debido a la restricción entre ecuaciones. Engle & Granger (1987).

La noción de cointegración puede, en principio, extenderse a series con tendencias o raíces autorregresivas explosivas. En estos casos, el vector de cointegración seguiría siendo necesario para reducir la serie a la estacionariedad. Por lo tanto, las tendencias tendrían que ser proporcionales y cualquier raíz explosiva tendría que ser idéntica para todas las series. (Engle & Granger, 1987) no consideran estos casos en este artículo y reconocemos que pueden complicar los problemas de estimación y pruebas.

3.2. Funciones de producción de frontera, eficiencia técnica y datos de panel.

En Battese & Coelli (1992) se puede leer que la función de producción de frontera estocástica, fue propuesta independientemente por Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Mecusen y van den Broeck (1977), la cual ha sido una contribución significativa al modelado econométrico de la producción y la estimación de la eficiencia técnica de las empresas. Como reportan Battese & Coelli, la frontera estocástica involucraba dos componentes aleatorios, uno asociado con la presencia de ineficiencia técnica y el otro siendo un error aleatorio tradicional.

Las aplicaciones de las funciones frontera han involucrado datos tanto transversales como de panel. Estos estudios han realizado diversos supuestos distribucionales para las variables aleatorias involucradas y han considerado diversos estimadores para los parámetros de estos modelos.

El concepto de eficiencia técnica de las empresas ha sido fundamental para el desarrollo y la aplicación de modelos econométricos de funciones frontera. Si bien la eficiencia técnica puede definirse de diferentes maneras. En Battese y Coelli (1988) se considera la definición de la eficiencia técnica de una empresa dada (en un período de tiempo dado) como la razón de su producción media (condicionada a sus niveles de insumos de factores y efectos de la empresa) a la producción media correspondiente si la empresa utilizara sus niveles de insumos de la manera más eficiente. véase Battese y Coelli (1988).

3.2.1. Modelo variable en el tiempo para datos de panel no balanceados.

En Battese & Coelli (1992) se considera una función de producción de frontera estocástica con una especificación exponencial simple de los efectos de las empresas variables en el tiempo, que incorpora datos de panel no balanceados asociados con observaciones de una muestra de N empresas a lo largo de períodos de tiempo. El modelo se define por

$$Y_{it} = f(x_{it}; \beta) \exp(V_{it} - U_{it}) \quad (1)$$

$$U_{it} = \eta_{it} U_i = \{ \exp[-\eta(t - T)] \} U_i, t \in \tau(i); i = 1, 2, \dots, N; \quad (2)$$

Donde Y_{it} representa la producción de la i -ésima empresa en el t -ésimo periodo de observación: $f(x_{it}; \beta)$ es una función adecuada de un vector, x_{it} , de factores de entrada (y variables específicas de la empresa), asociado con la producción de la i -ésima empresa

en el periodo t -ésimo de observación, y un vector, β , de parámetros desconocidos; se supone que las V_{it} 's son errores aleatorios $N(0, \sigma_v^2)$ independientes e idénticamente distribuidos; se supone que las U_i 's son truncamientos no negativos de la distribución $N(\mu, \sigma^2)$ independientes e idénticamente distribuidos;

η es un parámetro escalar desconocido;

y $t(i)$ representa el conjunto de T_i periodos de tiempo entre los T periodos involucrados para los que se obtienen observaciones de la i -ésima empresa. Battese & Coelli (1992).

Este modelo es tal que los efectos no negativos de la empresa, U_{it} , disminuyen, se mantienen constantes o aumentan a medida que t aumenta, si $\eta > 0, \eta = 0$ o $\eta < 0$, respectivamente. El caso en el que η es positivo probablemente sea apropiado cuando las empresas tienden a mejorar su nivel de eficiencia técnica con el tiempo. Además, si se observa el T -ésimo período de tiempo para la i -ésima empresa, entonces $U_{iT} = U_i$, $i = 1, 2, \dots, N$. Por lo tanto, los parámetros, μ y σ^2 , definen las propiedades estadísticas de los efectos de la empresa asociados con el último período para el que se obtuvieron observaciones. Battese & Coelli (1992).

La especificación exponencial del comportamiento de los efectos de la empresa a lo largo del tiempo (ecuación (2)) es una parametrización rígida en el sentido de que la eficiencia técnica debe aumentar a una tasa decreciente ($\eta > 0$), disminuir a una tasa creciente ($\eta < 0$) o permanecer constante ($\eta = 0$).

Para permitir una mayor flexibilidad en la naturaleza de la eficiencia técnica, se requeriría una especificación de dos parámetros. Una especificación alternativa de dos parámetros, que se está investigando, se define por

$$\eta_{it} = 1 + \eta_1(t - T) + \eta_2(t - T)^2,$$

donde η_1 y η_2 son parámetros desconocidos. Battese & Coelli (1992).

Este modelo permite que los efectos de la empresa sean convexos o cóncavos, pero el modelo invariante en el tiempo es el caso especial en el que $\eta_1 = \eta_2 = 0$.

Si la función de producción de frontera estocástica (1) es de tipo Cobb-Douglas o logarítmica trascendental, entonces E_{it} es una función lineal del vector β .

La eficiencia técnica media de las empresas en el t-ésimo período,

$$TE_t \equiv E[\exp(-\eta_t U_i)], \quad \text{donde } \eta_t = \exp[\eta_t(t - T)] \quad (3)$$

obtenido por integración directa con la función de densidad de U_i , es

$$TE_t = \left\{ \frac{1 - \Phi \left[\eta_t \sigma - \left(-\frac{\mu}{\sigma} \right) \right]}{1 - \Phi \left(-\frac{\mu}{\sigma} \right)} \right\} \exp \left[-\eta_t \mu + \frac{1}{2} \eta_t^2 \sigma^2 \right] \quad (4)$$

Si los efectos de las empresas son invariantes en el tiempo, la eficiencia técnica media de las empresas del sector se obtiene de la ecuación (3) sustituyendo $\eta_t=1$. Esto da el resultado presentado en la ecuación (4) de Battese y Coelli (1988).

3.3. Modelo de Frontera de Ineficiencia para Datos de Panel: Battese y Coelli (1995).

Battese y Coelli (1995) proponen una función de producción de frontera estocástica para datos en panel a partir de lo siguiente:

Considere la función de producción de frontera estocástica para datos de panel,

$$Y_{it} = \exp(x_{it}\beta + V_{it} - U_{it}) \quad (5)$$

donde Y representa la producción en la t-ésima observación ($t=1, 2, \dots, T$) para la i-ésima empresa ($i=1, 2, \dots, N$)²

para x_{it} es un vector ($1 \times k$) de valores de funciones conocidas de insumos de producción y otras variables explicativas asociadas con la i-ésima empresa en la t-ésima observación;

β es un vector ($k \times 1$) de parámetros desconocidos a estimar;

Se asume que V es un error aleatorio iid $N(0, \sigma_v^2)$, distribuido independientemente de U_{it} s;

Las U_{it} s son variables aleatorias no negativas, asociadas con la ineficiencia técnica de la producción, que se supone que se distribuyen de forma independiente, de modo que U_{it} se obtiene truncando (en cero) la distribución normal con media, z_{it} , y varianza, σ^2 ;

Z_{it} es un vector ($1 \times m$) de variables explicativas asociadas con la ineficiencia técnica de la producción de las empresas a lo largo del tiempo, y ι es un vector ($m \times 1$) de coeficientes desconocidos.

