



Cuarto Informe



ANÁLISIS DE VARIABLES ECONÓMICAS, CORRELACIONES Y PRIMERAS ESTIMACIONES DEL MODELO DE DEMANDA

*CEADE Consultores
4 de agosto de 2020*

Tabla de contenido

1. Introducción	3
1.1 Puerto de Iquique	4
1.2. Estudios de demanda	7
2. Operaciones del Puerto de Iquique	12
2.1 Operaciones Totales.....	12
2.2 Operación por tipo de producto.....	14
2.3 Operaciones por Actividad.....	15
2.4 Ventas de la Zona Franca (ZOFRI).....	17
2.5 Destino de exportaciones.....	20
2.6 Origen de importaciones	22
3. Variables Económicas de Países Socios Comerciales	24
3.1 Producto Interno Bruto por países.....	24
3.2 Población por países	26
3.3 Tipo de Cambio por países.....	27
3.4 Desempleo	28
3.5 Precio del Petróleo	29
3.6 Precio del Cobre.....	30
4. Correlaciones y primeras estimaciones de demanda	31
4.1 Correlaciones.....	31
4.3 Modelos que serán estimados en la proyección de la demanda.	34
4.2 Modelos de regresión: Mínimos Cuadrados Ordinarios	34
4.3.1 Modelo Auto-regresivos con Media Móvil ARIMA (p, d, q).....	40
4.3.2 Modelo de Vectores Auto-regresivos	41
5. Conclusiones.....	43
6. Referencias	45
Anexos.....	48
Anexo 1. Estadística descriptiva de las variables	48
Anexo 2. Disponibilidad de datos	49

1. Introducción

La vía marítima es el modo de transporte más importante de las transacciones internacionales de Chile, representa un 96,8% de las exportaciones y un 88,9% de las importaciones en 2018 (Ministerio de Hacienda Chile, 2018). Además, el sector marítimo mantiene la conectividad de las actividades económicas locales con los mercados del resto del mundo, desempeñando un rol fundamental para el crecimiento económico del país y de su competitividad. Dado el crecimiento de la población mundial, los progresivos cambios culturales y el desarrollo tecnológico, el sector está enfrentando significativas necesidades de inversión para adaptarse a los profundos cambios en la industria naviera mundial y a los nuevos estándares en la relación de la empresa y la sociedad (CAMPORT, 2015). De esta manera, se hace necesario fomentar puertos más eficientes y competitivos que puedan posicionarse en el concierto internacional.

Determinar el tamaño óptimo de los puertos y conocer si presentan o no economías de escala y de ámbito, han sido preguntas relevantes que permiten tomar las decisiones adecuadas de diseño y expansión de los terminales. Desde el punto de vista económico, se debiera tender a la escala mínima eficiente (EME), definida como la producción a largo plazo en la que se ha explotado plenamente la economía interna de escala (Kaselimi et al., 2011). Esta escala eficiente varía entre puertos con distintas estructuras de costos. Una estimación equivocada puede tener importantes consecuencias en el mediano y largo plazo. Una subestimación de la capacidad portuaria (se asume pequeño), conlleva a la construcción de demasiados muelles y adquisición de equipamientos, mientras que su sobreestimación (se asume de mayor tamaño del que realmente es), da lugar a la congestión de los buques (Chang et al., 2012; Seo & Park, 2016).

En el mundo, se observan puertos con diversos grados de capacidad. Haralambides (2002) señala que el aumento de la competencia entre oferentes, puede incentivar el exceso de capacidad en los puertos. Si la escala eficiente de un puerto es demasiado grande en comparación al tamaño del mercado, los posibles o nuevos participantes pueden encontrarse con una desventaja competitiva debido a su

escala más pequeña o puede incentivar crear una capacidad similar a la competencia (De Langen y Pallis, 2007). Esto puede gatillar una guerra de precios y la pérdida de beneficios debido al considerable exceso de oferta (De Langen y Pallis, 2007). En efecto, un ejemplo de esta situación se da en España, el sistema portuario de tarifas recae sobre el Ministerio de Fomento, con una muy baja flexibilidad que ha restado competitividad a los puertos y que los ha llevado a competir en capacidad y no en precios. Esto ha incentivado la sobreinversión y exceso de oferta, que derivó en rentabilidades negativas en varios puertos españoles (Cobrerros, 2017). Otro ejemplo es Corea del Sur, donde muchos operadores de contenedores han sufrido de exceso de capacidad producto de proyecciones demasiado optimistas del gobierno (Korea Shipping Gazette, 2013). También han tenido que bajar precios para captar más cargas y compañías navieras, pero dañando los márgenes de rentabilidad. En efecto, en 2013 la tasa de manipulación de contenedores por TEU en el puerto de Busan, Corea del Sur, costaba aproximadamente entre 45 y 50 dólares, equivalente a 1/8 del puerto de Los Ángeles en EE.UU. y 2/3 del puerto de Kaohsiung en Taiwán.

Según Porter (1998), la expansión de la capacidad es la decisión estratégica más importante ya que la adición de capacidad requiere plazos de años y la capacidad persiste durante mucho tiempo. Por lo tanto, se deben hacer proyecciones exhaustivas de la demanda y del comportamiento futuro de la competencia antes de tomar decisiones de expansión. A diferencia del sector manufacturero, que permite el almacenamiento de productos, en las industrias de servicios de transporte como puertos, líneas aéreas, y ferrocarriles, se observan problemas de capacidad debido a que los servicios que ofrecen no son almacenables (De Weille & Ray, 1974).

1.1 Puerto de Iquique

El Puerto de Iquique, es uno de los terminales portuarios más importante de Chile, con una ubicación estratégica al encontrarse cercano a los países limítrofes del norte del país. Sin embargo, presenta alta competencia tanto desde otros puertos de Chile como de Perú, pues está cercano a los puertos de Arica, Angamos,

Antofagasta, Matarani e Ilo. Chang & Tovar (2014a) desarrollaron un estudio que evalúa y compara la eficiencia y el rendimiento de los terminales portuarios peruanos y chilenos. Encontraron que los puertos chilenos presentan una mayor eficiencia técnica, lo que fue influenciado principalmente por la mayor agilidad en el proceso de reformas implementadas en Chile en comparación con Perú, lo que permitió una mayor inversión en infraestructura y tecnología en los últimos años (Chang & Tovar, 2014b) (ver Figura N°1). Además, se puede ocasionar a que en Perú hay más problemas de conflictos laborales y los costos operacionales y precios son menos transparentes. Por ejemplo, los puertos de Perú, Argentina y Brasil, no publican sus tarifas en las páginas web.

Figura N°1: Eficiencia técnica promedio de los terminales portuarios chilenos y peruanos 2004–2010

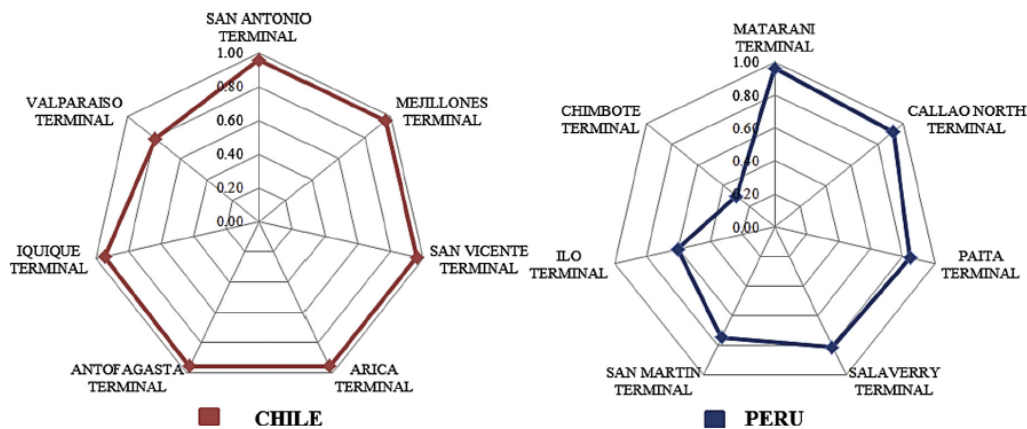


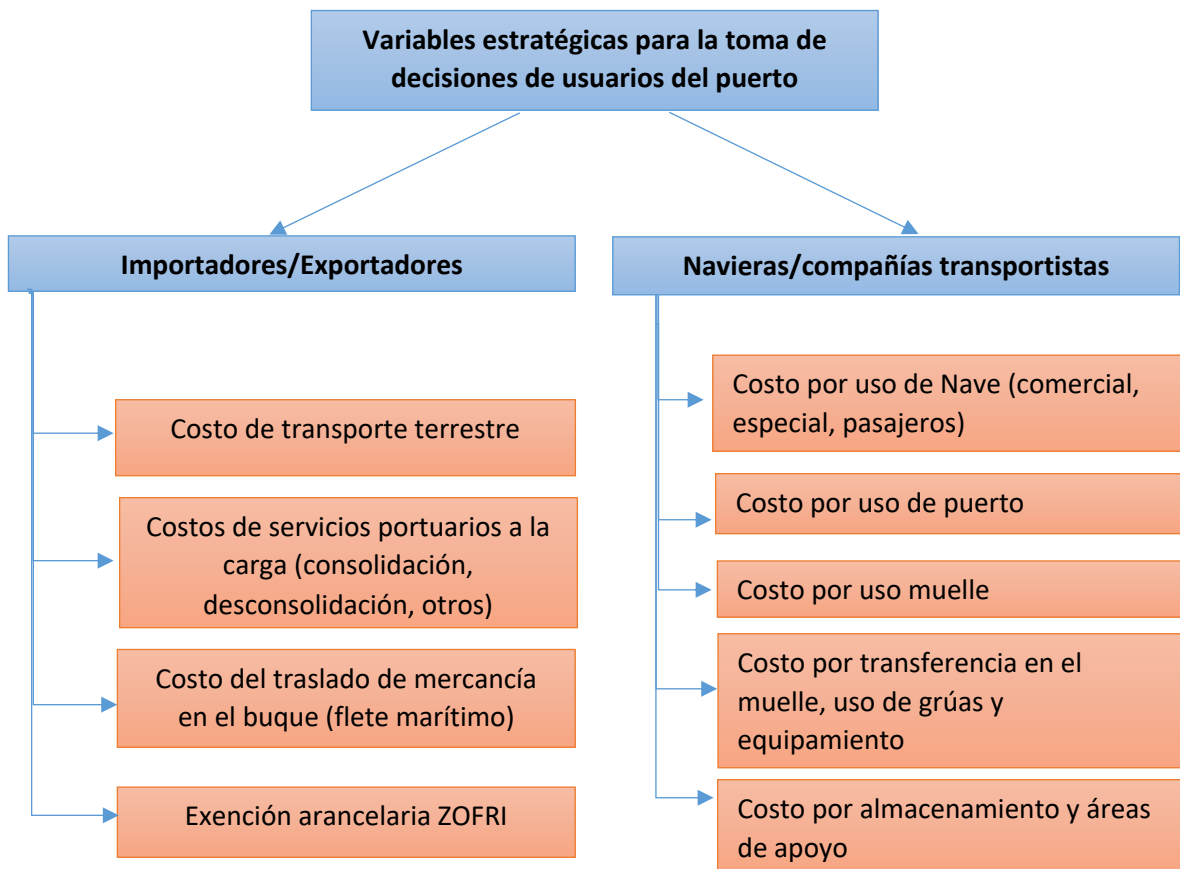
Fig. 2. Average technical efficiency of Chilean and Peruvian Ports Terminals 2004–2010.

Fuente: Extraído de Chang & Tovar (2014a)

Los puertos son operadores multipropósitos, prestando servicios de contenedores, graneles o servicios a buques. La operación de Terminales de Contenedores, es un servicio muy homogéneo (transferencia de boxes entre el buque y la tierra) y se compite en la reducción de costos (Ashar, 2001).

Respecto al Puerto de Iquique, la Figura N°2 presenta un esquema de las variables de decisión de los agentes económicos que utilizan el puerto: los importadores/exportadores y las compañías que prestan servicio de transporte. Bajo estos criterios, el uso del Puerto de Iquique en comparación a preferir un competidor, puede asociarse a un problema de optimización de los agentes en el cual se evalúa la combinación tarifaria por diversos conceptos que genere el mayor beneficio.

Figura N°2: Diagrama de las variables de decisión de usuarios del Puerto de Iquique



Fuente: elaboración propia

Adicionalmente, existen otros aspectos que influyen en las decisiones de los agentes que inciden en la demanda que enfrenta el Puerto de Iquique:

- Sistema Portuario

Actualmente el puerto tiene un sistema multi-operado en el cual se destacan dos zonas principales de acción: i) Molo, en el que se opera mayormente la mercancía fraccionada, automotores (buques Roll On Roll Off- Ro-Ro) y cargas de proyectos y maquinarias y ii) Espigón, donde existe mayor especialización en las transferencias de contenedores. Este tipo de sistema podría unificarse (en especial en Molo) y generar un cambio de incentivos en la medida que pueda haber economías de escala y mejorar la competencia.

- Logística carga de retorno

Desde el Puerto de Iquique, no existe una logística que permita facilitar la carga de retorno desde el puerto hacia los puntos estratégicos de importación (por ejemplo, Bolivia). Esta problemática aumentaría el valor del costo medio de transporte terrestre, lo que desincentiva el uso del Puerto de Iquique. En este sentido, podría ser preferido el puerto de Arica, en el cual la carga de retorno es altamente probable y donde cerca del 70% del movimiento de este puerto corresponde a movimiento de cargas en tránsito de exportaciones e importaciones, lo que genera precios más competitivos.

- Avance del comercio electrónico

El avance tecnológico ha permitido a los usuarios (exportadores/importadores), por ejemplo, desde Bolivia, comprar directamente con las empresas extranjeras, incentivando el uso del competidor más cercano (Puerto de Arica), en el que se eliminan algunos costos de transacción con Bolivia debido al Tratado de Paz y Amistad de 1904, lo que puede considerarse como una externalidad positiva de este puerto.