La ecuación (5) especifica la función de producción de frontera estocástica en términos de los valores de producción originales. Sin embargo, los efectos de la ineficiencia técnica, se supone que U_{it} s es una función de un conjunto de variables explicativas, las z_{it} s, y un vector desconocido de coeficientes, ι . Las variables explicativas del modelo de ineficiencia pueden incluir algunas variables de entrada en la frontera estocástica, siempre que los efectos de la ineficiencia sean estocásticos.

$$U_{it} = z_{it}\iota + w_{it} \quad (6)$$

donde la variable aleatoria, W_{it} , se define por el truncamiento de la distribución normal con media cero y varianza, σ^2 , tal que el punto de truncamiento es $z_{it}\iota$, i. e., $W_{it} > -z_{it}\iota$. Estos supuestos son consistentes con U_{it} , siendo un truncamiento no negativo de la distribución $N(z_{it}\iota, \sigma^2)$. Además, la media, $z_{it}\iota$, de la distribución normal, que se trunca en cero para obtener la distribución de U_{it} , no necesita ser positiva para cada observación. Battese y Coelli (1995).

El supuesto de que U_{it} s, y V_{it} s se distribuyen independientemente para todos los valores $t=1, 2, \dots, T$, y $i=1, 2, \dots, N$, es obviamente una condición simplificadora, pero restrictiva. Se requieren modelos alternativos para considerar las posibles estructuras correlacionadas de los efectos de la ineficiencia técnica y los errores aleatorios en la frontera. Battese y Coelli (1995).

Se propone el método de máxima verosimilitud para la estimación simultánea de los parámetros de la frontera estocástica y el modelo para los efectos de la ineficiencia técnica. La función de verosimilitud y sus derivadas parciales con respecto a los parámetros del modelo se presentan en Battese y Coelli (1993). La función de verosimilitud se expresa en términos de los parámetros de varianza: $\sigma_s^2 \equiv \sigma_v^2 + \sigma^2$

Y $y \equiv \sigma^2 / \sigma_s^2$.

La eficiencia técnica de producción de la i -ésima empresa en la t -ésima observación se define mediante la ecuación (7).

$$ET_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp(-z_{it}\iota - W_{it}) \quad (7)$$

La predicción de las eficiencias técnicas se basa en su expectativa condicional, dados los supuestos del modelo. Este resultado también se presenta en el Apéndice de Battese y Coelli (1993).

Para los cálculos en términos de eficiencia técnica se hará uso del modelo expuesto en Battese y Coelli (1995), de manera más especial en la ecuación número tres de dicho modelo.

Capítulo 4. Resultados

4.1. Análisis del orden de integración del PIB, la Inversión y la fuerza laboral.

En este capítulo se analizarán los resultados obtenidos a lo largo de este trabajo. En primer lugar, se examinarán los datos para conocer el orden de integración del PIB, la inversión y la fuerza laboral de Norteamérica, para después proseguir con el análisis correspondiente a la estimación de la eficiencia técnica de Estados Unidos, México y Canadá. Durante este apartado se abordarán la tabla de contrastes de especificación de la mejor forma funcional de la función de producción, la tabla con los parámetros de esta y de la ecuación de ineficiencia, así como la tabla donde se presenta la eficiencia técnica de los tres países, para después dar lugar a la interpretación gráfica de la misma, y por último se llevara a cabo la interpretación de los resultados obtenidos respecto a la existencia, o no, de cointegración en la eficiencia técnica de los países de Norteamérica, objetivo principal de esta tesis.

4.1.1. Análisis del orden de integración del PIB para Norteamérica.

Para realizar el análisis de cointegración es necesario identificar primero el orden de integración de las variables a considerar en el estudio. Para ello se emplea la prueba de raíz unitaria de Dickey-Fuller. Así, para el caso de la variable del PIB de México, este tiene un orden de integración $I(1)$, como se muestra en el anexo 1. Así también en el anexo 2, se puede observar que el PIB de USA tiene un orden de integración $I(1)$, así como en el anexo 3 que refiere al PIB de Canadá.

4.1.2. Análisis del orden de integración de la inversión para Norteamérica.

Para llevar a cabo el análisis de la cointegración para la inversión, primero se debe identificar el orden de integración de las variables estudiadas. Para ello se emplea la prueba de raíz unitaria de Dickey-Fuller. Para el caso de la variable de la Inversión de México, se tiene un orden de integración $I(1)$, tal como se muestra en el anexo 4. Así también en el anexo 5, se puede observar que la inversión de USA tiene un orden de integración $I(1)$, a la vez que la variable de la inversión canadiense cuenta con el mismo orden de integración, tal y como se muestra en el anexo 6.

4.1.3. Análisis de la integración de la fuerza laboral para Norteamérica.

A continuación, el análisis de cointegración que se presenta requiere de identificar primero el orden de integración de las variables a considerar en el estudio. Para ello se hace uso de la prueba de raíz unitaria de Dickey -Fuller. Se tiene que, para el caso de la variable de

la fuerza laboral de México, el orden de integración $I(0)$, como se muestra en el anexo 7. Así también en el anexo 8, se puede observar que la variable correspondiente a la fuerza laboral de USA tiene un orden de integración $I(1)$, al igual que la de Canadá, la cual está referida en el anexo 9.

Toda la información mencionada anteriormente puede ser verificada en tabla resumen 4.1.3.1 que se muestra a continuación.

Tabla 4.1.3.1: Orden de integración para las variables PIB, inversión y fuerza laboral de Norteamérica.

Países	PIB	Inversión	Fuerza laboral
México	1	1	0
USA	1	1	1
Canadá	1	1	1

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

4.2. Análisis de la cointegración del PIB, inversión y empleo para la región de Norteamérica.

Una vez identificados los órdenes de integración de las variables de producción, inversión y empleo, de cada uno de los países, a continuación, se realiza el análisis de cointegración en el contexto de la metodología de Engle-Granger, para las tres economías de sus variables de producción, inversión y empleo.

4.2.1. Análisis de la cointegración del PIB.

Así, la tabla 4.2.1.1 muestra la estimación de la ecuación de largo plazo del PIB la cual es de utilidad para obtener los residuales del modelo. Una vez identificados los órdenes de integración y de haber encontrado que en términos de producción los tres países son $I(1)$, se estima la ecuación de largo plazo para la producción, y con ello obtener los residuales, y verificar que estos son $I(0)$, que, en tal caso, corroboraría que la producción de los tres países, está cointegrada. La tabla siguiente muestra la regresión de largo plazo para el PIB.

Tabla 4.2.1.1: Ecuación a largo plazo PIB

Regresión de la ecuación a largo plazo de la variable (PIBMEX)				
Variable	Coeficiente	Error Estándar	t-estadístico	Valor p.
C	9.95E+10	2.28E+10	4.3564	0.0001
PIBUSA	-0.015339	0.011710	-1.3099	0.1993
PIBCAN	0.878550	0.148618	5.9114	0.0000
R-squared	0.986787	Mean dependent var		1.04E+12
*MacKinnon (1996) valor p, a una cola.				

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

La tabla 4.2.1.2 muestra la prueba de Dickey-Fuller para prueba de raíz unitaria. Como se aprecia, esta permite determinar que los residuales no tienen raíz unitaria, por lo que se puede decir, en conclusión, que el PIB de los tres países esta cointegrado.

Tabla 4.2.1.2: Prueba de raíz unitaria para los residuales del PIB

H ₀ : RE(PIB) tiene raíz unitaria			
		Estadístico t	Valor p.*
Prueba estadística de Dickey-Fuller ampliada		-3.9217	0.0003
Valores críticos de la prueba:	Nivel de significancia: 1%	-2.6326	
	Nivel de significancia: 5%	-1.9506	
	Nivel de significancia: 10%	-1.6110	
*MacKinnon (1996) valor p, a una cola.			

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

En el contexto de la metodología de Engle-Granger, se analiza el modelo y mecanismo de corrección de error, como se observa en la tabla 4.2.1.3 el modelo está en desequilibrio, por lo que entra en acción el mecanismo de corrección de error, mostrando una velocidad de ajuste entre corto y largo plazo de 46% anual, por lo que tardaría en restablecerse el equilibrio 2.17 años.

Tabla 4.2.1.3: Modelo y mecanismo de corrección de error PIB

Regresión de la ecuación a largo plazo de la variable D(PIBMEX)				
Variable	Coefficiente	Error Estándar	t-estadístico	Valor p.
C	-9.96E+09	5.40E+09	-1.8428	0.0749
D(PIBUSA)	0.029907	0.023482	1.2735	0.2123
D(PIBCAN)	0.687664	0.224923	3.0573	0.0046
RE(-1)	-0.461190	0.138791	-3.3229	0.0023
R-squared	0.741999	Mean dependent var		2.01E+10
*MacKinnon (1996) valor p, a una cola.				

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

4.2.2. Análisis de la cointegración de la inversión

Ya que se han obtenido los órdenes de integración de la inversión para los tres países y se ha distinguido que son I(1), se estima la ecuación de largo plazo para obtener los residuales y así verificar que estos son I(0), (ruido blanco), es decir que tiene media cero y varianza constante, lo que comprueba que la inversión de las tres naciones está cointegrada. En la tabla 4.2.2.1 se muestra la regresión de largo plazo para la inversión.

Tabla 4.2.2.1: Ecuación a largo plazo inversión

Regresión de la ecuación a largo plazo de la variable (KMEX)				
Variable	Coefficiente	Error Estándar	t-estadístico	P Valor p.
C	3.54E+10	1.33E+10	2.6570	0.0121
KUSA	0.016329	0.008630	1.8920	0.0673
KCAN	0.457574	0.099144	4.6152	0.0001
R-squared	0.869053	Mean dependent var		2.25E+11
*MacKinnon (1996) valor p, a una cola.				

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

En la tabla 4.2.2.2 se muestra la prueba de Dickey-Fuller para prueba de raíz unitaria. Como se observa esta permite determinar que los residuales no tienen raíz unitaria, por lo

que se puede concluir, que la inversión para los tres países de Norteamérica esta cointegrada.

Tabla 4.2.2.2: Prueba de raíz unitaria de los residuales de la Inversión

H ₀ : RE(K) tiene raíz unitaria		Estadístico t	Valor p.*
Prueba estadística de Dickey-Fuller ampliada		-3.7164	0.0005
Valores críticos de la prueba:	Nivel de significancia: 1%	-2.6347	
	Nivel de significancia: 5%	-1.9510	
	Nivel de significancia: 10%	-1.6109	
*MacKinnon (1996) valor p, a una cola.			

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

Siguiendo la metodología de Engle-Granger, a continuación, se observa el modelo y mecanismo de corrección de error, como se tiene en la tabla 4.2.2.3, el modelo está en desequilibrio, por lo que se hace uso del mecanismo de corrección de error, el cual muestra una velocidad de ajuste entre corto y largo plazo de 46% anual, por lo que tardaría en restablecerse el equilibrio 2.17 años.

Tabla 4.2.2.3: Modelo y mecanismo de corrección de error de la inversión

Regresión de la ecuación a largo plazo de la variable D(KMEX)				
Variable	Coficiente	Error Estándar	t-estadístico	Prob
C	6.71E+08	3.65E+09	0.1838	0.8553
D(KUSA)	0.031900	0.028269	1.1284	0.2678
D(KCAN)	0.247471	0.249924	0.9901	0.3298
RE(-1)	-0.462722	0.157382	-2.9401	0.0062
R-squared	0.353319	Mean dependent var		5.46E+09
*MacKinnon (1996) valor p, a una cola.				

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

4.2.3. Análisis de la cointegración de la fuerza laboral

Para el caso de la variable correspondiente a la fuerza laboral, no se realizó el modelo de regresión a largo plazo, ya que las variables tienen distinto orden de integración, lo cual demuestra que no están cointegradas y por lo tanto ya no es necesario realizar los modelos que indica la metodología de Engle-Granger.

4.3. Estimación de la eficiencia técnica para la región de Norteamérica.

En la tabla 4.3.1. se presentan los contrastes de especificación para elegir la forma más adecuada de la función de producción y la ecuación de ineficiencia. Como se aprecia el contraste indica que es más adecuada una función Cobb-Douglas y que se debe incorporar la ecuación de ineficiencia.

Tabla 4.3.1: Tabla de contrastes de especificación de la función de producción y ecuación de ineficiencia.

	Hipótesis nula	Log. F. Verosimilitud	Valor λ	Valor crítico	Decisión -95%
1	$H_0: \beta_{KL} = \beta_K^2 = \beta_L^2 = 0$	186.63	-94.99	7.81	No Rechazo
2	$H_0: \gamma = \delta_0 = \delta_1 = \dots = \delta_4 = 0$	108.02	157.21	7.81	Rechazo
3	$H_0: \delta_1 = \dots = \delta_4 = 0$	108.02	71.88	30.14	Rechazo

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Ahora en la tabla 4.3.2. se presenta la estimación de los parámetros de la función de producción y ecuación de ineficiencia presentadas en la ecuación 1 y 2 para a partir de ellas estimar la eficiencia técnica.