1.2. Estudios de demanda

Las principales razones del exceso de capacidad de los puertos se derivan de un pronóstico incorrecto de la demanda portuaria. Producto de lo anterior, es altamente relevante la estimación adecuada de la demanda de los terminales, lo que requiere un análisis de todos los componentes del mercado. Algunos estudios que han estimado la demanda de puertos son 1) Cobreros (2017), quien evalúa la existencia de economías de escala en los puertos de España y los precios de Ramsey, para ello analiza el sistema de tasas para las Autoridades Portuarias españolas durante el periodo 1993-2014; 2) Núñez-Sánchez (2013), analiza la eficiencia de los precios de los puertos en España, evaluando si siguen la determinación de precios a través de la regla de Ramsey. Los dos trabajos anteriores estiman una función de costo y funciones de demanda; 3) Patil y Sahu (2015) desarrollan modelos de pronóstico de demanda entrante y saliente para el puerto de Mumbai. Los modelos se desarrollan utilizando técnicas de regresión aditiva y series de tiempo. En el análisis de regresión, los indicadores económicos, el PIB y la producción de petróleo crudo son significativos. Los modelos multivariados se desempeñaron mejor que los modelos univariados. Tanto la regresión multivariada como los modelos de series temporales se utilizan para pronosticar la demanda de carga para los años 2014-15 hasta 2017-18; 4) Rodríguez-Álvarez et al. (2011) analizan el efecto de la incertidumbre de la demanda en los costos de un terminal portuario. Encuentran que casi un 40% de los buques españoles llegan más tarde de lo previsto, por lo que un factor importante en la estimación de los costos de los puertos es la incertidumbre en la demanda y si no se tiene en cuenta, se puede subestimar la eficiencia de los terminales portuarios.

Un resumen de algunos estudios de demanda encontrados en la literatura, se presenta en el Cuadro N°1. En la tabla se presenta el puerto para el cual se realizó el estudio, las variables dependientes y explicativas o independientes usadas en cada estudio, el área del puerto, longitud del muelle y la carga manejada. En la mayoría de los estudios se usa el movimiento de carga del puerto como variable dependiente y como variables explicativas, se usan en PIB mundial o del Hinterland, valor comercial de las exportaciones e importaciones, tipo de cambio, población,

tasa de inflación, precio del combustible, tarifas del puerto, áreas de zona franca, entre otras variables.

Cuadro N°1. Estudios de demanda de la literatura

Investigadores y año publicación	Nombre del Puerto	Variable dependiente	Variables independientes	Área del puerto Longitud del muelle	Carga manejada 2013
Seabrooke et al. (2003)	Hong Kong	Movimientos de carga hacia adentro y hacia afuera, 17 productos clave	PIB de Hong Kong, valor comercial de importación / exportación / reexportación, población, demanda de electricidad, gastos en edificación y construcción	201 hectáreas 5794mts	22,35 millones TEUs
Hui et al. (2004)	Hong Kong	Rendimiento total de carga	Valor comercial total de China, valor comercial total de EE. UU., No de literas en la terminal de contenedores, Capacidad de carga en los puertos de Shenzhen	271hectáreas 7734mts	22.35 millones TEUs
Lam et al. (2004)	Hong Kong	Movimientos de carga hacia adentro y hacia afuera,	Valor comercial de importaciones / exportaciones / reexportaciones, población, Volumen pasado del contenedor en términos de unidad equivalente de veinte pies (TEU)	271hectáreas 7734mts	22.35 millones TEUs
Chen and Chen (2010)	Keelung Taichung Kaohsiung	Volumen del contenedor	PIB de Tailandia, PIB mundial, tipo de cambio, población, tasa de inflación, tasa de interés, precio del combustible	No disponible	Kaohsiung 9,94 millones de TEU
Gosasang et al., (2011)	Bangkok	Volumen del contenedor	Instalación de almacenamiento en la terminal, longitud de la litera, línea directa de llamada, PIB de Hinterland, exportación de Hinterland: volumen de importación, tarifa de puerto, área de zonas francas, inversión gubernamental	Busan 84 hectáreas 4144mts; Gwang-Yang 14.5 hectáreas 2750mts; Shanghai 361900 hectáreas 20000mts; Shenzhen 5405mts; Dalian 1500hectares 41000mts	Llevar a la fuerza 33,63 millones TEU Busan 17,69 millones TEU Shenzhen 23,28 millones TEU
Al-Deek (2001)	Miami y Jacksonville	Volumen de camiones pesados entrantes y salientes	Cantidad de contenedores importados y exportados	ND	ND
Klodzinski y Al-Deek (2003)	Principales puertos de Florida	Volúmenes diarios de camiones entrantes y salientes	Datos de carga del buque, es decir, volumen de importación / exportación	ND	ND
Langen et al. (2012)	Hamburgo - puertos de la gama Le Havre en Francia, Bélgica, Países Bajos, Alemania	11 flujos principales de productos	Datos de flujos de productos anteriores	ND	ND

Fuente: Tabla b1 Patil and Sahu (2015)

El presente informe tiene como objetivo mostrar la evolución de las principales variables económicas que se incluirán en el modelo de demanda y efectuar un análisis de correlación entre ellas. Además, se presentan las primeras estimaciones de demanda efectuadas. En el caso del Puerto de Iquique se prestan varios tipos

de servicios, pero los principales son contenedores y –por tipo de actividad- importaciones y exportaciones desde y hacia diversos países. Antes de determinar las variables que se incluirán en el modelo de demanda y su proyección, se analizan las variables económicas que podrían afectar la dinámica de consumo.

Un estudio de demanda requiere principalmente conocer las preferencias de los consumidores, los precios del o los productos bajo análisis, el ingreso de los demandantes, los precios de los bienes sustitutos cercanos y de los bienes complementarios, las expectativas de los consumidores y tamaño del mercado. En el presente estudio de estimación de la demanda se considerarán las siguientes variables: 1) Como variable dependiente, que es la variable que se desea proyectar, se usará el movimiento total de carga del puerto en toneladas, y también separada por tipo de actividad y/o producto, 2) Como proxy del ingreso de los agentes que demandan a través del Puerto de Iquique, se considerarán los PIB per cápita y/o los índices de actividad económica de la zona de influencia, es decir, los países que importan productos desde el puerto y de los países de destino de las exportaciones, 3) Como proxy del tamaño del mercado, se usará la población de estos países, 4) También se usarán precios de algunos commodities relevantes para el problema bajo estudio, como el precio del petróleo, que es esencial en el transporte marítimo y el precio del cobre, guarismo influyente en la actividad económica de Chile y Perú, 5) tipo de cambio, 6) Algunas variables dummies que controlen por eventos específicos como crisis sub-prime, terremoto del norte de Chile, entre otras. En la medida que se tengan disponibles series de datos mensuales de precios de las transacciones del puerto, estos serán incorporadas al modelo, así como también, el movimiento de carga y precios del Puerto de Arica. También serán incorporadas el precio de algunos precios de productos agroindustriales exportados desde Bolivia como la soja, aceites vegetales, alcohol, entre otros.

La estructura del informe es la siguiente. La sección 2 analiza la evolución de las principales variables económicas relacionadas al movimiento del puerto. La sección 3, muestra y analiza la evolución de las principales variables macroeconómicas que se incorporarán a los modelos de demanda. La sección 4 presenta las primeras

estimaciones del modelo de demanda, para analizar las correlaciones entre las variables y su significancia estadística. Finalmente, la sección 5 presenta las conclusiones.

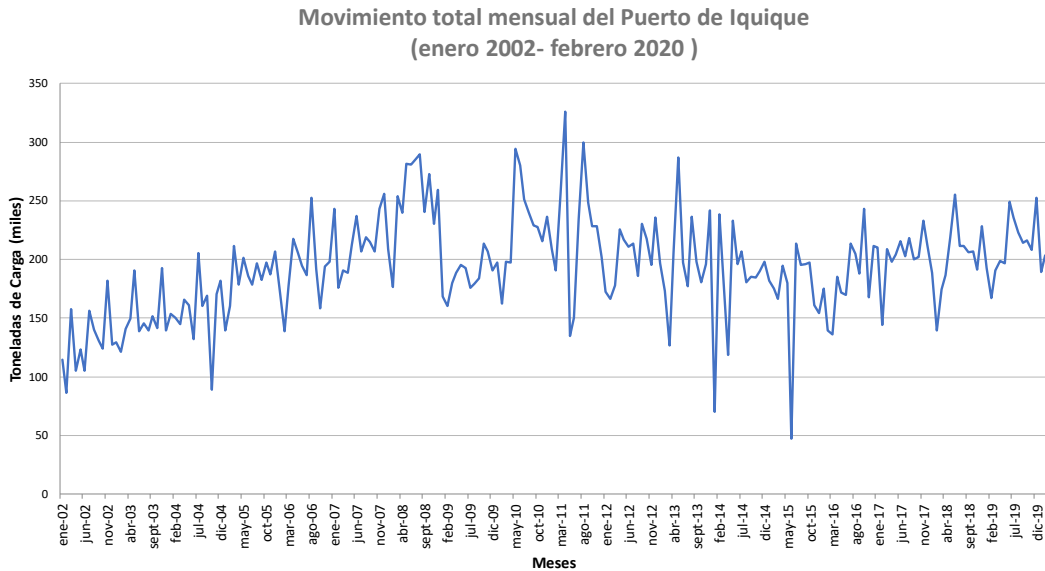
2. Operaciones del Puerto de Iquique

El Puerto de Iquique presta varios tipos de servicios como: importación, exportación, cabotaje, tránsito, transbordo y falso embarque/desembarque. En términos de los productos que se operan, estos se clasifican en: contenedores, mercaderías fraccionadas, automóviles, granel líquido y sólido, maquinarias, entre otros.

2.1 Operaciones Totales

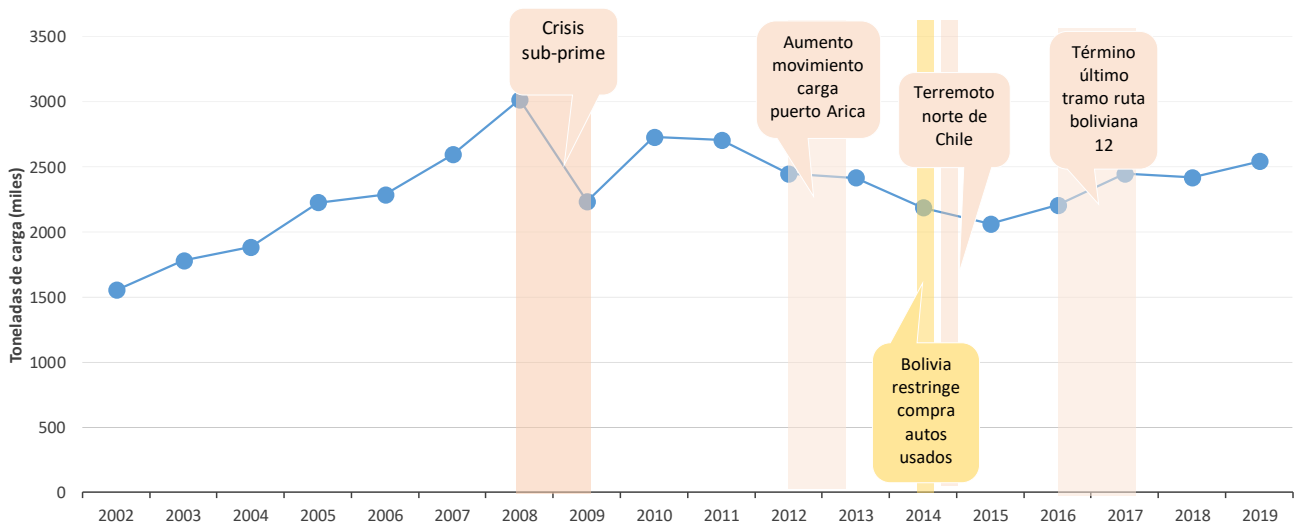
Las siguientes Figuras muestran las operaciones totales del Puerto de Iquique en toneladas con frecuencia mensual y anual (ver Figura N°3 y N°4). La Figura N°3, al tener frecuencia mensual, presenta un comportamiento estacional dentro del año de las operaciones. La Figura N°4, con la variable sumada a nivel anual, muestra más claramente la tendencia a largo plazo. Se observa una importante caída de la actividad portuaria en 2009 producto de la crisis financiera internacional sub-prime. Aunque la actividad se recuperó en los años 2010 y 2011, vuelve a caer hasta 2015, donde estuvo afectada por diversos hechos como el aumento del movimiento de carga del Puerto de Arica en 2012, el terremoto de abril de 2014 en el norte de Chile y la restricción de Bolivia de importación de autos usados que se inició gradualmente desde febrero de 2014, donde en enero de 2016 se prohibió la importación de vehículos usados con de más de un año de antigüedad. A partir de 2015 se observa un aumento progresivo de la actividad explicado principalmente por el aumento de la importación de autos desde Paraguay y porque la ruta boliviana, que conecta Iquique con el Departamento de Oruro-Bolivia, quedó completamente terminada desde 2017, mejorando la competitividad del Puerto de Iquique respecto al puerto de Arica (ver Figura N°4).

Figura N°3: Movimiento total del Puerto de Iquique, frecuencia mensual



Fuente: Elaboración propia con datos del Puerto de Iquique

Figura N°4: Movimiento total del Puerto de Iquique, frecuencia anual



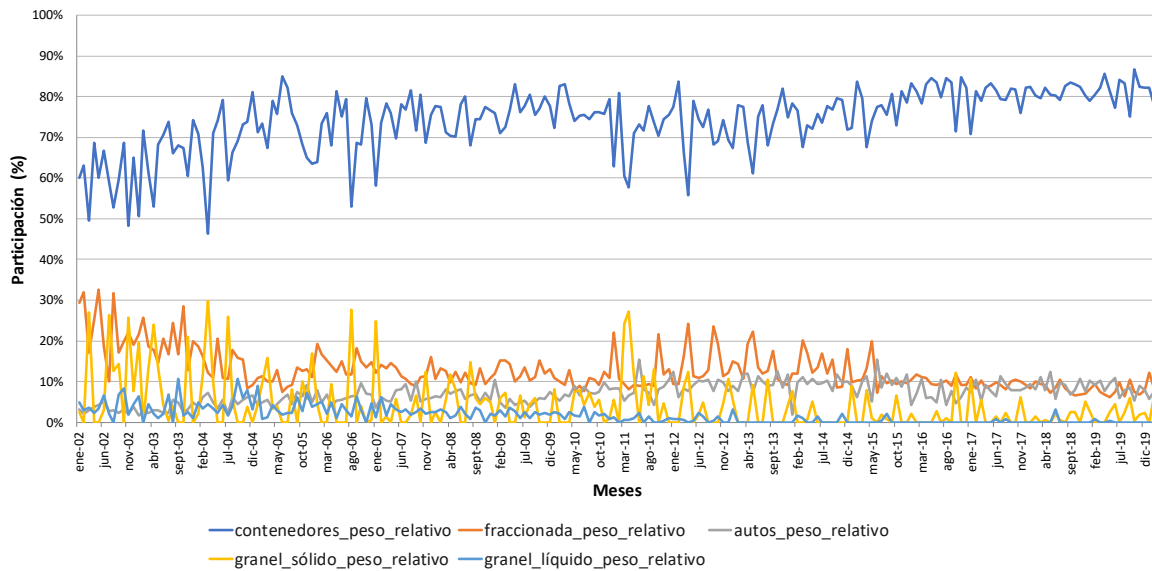
Fuente: Elaboración propia con datos del Puerto de Iquique

2.2 Operación por tipo de producto

Considerando los tipos de productos que opera el Puerto de Iquique, se observa que más del 80% de las transacciones son de contenedores, porcentaje que se ha incrementado sostenidamente en los últimos 18 años. En 2019 los automóviles y los productos fraccionados, representaban cerca de un 9% cada uno, mientras que el granel sólido y líquido, menos del 5% entre ambos (ver Figuras N°5 y N°6).

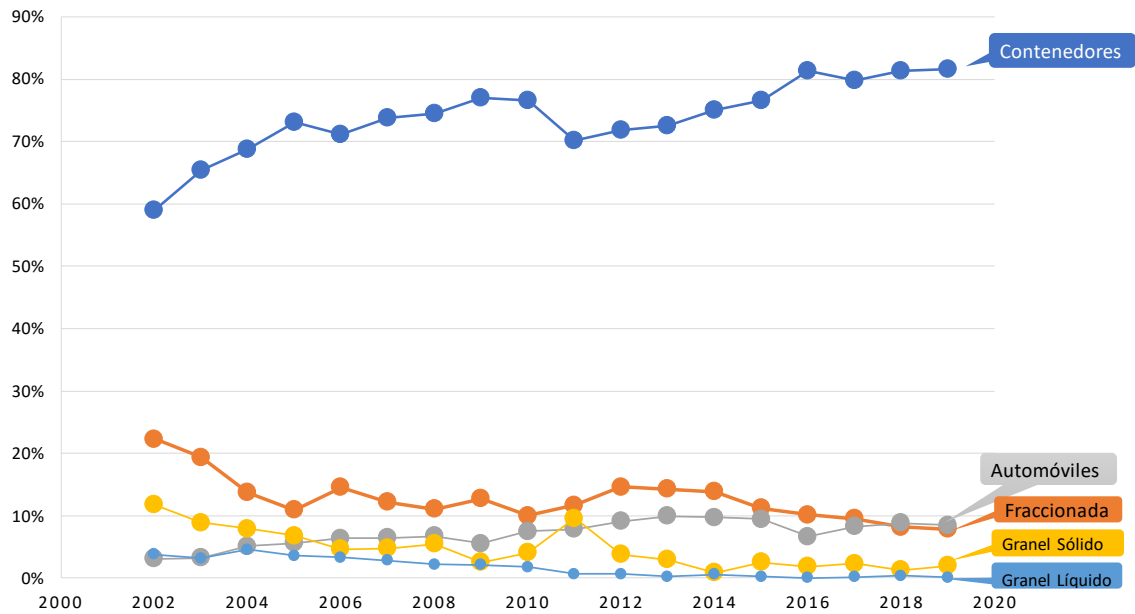
Figura N°5: Porcentaje de participación en movimiento portuario según tipo de carga con frecuencia mensual, enero 2001- febrero 2020

Porcentaje de participación en movimiento portuario según tipo de carga
(enero 2001- febrero 2020)



Fuente: Elaboración propia con datos de Servicio Nacional de Aduanas

Figura N°6: Porcentaje de participación en movimiento portuario según tipo de carga con frecuencia anual (2001-2020)



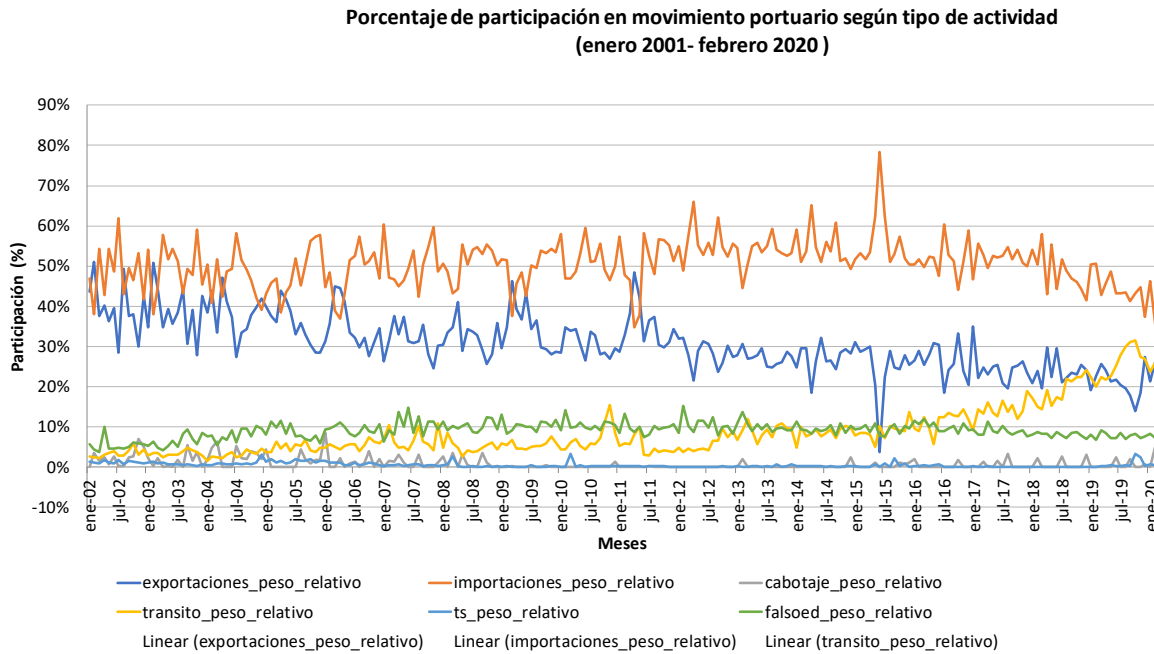
Fuente: Elaboración propia con datos de Servicio Nacional de Aduanas

2.3 Operaciones por Actividad

Considerando los tipos de actividades que desarrolla el Puerto de Iquique, se observa que las importaciones de Chile son las más importantes, representando un poco más del 40% de las operaciones del puerto. Sin embargo, su participación ha venido cayendo en los últimos 2 años, puesto que entre 2012 y 2017 representó más del 50%. La segunda actividad más importante de los últimos 18 años, son las exportaciones chilenas, sin embargo, este tipo de operaciones ha caído sostenidamente, desde un 40% en 2002 a un 20% en 2020. Las mercaderías en tránsito, es decir, las importaciones y exportaciones principalmente de países del Hinterland –y, en general, los movimientos en el cual el puerto actúa como intermediario de otros países-, es la actividad que ha adquirido más dinamismo en los últimos seis años. Esto debido, entre otros factores, a la mejora de ruta a Oruro-Bolivia a partir de 2017, cuando queda completamente terminada, y a las importaciones de autos de Paraguay. Esta actividad refleja la mayor competitividad que está adquiriendo el Puerto de Iquique frente a Arica. El falso embarque y desembarque representan un 10%, siendo una actividad que se ha mantenido

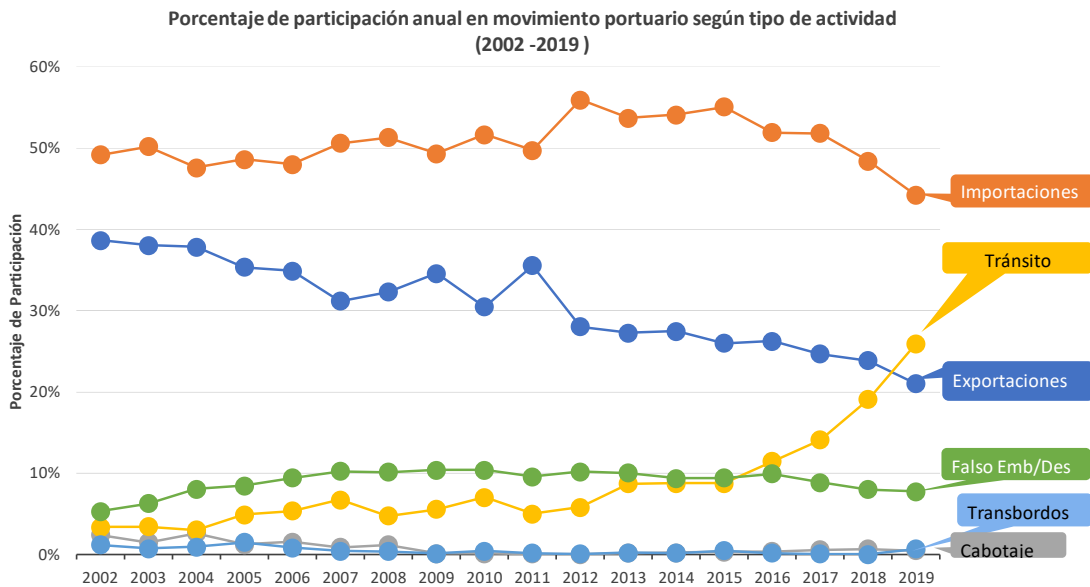
relativamente estable en el tiempo. Finalmente, las actividades menos importantes, son trasbordo y cabotaje que representan menos del 1% cada una (ver Figuras N°7 y N°8).

Figura N°7: Porcentaje de participación en movimiento portuario según tipo de actividad con frecuencia mensual, enero 2001- febrero 2020.



Fuente: Elaboración propia con datos de Servicio Nacional de Aduanas

Figura N°8: Porcentaje de participación en movimiento portuario según tipo de actividad con frecuencia anual, 2001-2020.

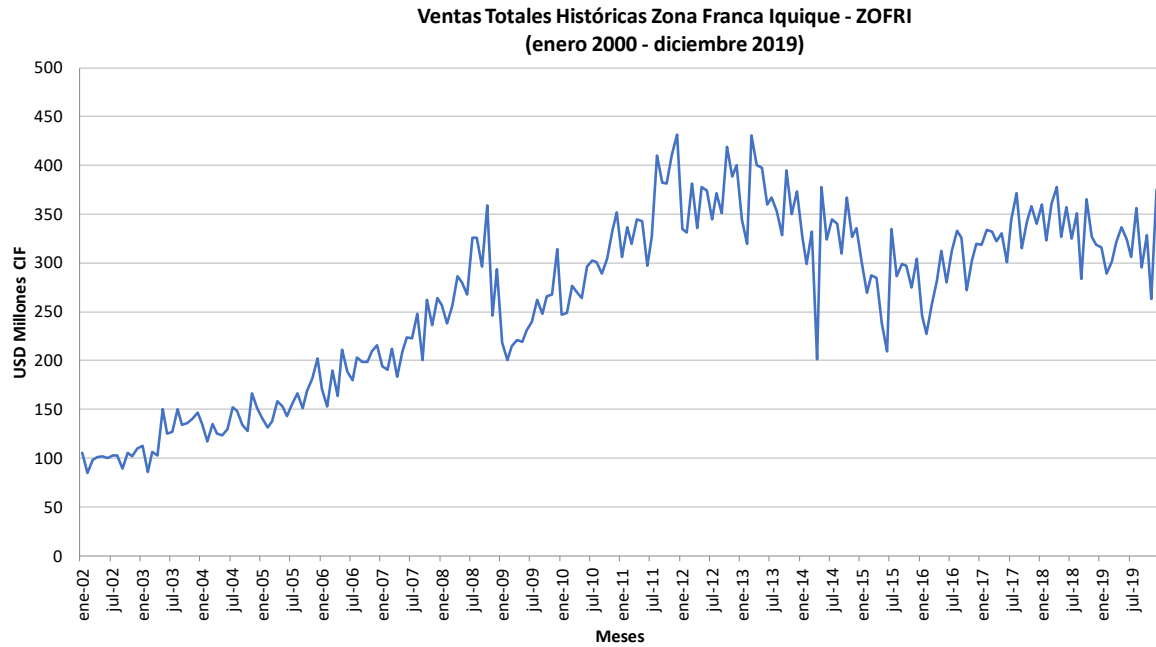


Fuente: Elaboración propia con datos de Servicio Nacional de Aduanas

2.4 Ventas de la Zona Franca (ZOFRI)

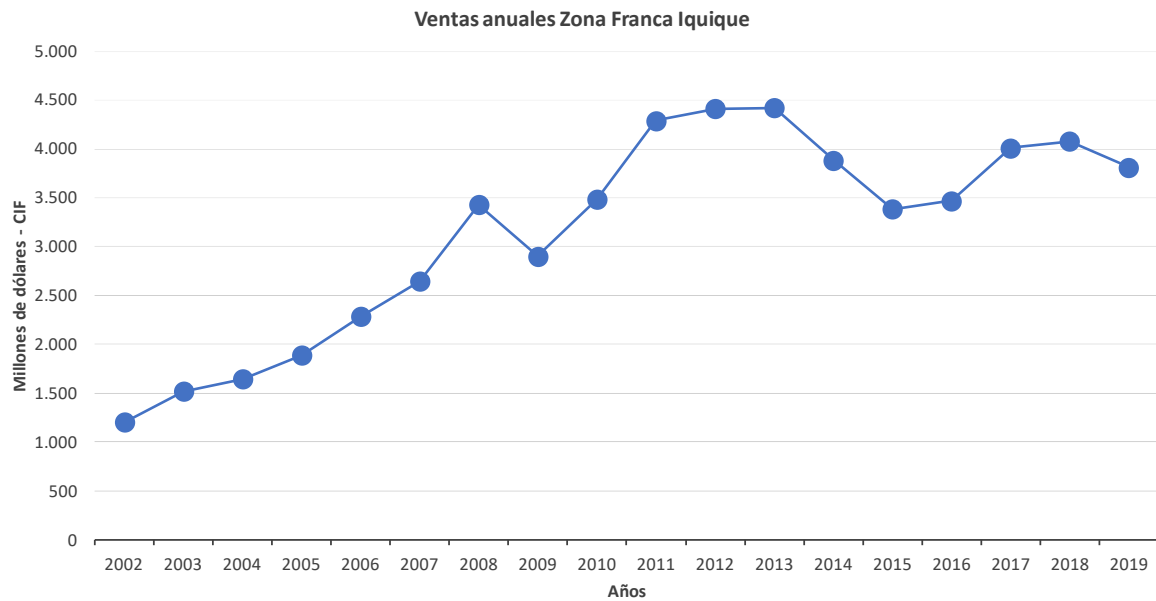
La ZOFRI es una de las actividades más importantes del Puerto de Iquique, contempla todas las importaciones y las mercaderías en tránsito que transa el terminal. La Figura 9, muestra las ventas con frecuencia mensual, mientras que la Figura 10, con frecuencia anual. Sin considerar la crisis financiera de 2009, se registró un crecimiento sostenido entre 2002 y 2011 y un crecimiento muy bajo en 2012 y 2013. Los años 2014 y 2015, presentaron una fuerte caída de las ventas de un 22%, la cual se recupera en forma muy acotada desde entonces.