Tabla 4.3.2: Parámetros de la función de producción y ecuación de ineficiencia

Parámetro	Coefficiente	Error estándar	t-ratio
β_0	4.13E+00	1.79E-01	2.31E+01
β_1	5.94E-01	1.89E-02	3.15E+01
β_2	4.87E-01	2.21E-02	2.20E+01

δ_0	-9.32E-02	4.98E-02	-1.87E+00
δ_1	3.51E-03	9.74E-04	3.60E+00
δ_2	5.82E-01	4.27E-02	1.36E+01
δ_3	-2.05E-01	7.38E-02	-2.78E+00
Σ -squared	2.69E-03	5.69E-04	4.73E+00
γ	4.91E-01	1.23E-01	4.00E+00
log likelihood function = 0.18662996E+03			

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

En la tabla 4.3.3 se muestran la eficiencia técnica de Canadá, México y USA desde el año 1990 hasta 2025¹. Como se observa, los niveles de eficiencia para Canadá y Estados Unidos son muy cercanos a 1, o de manera equivalente, en términos porcentuales, al 100%, en tanto que México presenta una brecha importante respecto a estos, al estar en general alrededor del 50%. A continuación, se muestran los datos de eficiencia estimados para los tres países.

Tabla 4.3.3: Estimación de la eficiencia técnica de los países de Norteamérica.

Año	Eficiencia MEX	Eficiencia USA	Eficiencia CAN
1990	0.614	0.995	0.985
1991	0.606	0.996	0.985
1992	0.592	0.996	0.988
1993	0.596	0.995	0.990
1994	0.583	0.995	0.989
1995	0.633	0.995	0.991
1996	0.616	0.995	0.990
1997	0.580	0.995	0.987
1998	0.600	0.994	0.988

¹ Nota: Al inicio de esta tesis la base de datos empleada fue: Banco Mundial 2025, en ese momento se contaba con información hasta el año 2023, por lo que se recurrió a la metodología Box Jenkins, así como técnicas de suavizamiento exponencial para obtener un pronóstico hasta el año 2025. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.

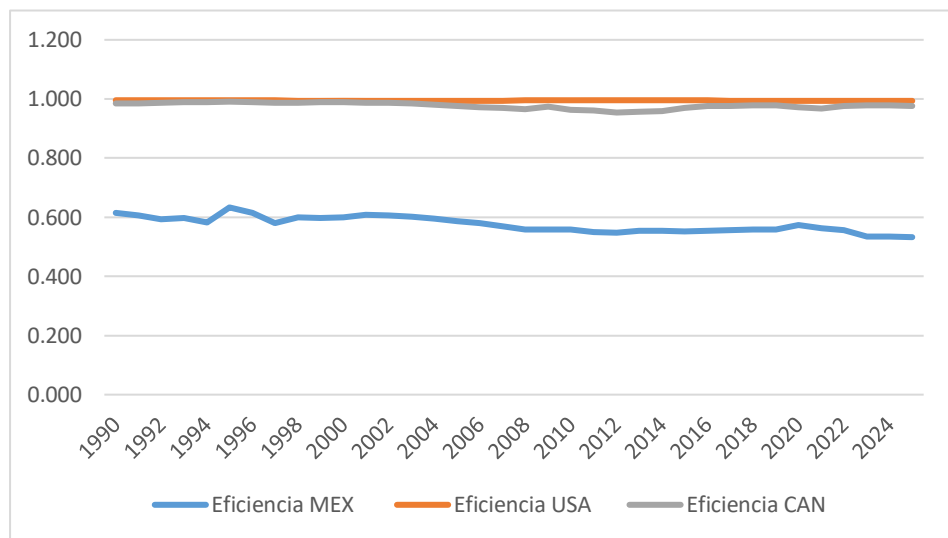
1999	0.597	0.994	0.988
2000	0.600	0.994	0.989
2001	0.608	0.994	0.987
2002	0.605	0.994	0.988
2003	0.601	0.994	0.985
2004	0.595	0.994	0.982
2005	0.587	0.994	0.977
2006	0.579	0.994	0.972
2007	0.569	0.994	0.969
2008	0.558	0.995	0.966
2009	0.558	0.996	0.975
2010	0.558	0.996	0.963
2011	0.550	0.995	0.961
2012	0.548	0.995	0.954
2013	0.554	0.995	0.956
2014	0.555	0.995	0.960
2015	0.552	0.995	0.970
2016	0.553	0.995	0.977
2017	0.557	0.995	0.977
2018	0.557	0.994	0.978
2019	0.559	0.994	0.978
2020	0.574	0.994	0.972
2021	0.563	0.995	0.968
2022	0.557	0.994	0.977
2023	0.534	0.995	0.979
2024	0.534	0.994	0.978
2025	0.533	0.994	0.976

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Para analizar de manera gráfica el comportamiento de la eficiencia técnica de los tres países, se recurre a la figura 4.3.1, como se puede observar, indica que la eficiencia de Estados Unidos y Canadá es muy parecida y se encuentra muy cerca del uno, lo que las

convierte en las economías más eficientes dentro del bloque norteamericano. Sin embargo, la de México se encuentra por debajo, con eficiencia no mayor a 0.6, por ende, se puede decir que la economía mexicana es menos eficiente que las economías de Canadá y Estados Unidos.

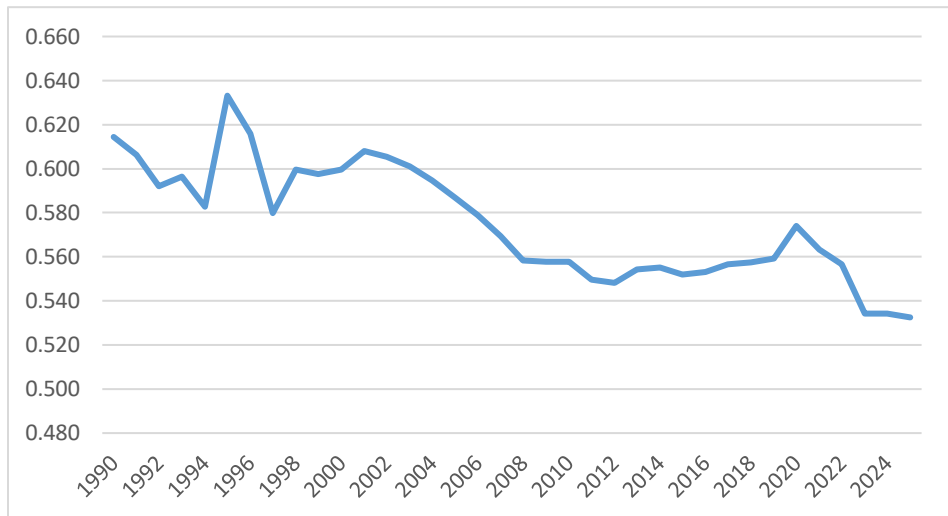
Figura 4.3.1: Evolución temporal de la eficiencia técnica de los países de Norteamérica



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Para seguir con el análisis de la eficiencia de cada país, en la figura 4.3.2 se presenta la evolución temporal de la eficiencia técnica de México, la cual oscila entre 0.53 y 0.63. En el gráfico se puede observar que a partir del año 2003 empieza a haber un decrecimiento hasta llegar a 0.548, y es hasta 2020 que esta comienza a recuperarse, sin embargo, vuelve a caer, aunque de manera menos drástica en 2021. Cabe mencionar que la eficiencia técnica de México para 1990, que es el primer año evaluado en esta tesis, es de 0.614, mientras que para 2025, que es el último año evaluado es de 0.533 lo que hace una diferencia de apenas 0.081 entre ambos datos.

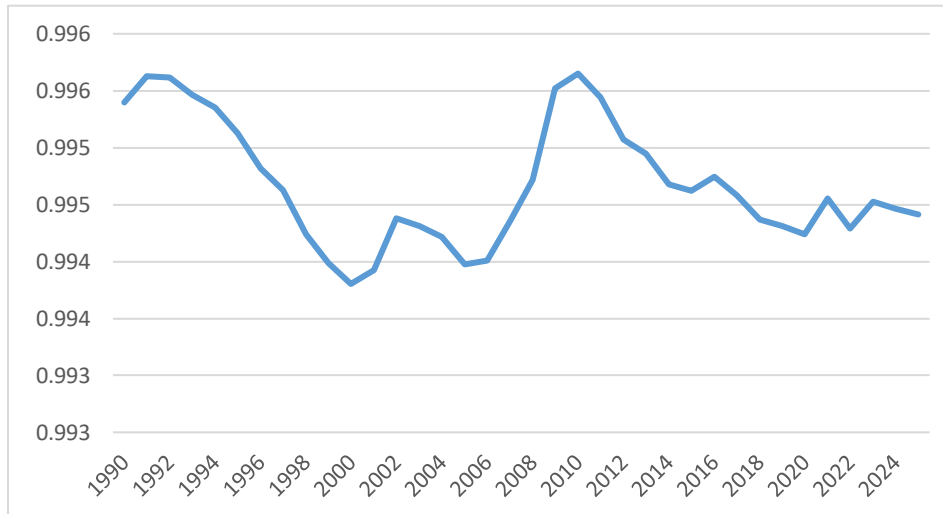
Figura 4.3.2: Evolución temporal de la eficiencia técnica de México



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

A continuación, en la figura 4.3.3 se muestra la evolución temporal de la eficiencia técnica de Estados Unidos de Norteamérica, en la cual se visualiza que a partir de 1993 la eficiencia empieza a decaer y que es hasta 2001 que esta logra retomar su senda de crecimiento, alcanzando su punto máximo en el año 2010 con un valor de 0.996, para luego tornarse nuevamente a la baja en 2011, presentándose en el 2020 la baja más significativa de la última década, con un valor de 0.994, esto ocasionado por la pandemia del SARS-CoV-2. La variación entre la eficiencia del primer dato evaluado y el último para USA oscila apenas en 0.001.

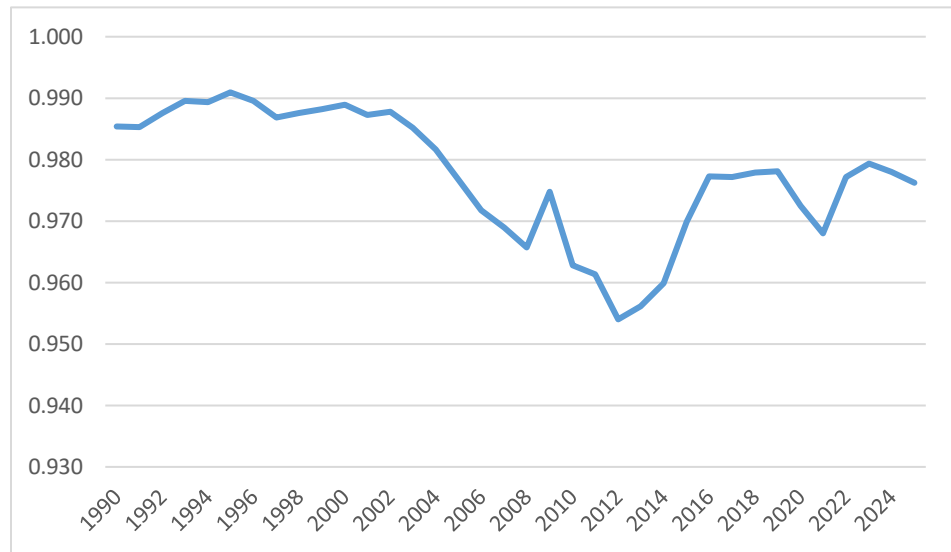
Figura 4.3.3: Evolución temporal de la eficiencia técnica de USA



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Para explicar el caso de Canadá, será usada la figura 4.3.4 que se muestra a continuación. Como se observa existen ligeras variaciones marginales de apenas 0.002 milésimas entre el primer dato correspondiente a 1990 y el último que se refiere a 2025, sin embargo, mirando detenidamente recoge información que permite identificar que en la primera década del siglo XXI este cayó de manera exponencial, alcanzando en el 2008 el registro más bajo de eficiencia con un valor de 0.966. Así mismo, sufre otra caída en el año 2012 correspondiente a 0.954 siendo este nivel de eficiencia el más bajo registrado durante el periodo de estudio, para después aumentar hasta alcanzar niveles similares a los que tenía al inicio de la temporalidad estudiada. Por último, se observa una caída a partir del 2019 derivada de la pandemia del SARS-CoV-2, que se prolongó hasta 2021.

Figura 4.3.4: Evolución temporal de la eficiencia técnica de Canadá



Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Después de analizar la eficiencia técnica de Norteamérica se puede concluir que las economías de Estados Unidos y Canadá son más eficientes que la de México, lo cual permite ver que estas dos naciones hacen un mejor uso de sus factores de producción (capital y empleo), mientras que México tiene un nivel de ineficiencia más alto.

4.4. Análisis del orden de integración de la eficiencia técnica para la región de Norteamérica.

Para realizar el siguiente análisis de cointegración es necesario identificar en primera instancia el orden de integración de las variables estudiadas. Para ello se emplea la prueba de raíz unitaria de Dickey-Fuller. Así, para el caso de la variable de la eficiencia técnica de México, se tiene un orden de integración $I(1)$, como se muestra en el anexo 10. Así también en el anexo 11, se puede observar que la eficiencia técnica de USA tiene un orden de integración $I(1)$, al igual que en el anexo 12 que refiere al PIB de Canadá.