Figura N°9: Ventas mensuales en millones de dólares de ZOFRI, enero 2001-diciembre 2019



Fuente: Elaboración propia con datos entregados por ZOFRI

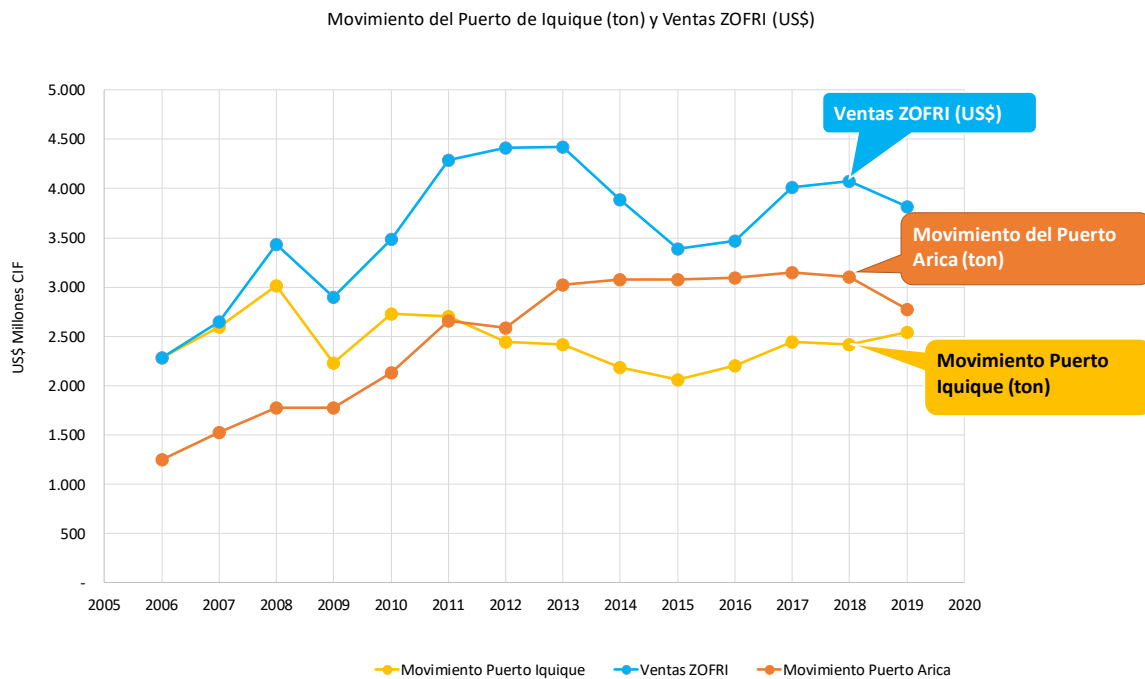
Figura N°10: Ventas anuales en millones de dólares de ZOFRI, 2001-2019



Fuente: Elaboración propia con datos entregados por ZOFRI

Como una forma de mostrar la gran importancia de ZOFRI y del Puerto de Arica en los movimientos del puerto, en la Figura N°11 se presentan las ventas anuales en millones de dólares de ZOFRI, el movimiento del puerto de Arica y el movimiento del Puerto de Iquique en miles toneladas en el período 2006-2019. Se observa una alta correlación en casi todo el período, salvo los años 2012 y 2013 en que ZOFRI mantiene sus ventas, pero cae el movimiento del puerto. Además, se observa cómo a partir de 2012, mientras el movimiento de Iquique cae, el de Arica comienza a aumentar, lo que muestra la competencia cercana y directa que existe entre ambos puertos.

Figura N°11: Ventas anuales en millones de dólares de ZOFRI, y movimiento del Puerto de Iquique en miles toneladas 2002-2019

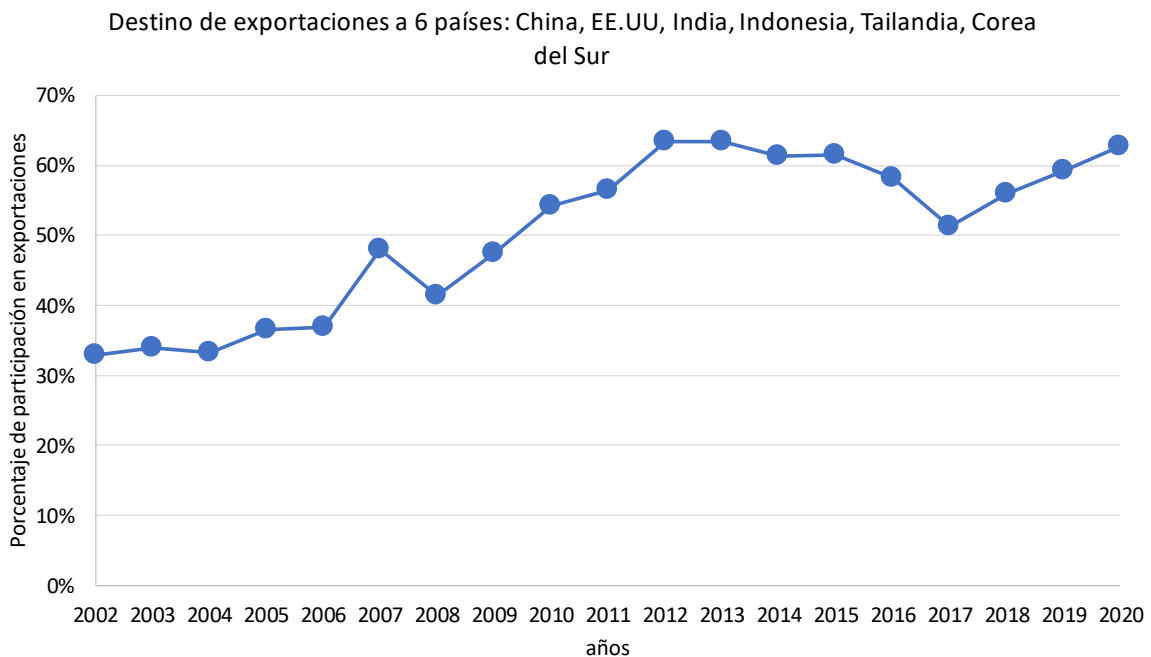


Fuente: Elaboración propia con datos entregados por ZOFRI y Servicio Nacional de Aduanas

2.5 Destino de exportaciones

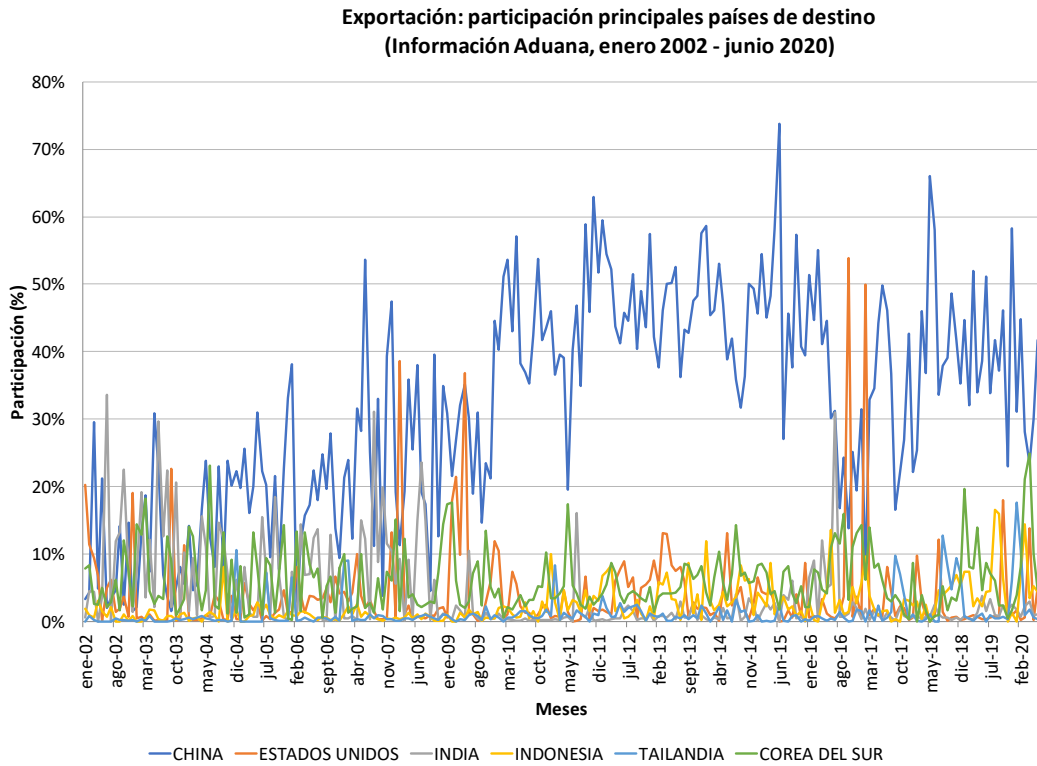
Los principales países de destino de las exportaciones son China, Estados Unidos, India, Indonesia, Tailandia y Corea del Sur. Estos seis países representan el 63% de las exportaciones del puerto en lo que va de 2020 y en promedio entre 2002-2020 han representado un 50% (Figura N°12). El principal país es China, con poco más de un 30% de participación. Este país en los años 2012 y 2015 llegó a representar el 50% de las exportaciones nacionales por el Puerto de Iquique. India fue relativamente importante en 2003, donde tenía un 10%-12% de participación en las exportaciones, pero su relevancia se ha reducido sustancialmente a partir de 2010 a solo un 2%, a excepción del 2016 donde presentó cerca del 6%. Corea del Sur, ha mantenido una participación relativamente constante en los últimos 18 años, alcanzando en promedio de un 6%. Estados Unidos presenta un promedio de participación en el período de un 4%, Indonesia de un 3% y Tailandia del 1% (ver Figuras N°13 y N°14).

Figura N°12: Participación total de los seis principales países de destino de las exportaciones con frecuencia anual, 2002- 2020



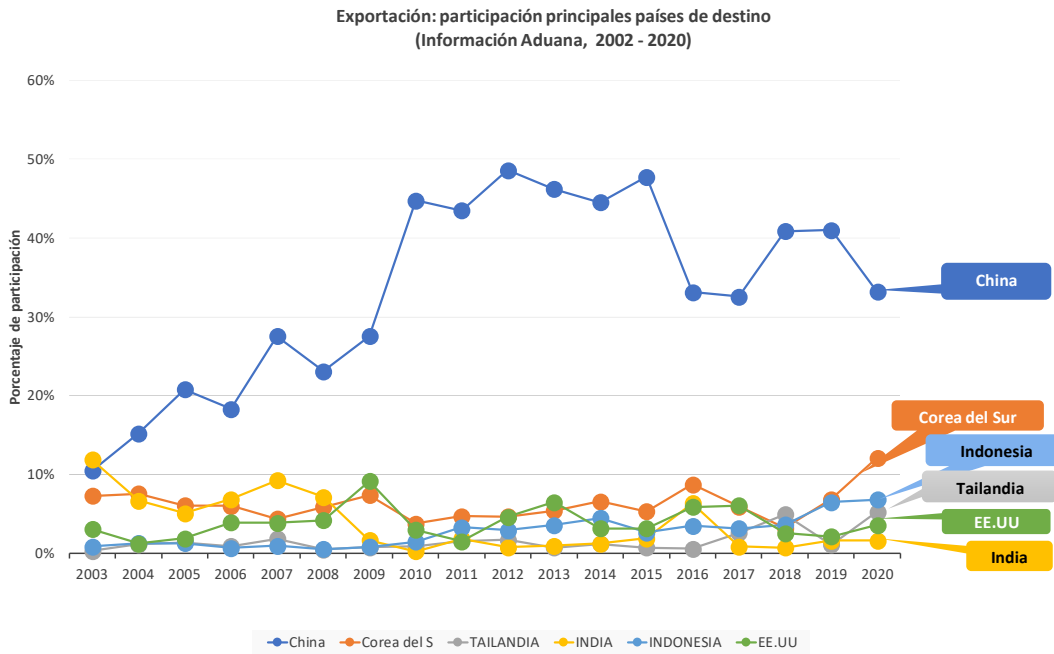
Fuente: Elaboración propia con datos de Servicio Nacional de Aduanas

Figura N°13: Principales países de destino de las exportaciones con frecuencia mensual, enero 2002-junio 2020



Fuente: Elaboración propia con datos de Servicio Nacional de Aduanas

Figura N°14: Principales países de destino de las exportaciones con frecuencia anual, 2002- 2020

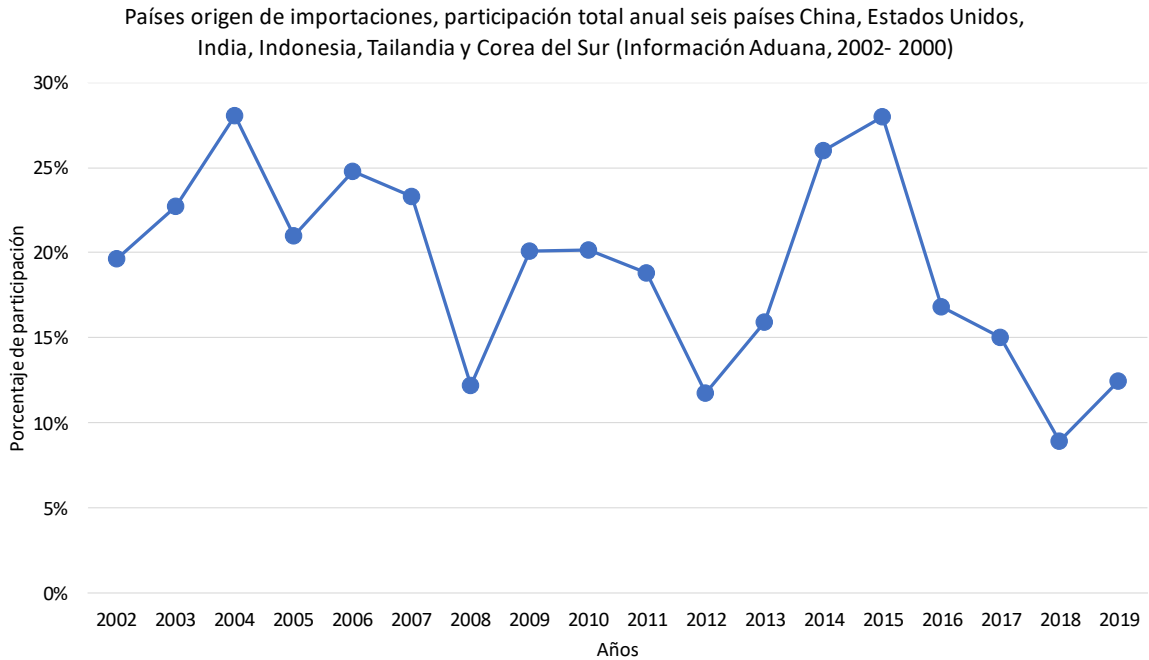


Fuente: Elaboración propia con datos de Servicio Nacional de Aduanas

2.6 Origen de importaciones

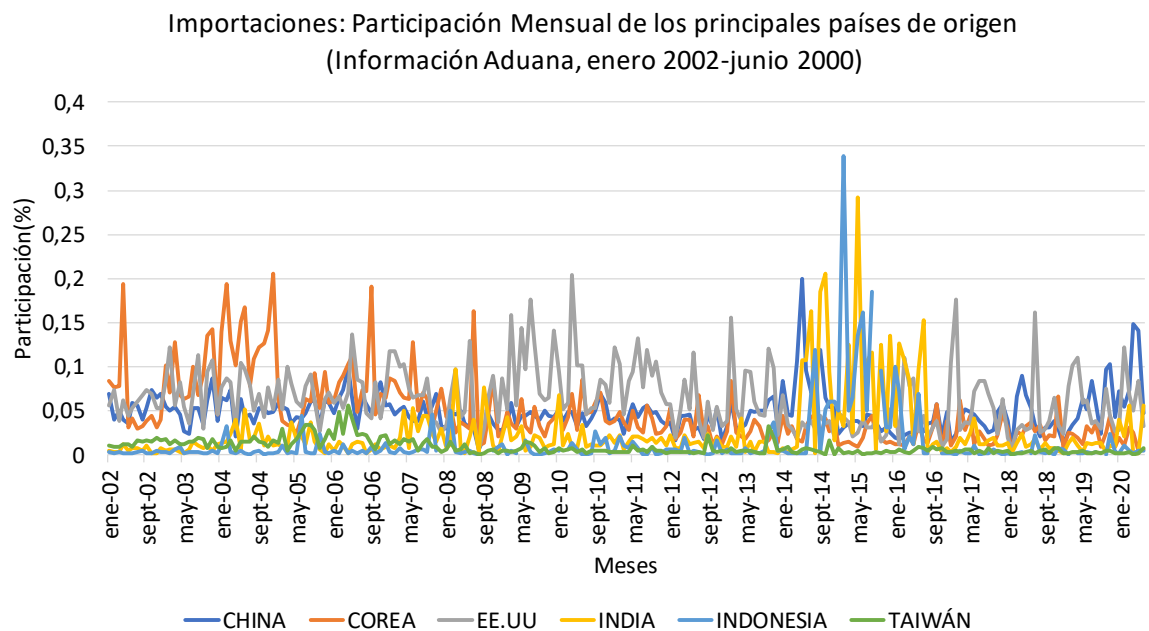
Los países de origen de las importaciones son bastante más diversos que los países de destino de las exportaciones. En conjunto los seis países más importantes, China, India, EE.UU., Indonesia, Tailandia y Corea del Sur, representaron menos de un 15% los años 2018 y 2019 y un promedio del 19% entre el 2002 y 2019 (ver Figura N°15, N°16 y N°17).

Figura N°15: Participación total de los seis principales países de origen de las importaciones con frecuencia anual, 2002- 2020



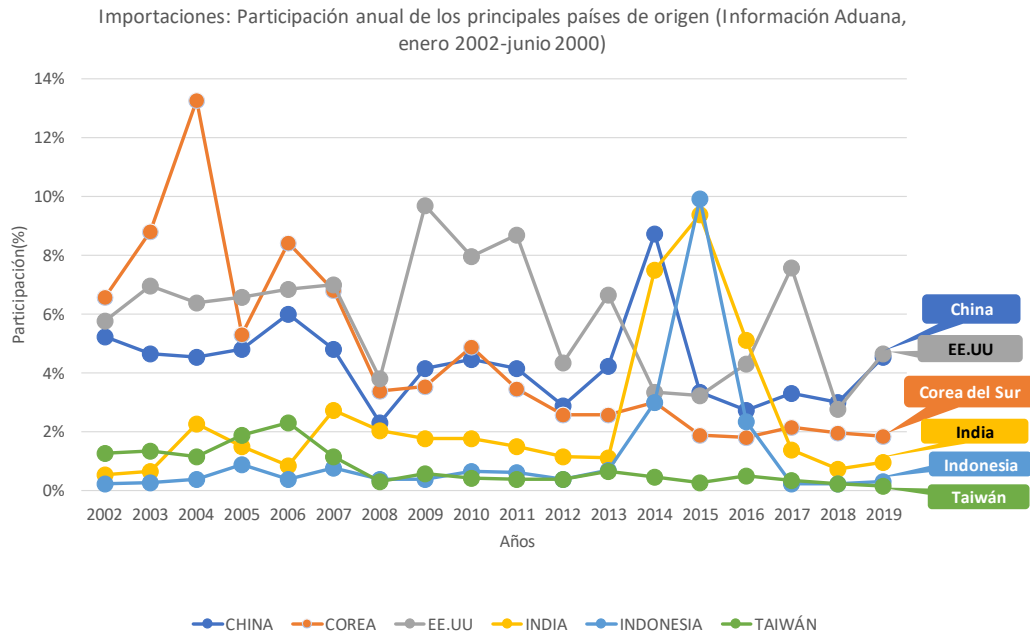
Fuente: Elaboración propia con datos de Servicio Nacional de Aduanas

Figura N°16: Principales países de origen de las importaciones con frecuencia mensual, enero 2002-junio 2020



Fuente: Elaboración propia con datos de Servicio Nacional de Aduanas

Figura N°17: Principales países de origen de las importaciones con frecuencia anual, 2002- 2020



Fuente: Elaboración propia con datos de Servicio Nacional de Aduanas

3. Variables Económicas de Países Socios Comerciales

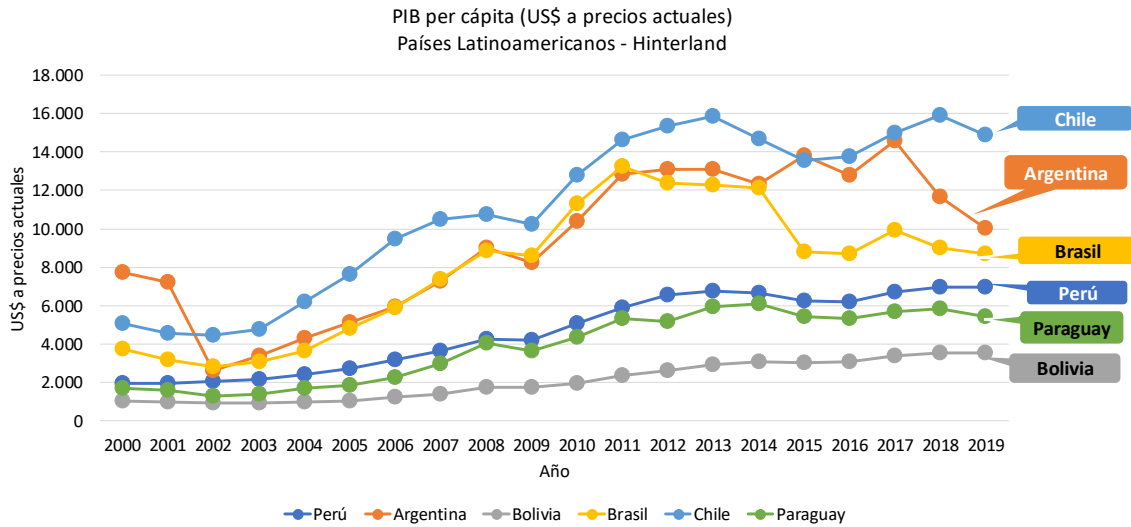
En esta sección se muestra la evolución de las principales variables económicas que se considerarán en el modelo de demanda y proyección del movimiento de carga.

3.1 Producto Interno Bruto por países

Una de las variables económicas más importantes a considerar es la actividad económica o Producto Interno Bruto de los países que influyen en las operaciones de importación y exportación del puerto. La Figura N°18, presenta la evolución del PIB per cápita en dólares americanos anuales de Chile y de los países del Hinterland del Puerto de Iquique: Argentina, Brasil, Perú, Paraguay y Bolivia. Como se observa, Chile es el país con el mayor PIB per cápita desde 2002, cuando supera a Argentina dado que este último enfrentó la fuerte crisis financiera de comienzos del 2000. En términos generales, el producto de los países del hinterland del Puerto de Iquique es relativamente bajo, por ejemplo, el PIB per cápita de Perú, Paraguay

y Bolivia, son menores a la mitad que el de Chile. Sin embargo, estos tres países presentan crecimientos más estables y sostenidos que Chile, Argentina y Brasil.

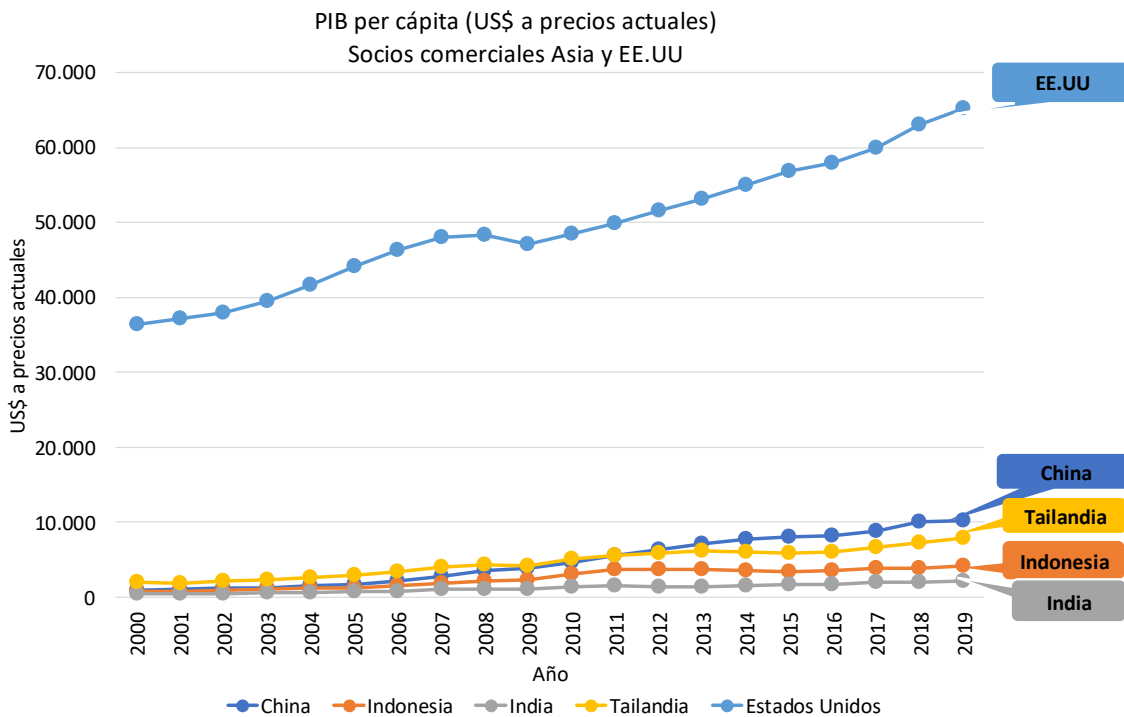
Figura N°18: PIB per cápita de Chile y países del hinterland del Puerto de Iquique



Elaboración propia con información del Banco Central de Chile y Banco Mundial

El único país desarrollado dentro los países de influencia del Puerto de Iquique, es Estados Unidos, con un PIB per cápita de casi 70.000 dólares anuales, mientras que el de China, Tailandia, Indonesia e India, presentan PIB per cápita anuales menores o iguales a 10.000 dólares. A pesar de esto, se observa en todos los países un crecimiento económico sostenido desde 2000, lo que es una clara fortaleza para el desarrollo del puerto (ver Figura N°19).

Figura N°19: PIB per cápita de principales países de destino de exportaciones y origen de importaciones del Puerto de Iquique

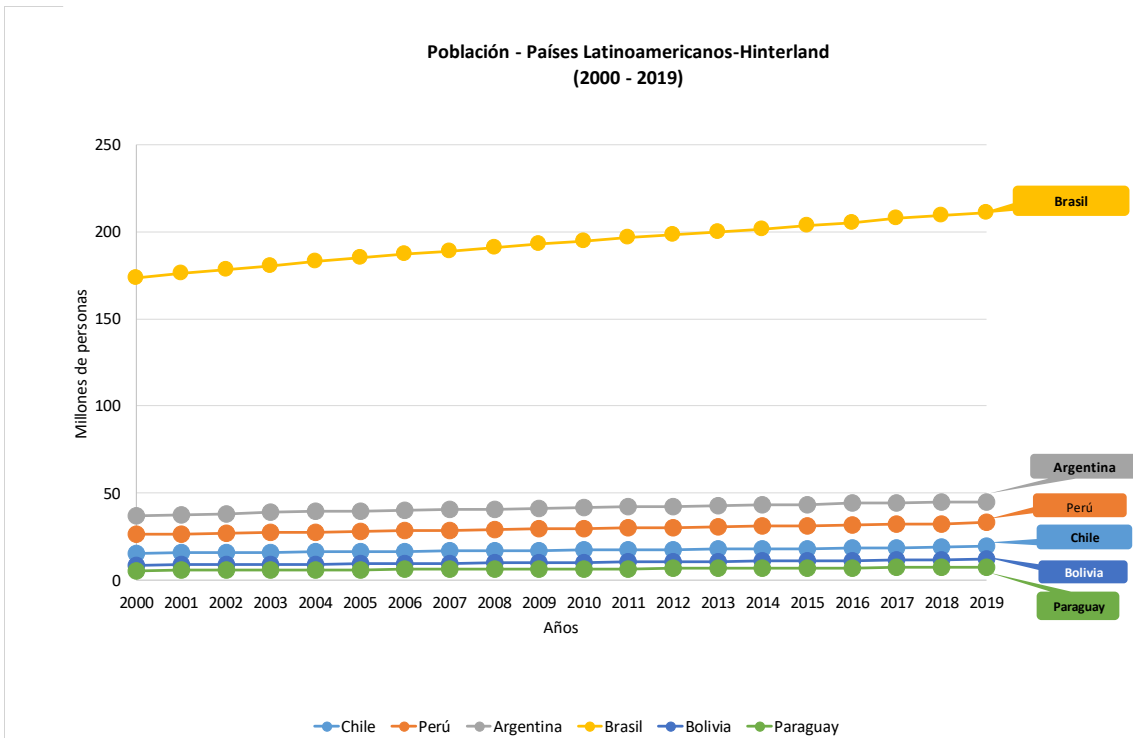


Elaboración propia con información del Banco Mundial

3.2 Población por países

La población es una variable proxy del tamaño del mercado relevante, será analizada para conocer cómo se correlaciona con la actividad del puerto y su significancia estadística. Todos los países presentan tasas de crecimiento muy similares, a excepción de Brasil, que crece más rápido y es el más grande, alcanzando una población de más de 200 millones de habitantes. Argentina es el segundo país más grande en términos de habitantes, con una población de 54 millones de habitantes, seguido de Perú con 33 millones, Chile con más de 18 millones, Bolivia con 11,7 millones y, finalmente, Paraguay con 7 millones (ver Figura N°20).