En la tabla 4.4.1 que se muestra a continuación se puede observar un resumen con los resultados de las pruebas antes mencionadas.

Tabla 4.4.1: Orden de integración de la eficiencia Técnica de Norteamérica

Países	Eficiencia Técnica
México	1
USA	1
Canadá	1

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

4.5. Análisis de la cointegración de la eficiencia técnica de la región de Norteamérica.

Una vez que han sido identificados los órdenes de integración y que se ha comprobado que las tres variables correspondientes a la eficiencia técnica de los países de Norteamérica son I(1), se estima la ecuación de largo plazo para así obtener los residuales y verificar que estos son I(0), que, para tal caso, corroboraría que la eficiencia técnica de los tres países está cointegrada, tal y como se muestra en el modelo de regresión de largo plazo de la tabla 4.5.1.

Tabla 4.5.1: Ecuación a largo plazo eficiencia técnica MEX

Regresión de la ecuación a largo plazo de la variable (MEX)				
Variable	Coeficiente	Error Estándar	t-estadístico	Prob
C	-5.107523	5.999892	-0.8512	0.4008
LUSA	3.952311	5.987928	0.6600	0.5138
LCAN	1.791795	0.312644	5.7310	0.0000
R-squared	0.498829	Mean dependent var		0.575446
*MacKinnon (1996) valor p, a una cola.				

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

A continuación, en la tabla 4.5.2 se puede observar la prueba de Dickey-Fuller para prueba de raíz unitaria. Como se aprecia esta permite determinar que los residuales no tienen raíz unitaria, por lo que se puede concluir, que las eficiencias técnicas de los tres países están cointegradas.

Tabla 4.5.2: Prueba de raíz unitaria para los residuales de MEX

H ₀ : RE(MEX) tiene raíz unitaria		Estadístico t	Valor p.*
Prueba estadística de Dickey-Fuller ampliada		-2.4398	0.0162
Valores críticos de la prueba:	Nivel de significancia: 1%	-2.6326	
	Nivel de significancia: 5%	-1.9506	
	Nivel de significancia: 10%	-1.6110	
*MacKinnon (1996) valor p, a una cola.			

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

Siguiendo los supuestos de la metodología de Engle-Granger, se hace el análisis del modelo y mecanismo de corrección de error. Como se observa en la tabla 4.5.3, el modelo se encuentra en desequilibrio, por lo que entra en acción el mecanismo de corrección de error, mostrando una velocidad de ajuste entre corto y largo plazo de 30% anual, lo cual indica que tardaría en restablecerse el equilibrio 3.3 años.

Tabla 4.5.3: Modelo y mecanismo de corrección de error de MEX

Regresión de la ecuación a largo plazo de la variable D(MEX)				
Variable	Coeficiente	Error Estándar	t-estadístico	Valor p.
C	-0.002126	0.002183	-0.9738	0.3377
D(LUSA)	-8.009361	8.524308	-0.9395	0.3547
D(LCAN)	0.374436	0.482283	0.7763	0.4434
RE(-1)	-0.300569	0.126107	-2.3834	0.0235
R-squared	0.193677	Mean dependent var		-0.002338
*MacKinnon (1996) valor p, a una cola.				

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

Los resultados anteriores permiten obtener un conjunto de información que se relaciona con la existencia de cointegración en las variables analizadas, lo cual lleva a las siguientes conclusiones.

Conclusiones

El objetivo general del presente estudio fue estimar la eficiencia técnica de los países de Norteamérica y analizar si esta cointegrada en esta región, esto debido a los crecientes niveles de integración económica que estos países presentan bajo el marco del TMEC. Dicho objetivo se ha cumplido. El interés del análisis reside en explicar cómo los tres países articulan sus fuerzas productivas en un modelo de mayor interdependencia. Derivado de lo anterior, se pudo dar respuesta a la pregunta principal de esta tesis: ¿Existe un proceso de cointegración en eficiencia técnica en Norteamérica?, mediante la cual se puede concluir que la eficiencia técnica de Estados Unidos, México y Canadá se encuentra cointegrada. Se ha podido identificar que los niveles de eficiencia técnica de Estados Unidos y Canadá se encuentran muy por encima de los México, esto siendo consecuencia principalmente de las disparidades en los inputs que existen entre los países del bloque.

Como se vio a lo largo de este trabajo, las tres variables empleadas (PIB, inversión y fuerza laboral) también fueron sometidas a pruebas de cointegración bajo la metodología Engle-Granger. Mediante estas se pudo comprobar que, tanto en PIB, como en inversión, los tres países se encuentran cointegrados, lo anterior fortalece la evidencia de que la integración regional en Norteamérica está consiguiendo la alineación hacia un mismo camino, a pesar de las diferencias políticas, económicas, sociales y tecnologías que estos tienen, sin embargo, este no es caso de la fuerza laboral, esto debido a la grande diferencia entre las poblaciones de estas tres naciones. Por un lado, se tiene a la población estadounidense que es la más grande del bloque norteamericano, representando el 67% de la misma, la cual se caracteriza por estar altamente calificada; la fuerza laboral canadiense también comparte ser de alto valor, debido a sus niveles elevados de preparación, sin embargo, el tamaño de su población representa apenas el 8% de la fuerza laboral de Norteamérica. Por otro lado, se tiene que México aporta el 25% de la población laboral del bloque norteamericano, que está conformada en su mayoría por personas jóvenes, lo cual es un claro potenciador para su aportación a la fuerza laboral de la región, pero con muchas brechas tecnológicas que no le permiten destacar a la par que Estados Unidos y Canadá en términos de mano de obra calificada.

Sin duda alguna, los resultados obtenidos sobre los niveles de cointegración de estas tres variables son de suma importancia para el desarrollo del bloque y las medidas que cada uno de los países debe implementar para la mejorar en las deficiencias que cada uno de ellos presenta, además de que esto les ayudará a generar estrategias en conjunto, que les permitirán acceder a un escenario más justo y equilibrado dentro del marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

A pesar de la relevancia que la integración económica en el bloque de Norteamérica tiene para el mundo, no hay investigaciones previas que se centren en el estudio de la cointegración de la eficiencia técnica de la región; si bien existen algunos artículos de investigación científica que abordan el tema de la eficiencia técnica o cointegración para México, Estados Unidos y Canadá, estos están enfocados principalmente a sectores como la agricultura, la industria automotriz, farmacéutica, así como a las exportaciones. También hay algunos estudios que hablan sobre cómo el hecho de que uno de los países del bloque se encuentre en alguna situación de crisis económica repercute al resto, los cuales son relevantes, porque permiten tener una visión de la situación a la que dicha integración ha llevado a las tres naciones, sin embargo, lo encontrado a lo largo de esta tesis puede anteceder a nuevos estudios que aborden de manera más general la productividad y eficiencia que está trayendo el TMEC para las economías de los países de la zona. Es importante mencionar que los estudios en eficiencia técnica son valiosos, debido a que este es el indicador que se debe obtener antes de calcular el crecimiento económico potencial, por lo que, a la hora de obtenerlo, estos pueden ser mejor comprendidos y explicados.