Figura N°20: Población de Chile y países del hinterland del Puerto de Iquique en millones de habitantes

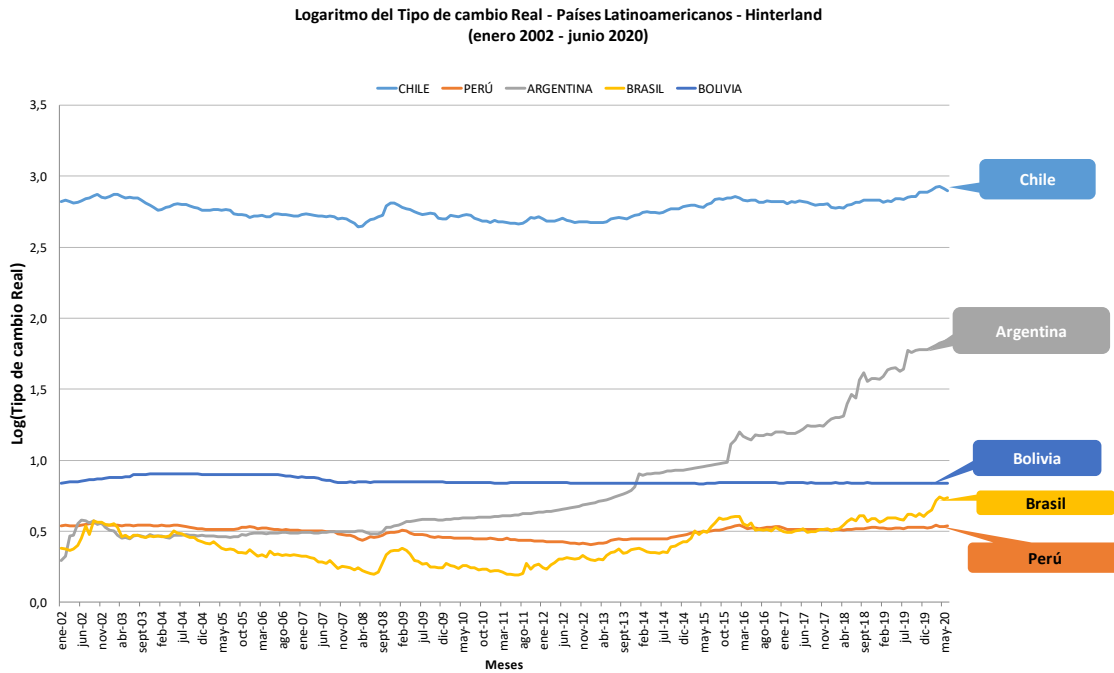


Fuente: Datos macroeconómicos Datosmacro.expansion.com/

3.3 Tipo de Cambio por países

El tipo de cambio real, es una variable que se debe considerar porque permite medir la competitividad de un país frente al resto del mundo. Se define como el tipo de cambio nominal multiplicado por la inflación internacional, y dividido por la inflación nacional. Un tipo de cambio real más alto, implica mayor competitividad, pues los productos del país son más baratos en términos relativos que los del resto del mundo. Un aumento del tipo de cambio real debiera aumentar las exportaciones y reducir las importaciones de un país. El tipo de cambio real se ha mantenido relativamente estable en Chile, Bolivia y Perú, y ha crecido sostenidamente en Argentina y Brasil (ver Figura N°21).

Figura N°21: Tipo de cambio real de Chile y de los países del hinterland del Puerto de Iquique

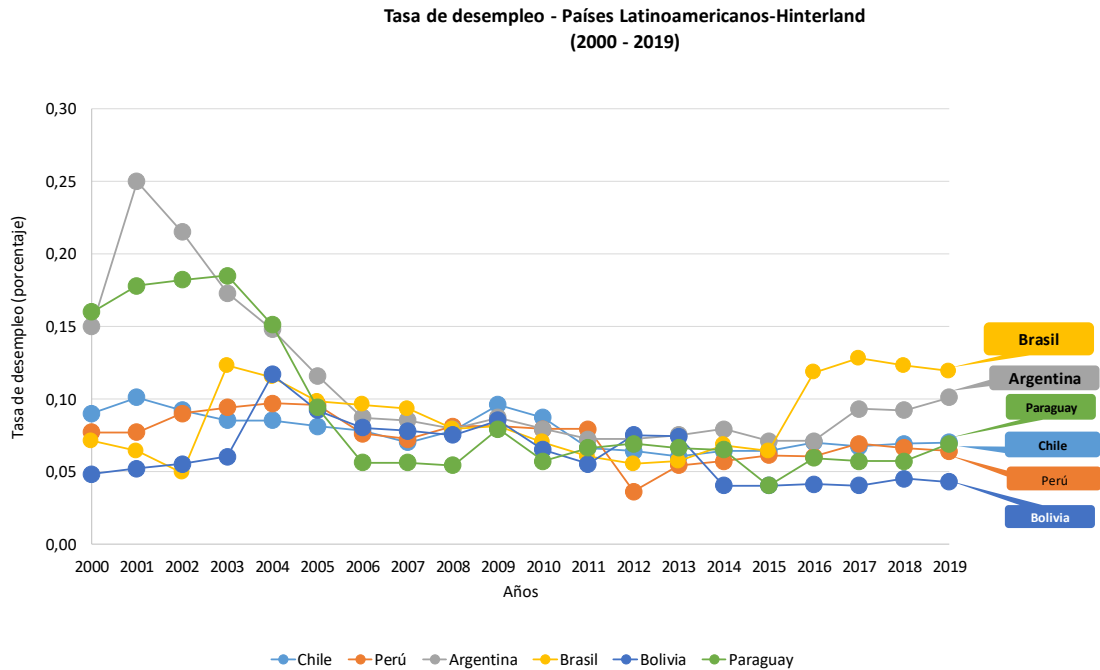


Fuente: Banco Central de Chile, Banco central de la reserva de Perú, Brasil y Bolivia Investing.com <https://es.investing.com/currencies/usd-brl-historical-data>.

3.4 Desempleo

La tasa de desempleo de los países es una de las variables económicas más importantes junto al PIB, y está correlacionada inversamente con la actividad económica de los países dentro del ciclo económico. Brasil es el país con mayor desempleo de los últimos 4 años, con tasas que superan el 12%. Argentina alcanzó un 10% en 2019, mientras que Chile, Paraguay, Perú y Bolivia, presentaron tasas menores al 7%, estando cerca de la tasa natural de desempleo de cada país. Claramente esta situación ha cambiado bastante durante 2020 y probablemente continúe desmejorada en 2021, puesto que producto de la pandemia de Covid-19, todos los países del mundo están reduciendo su actividad económica abruptamente (ver Figura N°22).

Figura N°22: Tasa de desempleo de Chile y de los países del hinterland del Puerto de Iquique

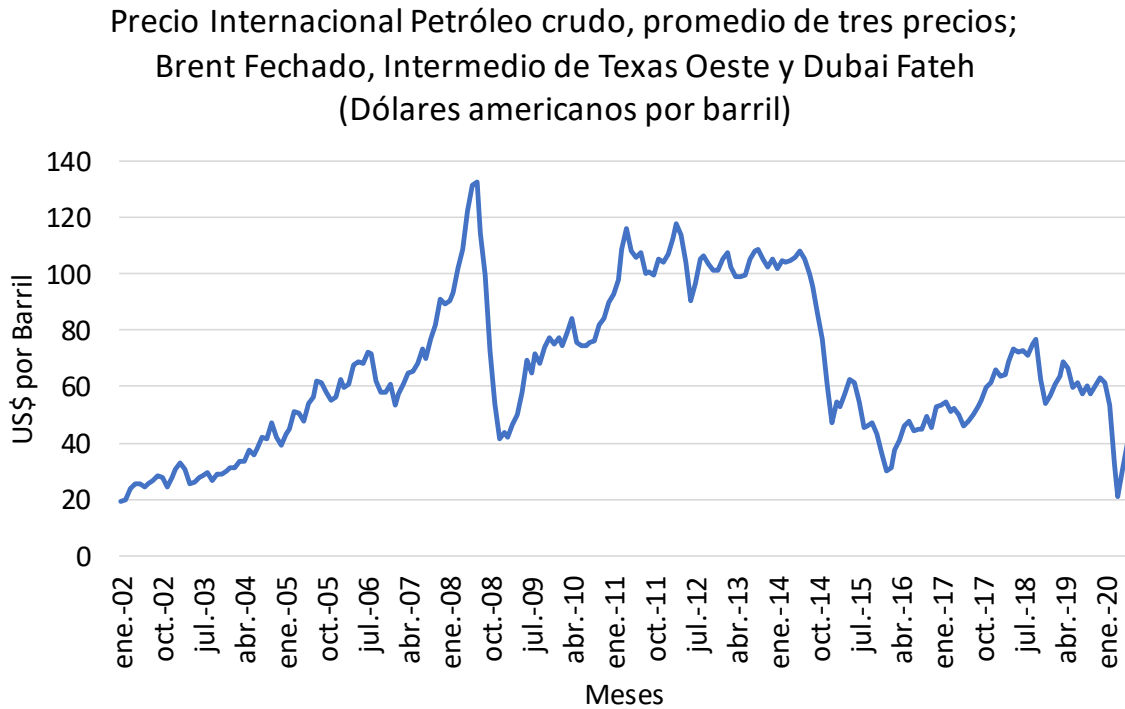


Fuente: INE de Chile, <https://www.indexmundi.com/g/g.aspx?c=ar&v=74&l=es>, investing.com.

3.5 Precio del Petróleo

El petróleo es uno de los hidrocarburos más influyentes en las economías del mundo por su gran capacidad de generar energía. Es por ello que el precio del petróleo es determinante para el desempeño económico de los países, y es especialmente importante dentro la actividad de los puertos, puesto que los barcos requieren de este insumo como combustible. En el modelo de demanda, se incorporará esta variable para conocer su influencia y significancia estadística para proyectar la actividad del Puerto de Iquique (ver Figura N°23).

Figura N°23: Precio internacional del Petróleo



Fuente: <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=petroleo-crudo&meses=300>

3.6 Precio del Cobre

El precio del cobre también es relevante al influir en los ingresos de las mineras exportadoras, y porque refleja la dinámica del mercado del cobre. Un mayor precio, generalmente indica que la demanda de cobre se expande en el mundo, porque países como China presentan mayor actividad económica, lo que aumenta los ingresos de las exportadoras nacionales (Ver Figura N°24).

Figura N°24: Precio internacional del cobre

Fuente: <https://www.cochilco.cl/Paginas/Estadisticas/Bases%20de%20Datos/Precio-de-los-Metales.aspx> cobre

4. Correlaciones y primeras estimaciones de demanda

En esta sección se presentan las correlaciones y las primeras estimaciones de la demanda para el Puerto de Iquique. La estadística descriptiva y las unidades de medida de cada variable usada se presenta en el Anexo 1, mientras que en el Anexo 2 se presenta un cuadro con la información disponible, no disponible, frecuencia y períodos de disponibilidad de los datos.

4.1 Correlaciones

En el cuadro N°2, se dan a conocer las correlaciones y su significancia estadística. Las variables presentadas en el cuadro son: 1) Operación del Puerto de Iquique, 2) ventas de ZOFRI, 3) IMACEC de Chile, 4) índice de actividad económica de Bolivia, 5) tipo de cambio real de Chile, 6) tipo de cambio real de Bolivia, 7) precio del petróleo, 8) precio del cobre, 9) tasa de desempleo de Chile, 10) tasa de desempleo

de Bolivia, 11) PIB de China, 12) PIB de Indonesia, 13) PIB de India y 14) PIB de EE.UU. Se debe considerar que la variable PIB de China, Indonesia, India, Tailandia y Estados Unidos están con frecuencia anual, por no contar con estos indicadores con frecuencia mensual. Todos los demás indicadores están en frecuencia mensual, y todas las variables se presentan en logaritmos.

De un total de 91 correlaciones, 71 son estadísticamente significativas al 5%. La operación del Puerto de Iquique, presenta una correlación positiva y significativa con la actividad económica de Chile, con las ventas de la ZOFRI, con el precio del Petróleo y cobre, con los PIB de China, Indonesia, India y Estados Unidos. No obstante, presenta una correlación negativa y significativa con el tipo de cambio de Chile y Bolivia y la tasa de desempleo de Chile y Bolivia (ver Cuadro N°2).

Cuadro N°2: Correlaciones entre las principales variables del modelo y significancia estadística

Variables	log_operación	log_zofri	log_IMACEC	log_IGAE_bol	log_tc_chile	log_tc_bolivi a	log_petrole o	log_cobre	tdesempleo_ chile	tdesempleo_b olivia	log_PIB_ CHN	log_PIB_I NDO	log_PIB _IND	log_PIB _USA
1 log_operación	1.000													
2 log_zofri	0.544* 0.000	1.000												
3 log_IMACEC	0.221* 0.041	-0.035 0.753	1.000											
4 log_IGAE_bol	-0.072 0.393	0.318* 0.000	0.820* 0.000	1.000										
5 log_tc_chile	-0.330* 0.000	-0.347* 0.000	0.589* 0.000	0.715* 0.000	1.000									
6 log_tc_bolivia	-0.251* 0.000	-0.730* 0.000	0.150 0.159	-0.678* 0.000	-0.004 0.958	1.000								
7 log_petroleo	0.516* 0.000	0.756* 0.000	-0.279* 0.008	-0.408* 0.000	-0.762* 0.000	-0.403* 0.000	1.000							
8 log_cobre	0.315* 0.000	0.512* 0.000	-0.200 0.061	0.021 0.805	-0.343* 0.000	-0.354* 0.000	0.512* 0.000	1.000						
9 tdesempleo_chile	-0.277* 0.000	-0.787* 0.000	0.343* 0.001	-0.338* 0.000	0.284* 0.000	0.614* 0.000	-0.563* 0.000	-0.414* 0.000	1.000					
10 tdesempleo_bolivia	-0.407* 0.003	-0.197 0.174	0.055 0.701	-0.501* 0.000	0.080 0.571	-0.269 0.054	-0.090 0.526	0.148 0.294	0.008 0.952	1.000				
11 log_PIB_CHN	0.334* 0.000	0.892* 0.000	0.955* 0.000	0.903* 0.000	-0.013 0.845	-0.803* 0.000	0.532* 0.000	0.442* 0.000	-0.791* 0.000	0.176 0.226	1.000			
12 log_PIB_INDO	0.397* 0.000	0.935* 0.000	0.758* 0.000	0.721* 0.000	-0.164* 0.016	-0.802* 0.000	0.635* 0.000	0.484* 0.000	-0.798* 0.000	0.215 0.137	0.980* 0.000	1.000		
13 log_PIB_IND	0.383* 0.000	0.897* 0.000	0.925* 0.000	0.881* 0.000	-0.046 0.499	-0.763* 0.000	0.550* 0.000	0.466* 0.000	-0.777* 0.000	0.237 0.101	0.988* 0.000	0.980* 0.000	1.000	
14 log_PIB_USA	0.328* 0.000	0.809* 0.000	0.959* 0.000	0.909* 0.000	0.117 0.085	-0.679* 0.000	0.432* 0.000	0.405* 0.000	-0.735* 0.000	0.170 0.242	0.957* 0.000	0.904* 0.000	0.962* 0.000	1.000

(* indica significancia estadística de la correlación al 5%)

Fuente: Elaboración propia

4.3 Modelos que serán estimados en la proyección de la demanda.

A continuación, se presentan los modelos que quedan pendientes de estimar para proyectar la demanda, una vez que se prueben más variables en el modelo Mínimos Cuadrados Ordinarios como precios de operaciones, actividad de Arica y precios de algunos productos agroindustriales.

4.2 Modelos de regresión: Mínimos Cuadrados Ordinarios

La primera metodología de estimación es Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) con un modelo logarítmico, es decir, se expresan en logaritmos tanto la variable dependiente como las variables explicativas, también llamado modelo log-log. La variable dependiente es el logaritmo de las operaciones totales del Puerto de Iquique. Aunque también se probarán modelos por tipo de producto y actividad. Como variables explicativas o independientes se prueban diversas variables portuarias como el número de operaciones, precio del petróleo u otras variables de operación del puerto en la medida que estén disponibles. Como variables explicativas económicas se consideran la actividad económica (PIB), la población y otras variables explicativas como el desempleo, precio del cobre, PIB socios comerciales y del hinterland. Las otras variables explicativas se representan en el vector Z_t . El modelo MCO log-log se puede escribir de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{Log}(\text{operaciones})_t = & \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(\text{PIB Chile})_t + \beta_2 \text{Log}(\text{PIB Bolivia})_t + \\ & \beta_3 \text{Log}(\text{Precios Puerto Iqq})_t + \beta_4 \text{Log}(\text{Precios Puerto Arica})_t + \\ & \beta_5 \text{Log}(\text{Operaciones Arica})_t + \beta_6 \text{Log}(\text{Tipo de cambio})_t + \beta_7 Z_t + \varepsilon_t \quad (1) \end{aligned}$$

Donde, el subíndice t indica la unidad de tiempo mensual, ε es un término de error y el vector Z mide otras variables explicativas que impactan el movimiento total de carga a través del vector de coeficientes β_7 . El modelo log-log, es conveniente pues permite conocer directamente las elasticidades y reduce la varianza de las observaciones, aspecto relevante cuando hay considerable variabilidad, pudiéndose corregir la heterogeneidad en los errores al permitir que la varianza de

los errores sea relativamente más homogénea. En este modelo los coeficientes β_s representan directamente las elasticidades. Por ejemplo, β_1 representa la elasticidad entre la operación y el PIB de Chile, es decir, el efecto porcentual en las operaciones del puerto de un cambio porcentual de $x\%$ en el PIB.

El Cuadro N°3 presenta 8 estimaciones del modelo de demanda básico, usando como variable dependiente las operaciones totales del Puerto de Iquique en toneladas. Las variables explicativas usadas son las ventas de ZOFRI, el IMACEC de Chile, la actividad económica de Bolivia, el tipo de cambio de Chile y Bolivia, la tasa de desempleo de Chile y Bolivia, el precio del petróleo y cobre, dummy del término de la pavimentación de la ruta a Oruro, y los PIB de China, Indonesia, India, Tailandia, y Estados Unidos. Todas las variables están en logaritmos. Llama la atención que la única variable que es altamente significativa y positiva al 1% para explicar la actividad en el Puerto de Iquique, es la actividad económica de Bolivia (\log_IGAE_bol). Todas las demás variables no son significativas, esto estaría indicando que el modelo o está mal especificado, existiendo endogeneidad en algunas variables o que faltan variables explicativas como la actividad del Puerto de Arica y los precios de las operaciones de Iquique y Arica. Estas variables aún no están disponibles para que sean incorporadas en esta versión del estudio.

**Cuadro N°3: Modelos de regresión con Mínimos Cuadrados Ordinarios
considerando como variable dependiente todo el movimiento de carga del
Puerto de Iquique**

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(4)	(6)	(7)	(8)
	log_operacion	log_operacion	log_operacion	log_operacion	log_operacion	log_operacion	log_operacion	log_operacion
log_zofri	0.328*** (0.0346)	0.813*** (0.172)	0.784*** (0.169)	1.003*** (0.217)	0.288 (0.199)	0.270 (0.226)	0.281 (0.229)	0.169 (0.224)
log_IMACEC		1.364** (0.547)	-0.215 (0.942)	-0.844 (1.015)	-1.168 (1.027)	-1.078 (1.094)	-1.131 (1.105)	0.263 (1.564)
log_IGAE_bol			0.760** (0.372)	0.534 (0.407)	0.844** (0.337)	0.847** (0.374)	0.894** (0.384)	0.984** (0.364)
log_tc_chile				0.606 (0.383)	0.419 (0.377)	0.525 (0.568)	0.660 (0.610)	0.401 (0.665)
log_tc_bolivia				-8.568 (7.195)	-8.509 (10.42)	-6.067 (13.40)	-7.142 (13.61)	1.999 (13.59)
tdesempleo_bolivia					-0.0335 (0.0342)	-0.0350 (0.0363)	-0.0263 (0.0390)	-0.0341 (0.0424)
tdesempleo_chile					0.0744 (0.0480)	0.0841 (0.0542)	0.118 (0.0759)	0.0602 (0.0778)
log_petroleo						-0.0700 (0.176)	-0.117 (0.193)	-0.00688 (0.208)
log_cobre						0.136 (0.378)	0.357 (0.515)	-0.0203 (0.506)
o.Dummy_2009							-	-
Dummy_Pisaga2017							-0.0698 (0.109)	-0.214 (0.131)
log_CHN								-3.531 (3.924)
log_INDO								-4.894 (5.133)
log_IND								4.697 (2.916)
log_TAI								3.172 (4.647)
o.log_USA								-
Constant	10.34*** (0.191)	1.102 (2.768)	4.337 (3.145)	74.95 (62.57)	80.46 (97.62)	56.14 (127.4)	61.80 (128.7)	-9.550 (124.0)
Observations	216	84	84	84	49	49	49	49
R-squared	0.296	0.255	0.292	0.319	0.547	0.549	0.554	0.651

* significancia al 10%; ** significancia al 5%, *** significancia al 1%

Fuente: elaboración propia

El Cuadro N°4 presenta 4 estimaciones por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) por tipo de operación, es decir, se usa como variable dependiente en la ecuación (1) el movimiento de carga de contenedores, en la ecuación (2) la carga fraccionada, en la ecuación (3) la carga de autos y en la ecuación (4) el granel sólido. No se presenta la estimación del granel líquido por quedar mal especificada y representar menos del 1% del movimiento del movimiento de carga. La primera ecuación es la más representativa del puerto pues los contenedores representan más del 80% del movimiento del puerto. Se observa que la actividad económica de Bolivia y el tipo de cambio de Perú son las variables significativas al 1% y 5%, respectivamente. En la ecuación (2) solo la variable que representa el mejoramiento de la carretera a Oruro es significativa. En la ecuación (3) en importación de autos, son significativas la tasa de desempleo, el precio del cobre, y los PIB de Argentina, Paraguay, China e India. Finalmente, en la ecuación (4) son significativas el precio del petróleo, la dummy que representa el mejoramiento de la ruta, y el PIB de Argentina, Paraguay, China e India.

El Cuadro N°5 presenta 5 estimaciones por MCO por tipo de actividad, es decir, se usa como variable dependiente en la ecuación (1) exportaciones, en la ecuación (2) importaciones, en la ecuación (3) mercancías en tránsito, en la ecuación (4) transbordo y en la ecuación (5) falso embarque/desembarque. En la primera ecuación son estadísticamente significativas la actividad económica de Chile y Bolivia, el tipo de cambio de Perú, el precio del cobre, la dummy que controla por el arreglo de la ruta y los PIB de Paraguay e India. Llama la atención en la ecuación (2) con la variable dependiente importaciones, que ninguna variable es significativa, esto puede estar indicando la falta de variables relevantes como los precios, variables de operación del Puerto de Iquique y Arica, y el precio de algunos productos agroindustriales que exporta Bolivia. En la ecuación (3) con variable dependiente tránsito, son significativas, la actividad económica de Bolivia, la tasa de desempleo de Bolivia y el PIB de India. En la ecuación (4) con variable dependiente transbordos, tiene como variables significativas el tipo de cambio de Perú, el desempleo de Brasil, la dummy del arreglo de la ruta y el PIB de India. Finalmente, en la ecuación (5) con variable dependiente el falso

embarque/desembarque, las variables significativas son la actividad económica de Bolivia, el tipo de cambio de Perú y la dummy del arreglo de la ruta.

Cuadro N°4: Modelos de regresión con Mínimos Cuadrados Ordinarios considerando como variables dependientes el movimiento de carga por tipo de producto

VARIABLES	(1) log_contenedores	(2) log_fraccionada	(3) log_autos	(4) log_granel_sólido
log_IMACEC	0.598 (1.594)	2.357 (3.124)	2.404 (3.987)	25.63 (15.64)
log_IGAE_Bol	1.028*** (0.327)	1.084 (0.642)	0.0670 (0.819)	5.557 (5.122)
log_tc_Chile	1.231 (0.731)	0.177 (1.433)	2.041 (1.829)	0.0235 (7.167)
log_tc_Bolivia	0.427 (12.27)	175.3 (188.2)		
log_tc_Perú	4.487** (2.019)	4.953 (3.958)	0.959 (5.051)	37.75 (35.53)
log_tc_Brasil	0.0389 (0.443)	0.404 (0.868)	0.171 (1.107)	7.927 (8.185)
tdeempleo_Bolivia	0.0513 (0.0378)	0.00455 (0.0742)	0.00197 (0.0946)	0.837 (0.624)
tdeempleo_Chile	0.0218 (0.0816)	0.0163 (0.160)	0.475** (0.204)	2.466 (1.348)
tdeempleo_Perú	0.000797 (0.0132)	0.0219 (0.0259)	0.0285 (0.0331)	0.0873 (0.124)
tdeempleo_Brasil	0.0298 (0.0308)	0.0133 (0.0603)	0.0837 (0.0770)	0.696 (0.673)
log_Petroleo	0.151 (0.199)	0.364 (0.390)	0.439 (0.498)	5.325* (2.382)
log_cobre	0.126 (0.464)	0.353 (0.910)	2.272* (1.162)	16.92 (10.16)
Dummy_Pisiga2017	0.135 (0.121)	0.485** (0.238)	0.319 (0.303)	3.649* (1.714)
log_ARG	0.770 (1.067)	0.339 (2.091)	6.558** (2.669)	59.26** (23.17)
log_PAR	2.067 (2.662)	2.324 (5.217)	14.88** -6658	121.5* (55.05)
log_CHN	1.937 (2.519)	2.364 (4.938)	14.99** (6.303)	132.0* (55.19)
log_IND	1.845 (1.357)	3.403 (2.661)	9.488*** (3.396)	74.46** (29.10)
tc_Bolivia	0.00148 (0.00347)	0.00434 (0.00443)		
Constant	21.91 (118.3)	27.85 (52.71)	10.84 (67.28)	1,215 (1,686)
Observations	49	49	49	24
R-squared	0.744	0.402	0.565	0.874

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°5: Modelos de regresión con Mínimos Cuadrados Ordinarios considerando como variables dependientes el tipo de actividad

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	log_exportaciones	log_importaciones	log_transito	log_ts	log_falsoed
log_IMASEC	9.189*** (2.712)	1.074 (2.194)	24.37 (20.74)	1.854 (1.982)	
log_IGAE_bol	1.559*** (0.557)	0.451 (0.451)	1.736** (0.661)	1.303 -4.570	1.480*** (0.407)
log_tc_chile	1.874 (1.244)	0.796 (1.007)	1.845 (1.476)	9.233 (9.646)	1.255 (0.909)
log_tc_bolivia	15.58 (20.88)	16.57 (24.77)	1.970 (15.26)		
log_tc_perú	8.039** (3.435)	3.180 (2.780)	0.0201 (4.075)	50.63* (26.58)	4.448* (2.511)
log_tc_brasil	0.0672 (0.753)	0.214 (0.609)	1.206 (0.893)	2.347 -5.915	0.201 (0.550)
tdeseempleo_bolivia	0.105 (0.0643)	0.0496 (0.0521)	0.149* (0.0763)	0.328 (0.503)	0.0331 (0.0470)
tdeseempleo_chile	0.206 (0.139)	0.165 (0.112)	0.104 (0.165)	0.00215 (1.188)	0.0138 (0.102)
tdeseempleo_perú	0.00150 (0.0225)	0.0153 (0.0182)	0.0227 (0.0267)	0.157 (0.174)	0.00287 (0.0164)
tdeseempleo_brasil	0.0185 (0.0524)	0.0169 (0.0424)	0.0534 (0.0621)	0.818* (0.407)	0.00373 (0.0383)
log_petroleo	0.357 (0.339)	0.129 (0.274)	0.212 (0.402)	2.723 (2.853)	0.323 (0.248)
log_cobre	1.396* (0.790)	0.543 (0.639)	0.819 (0.937)	3.698 (6.360)	0.0326 (0.577)
Dummy_Pisiga2017	0.591*** (0.206)	0.173 (0.167)	0.310 (0.245)	3.110* (1.621)	0.369** (0.151)
log_PER	2.357 (8.381)	1.548 (6.781)	49.22 (66.34)	6.764 (6.126)	
log_PAR	5.342** (2.618)	0.542 (2.118)	17.55 (22.03)	3.110 (1.914)	
log_CHN	3.240 (2.561)	1.041 (2.072)	1.928 (3.038)	5.615 (19.71)	0.261 (1.872)
log_IND	4.615* (2.390)	0.0579 (1.934)	44.37** (18.84)	3.653** (1.747)	
tc_bolivia	0.00191 (0.00244)	0.0516 (0.000)			
log_INDO	3.639 (0.000)				
Constant	157.3 (205.7)	39.74 (42.88)	205.4 (244.0)	2,395 (1,657)	0.351 (150.4)
Observations	49	49	49	45	49
R^2	0.597	0.495	0.897	0.776	0.602