De igual manera esta tesis puede ser de ayuda para la elaboración de nuevas estrategias que encaminen el futuro del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, ya que brinda elementos para comprender variables relevantes en términos económicos, como son la producción, la inversión y el empleo, así como la eficiencia técnica, y hacia donde se dirigen los tres países en relación a la misma, permitiendo identificar cuáles son los aspectos en los que México, Estados Unidos y Canadá deben de trabajar para generar mejores condiciones de integración económica.

Este estudio también puede ser relevante para las empresas que deseen introducirse al bloque o que ya están establecidas en el mismo. Por otro lado, también puede servir como

referencia a otros países o bloques comerciales, para tener una visualización empírica sobre qué tendencias existen en el bloque norteamericano en términos de eficiencia técnica.

Finalmente se puede concluir que, la cointegración de la eficiencia técnica en América del Norte no es solo un fenómeno económico, sino también social y político, que de alguna manera prepara el escenario para el futuro de la región. Los resultados obtenidos indican que hay una integración productiva, pero con desigualdades y que México necesita aprovechar el nearshoring y su relación con Estados Unidos y Canadá para mejorar su posición relativa.

Referencias Bibliográficas

- Atkinson, J. (2020, 11 junio). The Canada-U.S. Auto Pact created the modern Canadian auto industry | Canadian Labour Congress. Canadian Labour Congress. <https://canadianlabour.ca/canada-us-autopact-history/?utm>
- Aroche Reyes, F., & Márquez Mendoza, M. A. (2019, mayo). Estudio analiza grado de integración económica de México con Estados Unidos y Canadá. Comisión Económica Para América Latina y el Caribe. Recuperado 1 de abril de 2025, de <https://www.cepal.org/es/noticias/estudio-analiza-grado-integracion-economica-mexico-estados-unidos-canada>
- Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1992). Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India*. *University Of New England*, 3, ResearchGate.
- Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1995). A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*.
- Benavides, D. R., Santiago, V. L., & Ortiz, E. (2015). ¿Sincronizaron México y Estados Unidos sus ciclos económicos con el TLCAN? *Contaduría y Administración*, 60, 195-229. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2015.08.010>
- Box, G. E. P., & Jenkins, G. M. (1970). *Time Series analysis: Forecasting and control*. (2.ª ed.). Holden-Day.
- Canadá-Estados Unidos-México (T-MEC/USMCA). (2022). SICE. Recuperado 9 de julio de 2025, de https://sice.oas.org/TPD/USMCA/USMCA_s.ASP?utm
- Coelli, T. J., Rao, D. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. En *Springer eBooks*. <https://doi.org/10.1007/b136381>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2023). *América del Norte: integración económica y cadenas de valor*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones>
- Cota, M. F. H., Guerra, R. E. M., & Barceló, J. G. A. (2023). Efecto De Los Tratados Comerciales De América Del Norte Sobre Las Exportaciones Agrícolas De México

- A Estados Unidos. *Investigación Económica*, 82(324), 126-149.
<https://doi.org/10.22201/fe.01851667p.2023.324.83363>
- Cuauhtémoc, C. V., & Leticia, H. B. (s. f.). *El TLCAN una forma de integración económica dualista: comercio externo e inversión extranjera directa*.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572011000100004
 - De Jesús, R. A. R., & A, C. P. R. (s. f.). *Integración económica en América del Norte: lección de la experiencia de la Unión Europea para el TLCAN*.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-69612009000100006
 - Debreu, G. (1951). The coefficient of resource utilization. *The Econometric Society*, 19(3). <https://www.jstor.org/stable/1906814?origin=crossref>
 - Engle, Hendry, & Richard. (1983). Exogeneity. *Econometrica*, 51(2).
<https://doi.org/10.2307/1911990>
 - Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-Integration and error correction: representation, estimation, and testing. *The Econometric Society*, 55(2), 251-276. <http://links.jstor.org/sici?sici=00129682%28198703%2955%3A2%3C251%3ACAECRE%3E2.0.CO%3B2-T>
 - Fare, R., Grosskopf, S., & Lovell, C. A. K. (1994). *Production Frontiers*. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511666841>
 - Farrell, M. (1957). La medición de la eficiencia productiva. *Revista de la Real Sociedad de Estadística*, 120(3). <https://doi.org/10.2307/2343100>
 - Feller, W. (1968). *An introduction to probability theory and its applications* (Vol. 1). Wiley, 1968.
 - Granger, C. W. J., & Newbold, P. (1977). *Forecasting economic time series* (2.^a ed.). Academic Press.

- Granger, C. W. J. (1981). Some properties of time series data and their use in econometric model specification. *Journal Of Econometrics*, Scientific Research. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(81\)90079-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(81)90079-8)
- Granger, C. W. J., & Weiss, A. A. (1983). Time Series Analysis of Error-Correcting Models. *Academic Press*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780123987501500188?via%3DIhub>
- Greene, W. H. (2012). *Econometric Analysis* (7th ed.). Pearson Education
- History – Consejo Nacional de la Industria Maquiladora y Manufacturera de Exportación. (s. f.-b). https://index.org.mx/history/?utm_source
- Johansen, S. (1995). *Likelihood-based inference in cointegrated vector autoregressive models*. Oxford University Press.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2020). *Productivity and efficiency measurement in OECD countries*. <https://www.oecd.org/economy/>
- Krugman, P. R., Obstfeld, M., & Melitz, M. J. (2018). *International economics: Theory and policy* (11th ed.). Pearson.
- Kumbhakar, S. C., & Lovell, C. A. K. (2000). *Stochastic Frontier analysis*. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139174411>
- Pastor, M., & Wise, C. (1994). The origins and sustainability of Mexico's free trade policy. *International Organization*, 48(3), 459-489. <https://doi.org/10.1017/s0020818300028265>
- Phillips, A. W. (1958). La relación entre el desempleo y la tasa de variación de los salarios nominales en el Reino Unido, 1861-1957. *Económica*, 25(100). <https://doi.org/10.2307/2550759>
- *Publicaciones*. (s. f.). Comisión Económica Para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones>

- Robert F. Engle, & C. W. J. Granger. (1987). Co-Integration and error correction: representation, estimation, and testing (2.^a ed., Vol. 55).
- Sargan, J. D. (1964). Three-Stage Least-Squares and full maximum likelihood estimates. *The Econometric Society*, 32(1). <https://doi.org/10.2307/1913735>
- Secretaría de Economía. (2021). *T-MEC: Implicaciones económicas y oportunidades para México*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/se>
- Vézina, C. (2018b). Programa Bracero y Guerra Fría: University Of California Press, 34(1), Project Muse. <https://muse.jhu.edu/pub/263/article/737686>
- *World Bank Open Data*. (s. f.). World Bank Open Data. <https://datos.bancomundial.org/>
- World Bank (2025). World Development Indicators. En: <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&country=WLD> Fecha de consulta: 12 de febrero de 2025.

Anexos

Anexo 1. Prueba de raíz unitaria para la variable de producción de México, en primeras diferencias.

H ₀ : D(PIBMEX) tiene raíz unitaria		Estadístico t	Valor p.*
Prueba estadística de Dickey-Fuller ampliada		-5.9875	0.0001
Valores críticos de la prueba:	Nivel de significancia: 1%	-4.2527	
	Nivel de significancia: 5%	-3.5489	
	Nivel de significancia: 10%	-3.2070	
*MacKinnon (1996) valor p, a una cola.			

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

Anexo 2. Prueba de raíz unitaria para la variable de producción de USA, en primeras diferencias.

H ₀ : D(PIBUS) tiene raíz unitaria		Estadístico t	Valor p.*
Prueba estadística de Dickey-Fuller ampliada		-6.1665	0.0001
Valores críticos de la prueba:	Nivel de significancia: 1%	-4.2528	
	Nivel de significancia: 5%	-3.5484	
	Nivel de significancia: 10%	-3.2070	
*MacKinnon (1996) valor p, a una cola.			

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025)

Anexo 3. Prueba de raíz unitaria para la variable de producción de Canadá, en primeras diferencias.

H ₀ : D(PIBCAN) tiene raíz unitaria		Estadístico t	Valor p.*
Prueba estadística de Dickey-Fuller ampliada		-5.6731	0.0003
Valores críticos de la prueba:	Nivel de significancia: 1%	-4.2627	
	Nivel de significancia: 5%	-3.5529	
	Nivel de significancia: 10%	-3.2096	
*MacKinnon (1996) valor p, a una cola.			

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

Anexo 4. Prueba de raíz unitaria para la variable de la inversión de México, en primeras diferencias.

H ₀ : D(KMEX) tiene raíz unitaria		Estadístico t	Valor p.*
Prueba estadística de Dickey-Fuller ampliada		-6.1136	0.0001
Valores críticos de la prueba:	Nivel de significancia: 1%	-4.2528	

	Nivel de significancia: 5%	-3.5484	
	Nivel de significancia: 10%	-3.2070	
*MacKinnon (1996) valor p, a una cola.			

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

Anexo 5. Prueba de raíz unitaria para la variable de la inversión de USA, en primeras diferencias.

H ₀ : D(KUSA) tiene raíz unitaria			
		Estadístico t	Valor p.*
Prueba estadística de Dickey-Fuller ampliada		-4.0023	0.0182
Valores críticos de la prueba:	Nivel de significancia: 1%	-4.2528	
	Nivel de significancia: 5%	-3.5484	
	Nivel de significancia: 10%	-3.2070	
*MacKinnon (1996) valor p, a una cola.			

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

Anexo 6. Prueba de raíz unitaria para la variable de la inversión de Canadá, en primeras diferencias.

H ₀ : D(KCAN) tiene raíz unitaria			
		Estadístico t	Valor p.*
Prueba estadística de Dickey-Fuller ampliada		-5.8842	0.0001
Valores críticos de la prueba:	Nivel de significancia: 1%	-4.2528	
	Nivel de significancia: 5%	-3.5484	
	Nivel de significancia: 10%	-3.2070	
*MacKinnon (1996) valor p, a una cola.			

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

Anexo 7. Prueba de raíz unitaria para la variable de la fuerza laboral de México, en primeras diferencias.

H ₀ : D(LMEX) tiene raíz unitaria			
		Estadístico t	Valor p.*
Prueba estadística de Dickey-Fuller ampliada		-4.1816	0.0116
Valores críticos de la prueba:	Nivel de significancia: 1%	-4.2436	
	Nivel de significancia: 5%	-3.5442	
	Nivel de significancia: 10%	-3.2046	
*MacKinnon (1996) valor p, a una cola.			

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

Anexo 8. Prueba de raíz unitaria para la variable de la fuerza laboral de USA, en primeras diferencias.

H ₀ : D(LUSA) tiene raíz unitaria		Estadístico t	Valor p.*
Prueba estadística de Dickey-Fuller ampliada		-4.0332	0.0169
Valores críticos de la prueba:	Nivel de significancia: 1%	-4.2528	
	Nivel de significancia: 5%	-3.5484	
	Nivel de significancia: 10%	-3.2070	
*Mackinnon (1996) valor p, a una cola.			

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

Anexo 9. Prueba de raíz unitaria para la variable de la fuerza laboral de Canadá, en primeras diferencias.

H ₀ : D(LCAN) tiene raíz unitaria		Estadístico t	Valor p.*
Prueba estadística de Dickey-Fuller ampliada		-4.5322	0.0050
Valores críticos de la prueba:	Nivel de significancia: 1%	-4.2528	
	Nivel de significancia: 5%	-3.5484	
	Nivel de significancia: 10%	-3.2070	
*Mackinnon (1996) valor p, a una cola.			

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

Anexo 10. Prueba de raíz unitaria de la eficiencia técnica de México, en primeras diferencias.

H ₀ : D(MEX) tiene raíz unitaria		Estadístico t	Valor p.*
Prueba estadística de Dickey-Fuller ampliada		-7.0499	0.0000
Valores críticos de la prueba:	Nivel de significancia: 1%	-4.2528	
	Nivel de significancia: 5%	-3.5484	
	Nivel de significancia: 10%	-3.2070	
*Mackinnon (1996) valor p, a una cola.			

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

Anexo 11. Prueba de raíz unitaria de la eficiencia técnica de USA, en primeras diferencias.

H ₀ : D(USA) tiene raíz unitaria		Estadístico t	Valor p.*
Prueba estadística de Dickey-Fuller ampliada		-3.8158	0.0278
Valores críticos de la prueba:	Nivel de significancia: 1%	-3.8158	
	Nivel de significancia: 5%	-3.5484	

	Nivel de significancia: 10%	-3.2070	
*Mackinnon (1996) valor p, a una cola.			

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).

Anexo 12. Prueba de raíz unitaria de la eficiencia técnica de Canadá, en primeras diferencias.

H ₀ : D(CAN) tiene raíz unitaria			
		Estadístico t	Valor p.*
Prueba estadística de Dickey-Fuller ampliada			
		-5.0713	0.0013
Valores críticos de la prueba:	Nivel de significancia: 1%	-4.2528	
	Nivel de significancia: 5%	-3.5484	
	Nivel de significancia: 10%	-3.2070	
*Mackinnon (1996) valor p, a una cola.			

Fuente: Elaboración de la autora con datos del Banco Mundial (2025).