Errores estándar entre paréntesis. $p < 0.1$ (*); $p < 0.05$ (**); $p < 0.01$ (***)

Fuente: Elaboración propia

4.3.1 Modelo Auto-regresivos con Media Móvil ARIMA (p, d, q)

El segundo modelo que se utilizará de forma exploratoria es el modelo Auto-regresivo con Media Móvil ARIMA (p, d, q), el cual es univariado pues solo considera la serie operaciones del Puerto de Iquique. Con el test de Dickey-Fuller se prueba la estacionariedad de las series, se construyen correlogramas y correlogramas parciales de las series estacionarias y de acuerdo a su comportamiento justificarán el grado de rezagos auto-regresivos de la variable dependiente (representados por el parámetro p) y de media móvil (representados por q). El modelo ARIMA se puede expresar de la siguiente forma:

$$Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \rho_i Y_{t-i} + \varepsilon_t + \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} \quad (2)$$

Donde, Y_t representa la variable dependiente medida a través de la serie de tiempo operaciones del Puerto de Iquique, α es la constante del modelo, Y_{t-i} es la variable dependiente rezagada i periodos. En esta especificación, el término estocástico de error ε_t es ruido blanco con distribución normal, media cero y varianza constante. El supuesto de esta especificación es que la serie es estacionaria, lo cual se comprueba con el test de raíz unitaria de Dickey-Fuller (después de tomar diferencia de la serie original d veces). Mediante la estimación de diversos modelos, se busca encontrar los parámetros p y q que mejor se ajusten a los datos y que servirán de base para estimar los valores de los parámetros α , ρ_i y θ_j a través de la metodología de máxima verosimilitud.

Una vez estimados los diversos modelos ARIMA, se usan los tradicionales criterios de información de Akaike y de Schwarz para escoger el modelo más parsimonioso, es decir, que presente buen ajuste de los datos con un número reducido de parámetros. Se preferirá el que posea el menor criterio de información para un valor dado de parámetros a estimar en el modelo (k) y número de datos (n).

El problema del modelo ARIMA es que no se beneficia de las variables explicativas económicas ni portuarias que pueden estar influyendo en la determinación y proyección de la carga del puerto, sino que modela la serie solo en función de su comportamiento pasado.

4.3.2 Modelo de Vectores Auto-regresivos

El modelo de Vectores Auto-regresivos (VAR) además de la variable explicativa rezagada, incorpora otras variables explicativas, el que se puede representar de la siguiente forma:

$$Y_t = \delta_1 + \theta_{11}Y_{t-1} + \theta_{12}X_{t-1} + \varepsilon_{1t} \quad (3)$$

$$X_t = \delta_2 + \theta_{21}Y_{t-1} + \theta_{22}X_{t-1} + \varepsilon_{2t} \quad (4)$$

Donde, ε_{1t} y ε_{2t} son procesos estocásticos ruido blanco que pueden estar correlacionados entre sí, aunque son independientes de los procesos X_t e Y_t . Este modelo es auto-regresivo de primer orden en la variable dependiente Y_t (operación del puerto) y las variables dependientes se denotan como X_t . Con este modelo se estiman los coeficientes que tienen incidencia en el pasado y de forma contemporánea sobre la variable de interés y también la dependencia de la variable en el tiempo.

El modelo VAR anterior, es la especificación más básica para un vector auto-regresivo de primer orden. Adicionalmente, se extenderán en el estudio tanto el número de períodos rezagados a órdenes adicionales como el número de rezagos del vector asociado a los errores, haciendo del modelo un vector auto-regresivo con media móvil.

Finalmente, se estimará una serie de distintos modelos bajo distintos supuestos funcionales, se determinará los que cumplan con el mejor ajuste para el grupo de datos particular utilizando los criterios de información de Akaike y Schwarz mencionados anteriormente, obteniendo distintos modelos para distintos segmentos

de datos, con propiedades estadísticas particulares al problema analizado (técnica “bottom-up” aérea en el corto y mediano plazo o técnica “top-down” a largo plazo).

Las tres metodologías anteriormente mencionadas (MCO, ARIMA y VAR) son comparadas en cuanto a su poder predictivo en el pasado mediante la construcción del error cuadrático medio (que compara la diferencia entre los valores observados y los proyectados en el pasado).

5. Conclusiones

El Puerto de Iquique, es uno de los terminales portuarios más importante de Chile, con una ubicación estratégica al encontrarse cercano a los países limítrofes del norte del país. Durante el año 2019, se observa que más del 80% de su movimiento es a través de contenedores y si se considera tipo de actividad, un 45% son importaciones, más de un 25% mercadería en tránsito, que se han expandido fuertemente en los últimos años, y un 20% de exportaciones, actividad que ha venido reduciendo sostenidamente su participación en los últimos 18 años (Figura N°8). El presente informe caracteriza las variables, estima correlaciones y desarrolla los primeros modelos de demanda del puerto con la metodología de Mínimos Cuadrados Ordinarios para analizar la significancia estadística de modelos log-log.

Se hacen tres tipos de estimaciones, 1) usando como variable dependiente el total de movimiento de carga del puerto, 2) variable dependiente por tipo de productos: contenedores, fraccionada, autos, y sólidos, y 3) por tipo de actividad del puerto, donde se usa como variable dependiente: exportaciones, importaciones, mercadería en tránsito, transbordo y falso embarque/desembarque.

Como variables explicativas se usan ventas de ZOFRI, actividad económica de Chile y Bolivia, tipo de cambio real de Chile y los países del Hinterland, precio del petróleo, precio del cobre, tasa de desempleo de Chile y los países del Hinterland y Producto Interno Bruto de los principales países de destino de las exportaciones (China, Indonesia, India, Corea del Sur, EE.UU. y Tailandia).

En los primeros modelos estimados se encuentra que la actividad económica de Bolivia es altamente significativa, y la dummy que controla por el arreglo de la carretera que conecta con Oruro, también algunos tipos de cambios, el precio del cobre, precio del petróleo y algunos PIB de países de destino de exportaciones.

Para la siguiente etapa del modelamiento de la demanda, se considera que es muy importante la incorporación de variables como el precio mensual por producto del puerto, algunos parámetros de operación del puerto y el movimiento de carga mensual del puerto de Arica, puesto que se está observando alta actividad de

mercadería en tránsito que probablemente son sustitutas del puerto de Arica. Esperamos contar con estas variables para proyectar la demanda con mayor precisión. Además, se incorporarán en los modelos, la incidencia de la pandemia del Covid-19 en los movimientos de carga de los puertos de Iquique, de Arica y el mundo.

Finalmente, es conveniente evaluar también los precios de los commodities agroindustriales que se producen en Bolivia (Santa Cruz), como la soja, aceites vegetales, alcohol, sorgo, maíz, arroz, entre otros. Sus precios varían conforme las Bolsas de granos de Chicago-USA y de Rosario-Argentina dado que el Puerto de Arica posee un movimiento de graneles bolivianos significativo. Lo anterior, porque la mayoría de estos productos son graneles y el costo de transporte terrestre tiene una importancia relativa respecto a los precios de estos commodities. Lo anterior es relevante para la toma de decisiones de los agentes en la elección del puerto a embarcar, donde Iquique, Arica o la Hidrovía podrían ser sustitutos.

6. Referencias

Al-Deek, H. M. (2001). Which method is better for developing freight planning models at seaports—neural networks or multiple regression? *Transportation research record*, 1763(1), 90-97.

Ashar, A. (2001). Strategic pricing in newly privatised ports. *International journal of maritime economics*, 3(1), 52-78.

Banco Mundial. Base de datos variables económicas internacionales internacionales <https://data.worldbank.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CD>

CAMPOR (2015). Desafíos para la conectividad del Comercio Exterior. Hacia una Visión Integradora del Sector Marítimo Portuario <http://www.camport.cl/sitio/wp-content/uploads/2015/03/PUBLICACION.pdf>

Carrillo, I., & Santander, A. (2017). Modernización portuaria en Chile. *Síntesis tecnológica*, 2(2), 63-68.

Chang, Y. T., Tongzon, J., Luo, M., & Lee, P. T. W. (2012). Estimation of optimal handling capacity of a container port: an economic approach. *Transport Reviews*, 32(2), 241-258.

Chang, V., & Tovar, B. (2014a). Drivers explaining the inefficiency of Peruvian and Chilean ports terminals. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 67, 190-203.

Chang, V., & Tovar, B. (2014b). Efficiency and productivity changes for Peruvian and Chilean ports terminals: A parametric distance functions approach. *Transport Policy*, 31, 83-94.

Chen, S. H., & Chen, J. N. (2010). Forecasting container throughputs at ports using genetic programming. *Expert Systems with Applications*, 37(3), 2054-2058.

Cobrosos Vicente, L. (2017). Estimación de costes marginales y elasticidades de demanda para un análisis de precios Ramsey: una aplicación para los puertos españoles. Tesis de grado, Universidad de Cantabria.

De Langen, P. W., & Pallis, A. A. (2007). Entry barriers in seaports. *Maritime Policy & Management*, 34(5), 427-440.

De Weille, J., & Ray, A. (1974). The optimum port capacity. *Journal of Transport Economics and Policy*, 244-259.

Gosasang, V., Chandraprakaikul, W., & Kiattisin, S. (2011). A comparison of traditional and neural networks forecasting techniques for container throughput at Bangkok port. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 27(3), 463-482.

- Haralambides, H. E. (2002). Competition, excess capacity, and the pricing of port infrastructure. *International journal of maritime economics*, 4(4), 323-347.
- Hui, E. C., Seabrooke, W., & Wong, G. K. (2004). Forecasting cargo throughput for the port of Hong Kong: error correction model approach. *Journal of urban planning and development*, 130(4), 195-203.
- Kaselimi, E. N., Notteboom, T. E., Pallis, A. A., & Farrell, S. (2011). Minimum Efficient Scale (MES) and preferred scale of container terminals. *Research in Transportation Economics*, 32(1), 71-80.
- Klodzinski, J., & Al-Deek, H. M. (2003). Transferability of an intermodal freight transportation forecasting model to major Florida seaports. *Transportation research record*, 1820(1), 36-45.
- Korea Shipping Gazette, 2013. (http://www.ksg.co.kr/news/news_print.jsp?bbsID=news&bbsCategory=KSG&pNum=88579).
- Lam, W. H., Ng, P. L., Seabrooke, W., & Hui, E. C. (2004). Forecasts and reliability analysis of port cargo throughput in Hong Kong. *Journal of urban Planning and Development*, 130(3), 133-144.
- Liu, L., & Park, G. K. (2011). Empirical analysis of influence factors to container throughput in Korea and China ports. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 27(2), 279-303.
- Ministerio de Hacienda Chile (2018). Anuario Estadístico 2018. Servicio Nacional de Aduanas, Chile.
https://www.aduana.cl/aduana/site/docs/20181214/20181214113928/anuario_estadi%CC%81stico_servicio_nacional_de_Servicio_Nacional_de_Aduanas_2018.pdf
- Núñez-Sánchez, R. (2013). Marginal costs, price elasticities of demand, and second-best pricing in a multiproduct industry: An application for Spanish port infrastructure. *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, 47(3), 349-369.
- Patil, G. R., & Sahu, P. K. (2016). Estimation of freight demand at Mumbai Port using regression and time series models. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20(5), 2022-2032.
- Porter, M.E. (1998). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press, New York.
- Rodríguez-Álvarez, A., Tovar, B., & Wall, A. (2011). The effect of demand uncertainty on port terminal costs. *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, 45(2), 303-328.
- Seabrooke, W., Hui, E. C., Lam, W. H., & Wong, G. K. (2003). Forecasting cargo growth and regional role of the port of Hong Kong. *Cities*, 20(1), 51-64.

Seo, Y. J., & Park, J. S. (2016). The estimation of minimum efficient scale of the port industry. *Transport Policy*, 49, 168-175.

Wilmsmeier, G., & Sanchez, R. J. (2017). Evolution of national port governance and interport competition in Chile. *Research in Transportation Business & Management*, 22, 171-183.

Anexos

Anexo 1. Estadística descriptiva de las variables

Variable	Unidad de medida	Obs	Media	Desv. Estándar	Mín	Máx
Total Operación	(Ton)	218	193276,30	42171,54	47385,00	325838,00
Exportaciones	(Ton)	218	58684,53	16812,43	1726,00	157594,00
Importaciones	(Ton)	218	97766,97	24897,43	32760,00	166699,00
Cabotaje	(Ton)	218	1421,74	2632,90	0,00	14668,00
Tránsito	(Ton)	218	16990,58	13805,32	2040,00	68188,00
Transbordos	(Ton)	218	816,50	1141,90	0,00	7235,00
Falso Emb/Desem	(Ton)	218	17596,03	5776,82	3693,00	35016,00
Contenedores	(Ton)	218	143796,90	34973,31	36714,00	232515,00
Fraccionada	(Ton)	218	23743,24	8153,84	3411,00	63896,00
Automóviles	(Ton)	218	14034,61	5981,61	1388,00	28562,00
Granel Sólido	(Ton)	218	8659,12	13816,23	0,00	88588,00
Granel Líquido	(Ton)	218	3042,49	3527,82	0,00	18046,00
Ventas Zofri	MM US\$ CIF	216	262,81	89,95	85,00	432,00
Chile - IMACEC	%	88	-0,00013	0,01495	-0,08300	0,03900
Perú - IPN	%	87	-0,00071	0,06451	-0,27700	0,10900
Argentina - EMAE	%	87	-0,00066	0,00293	-0,00600	0,00500
Brasil - INA	%	84	-0,00432	0,03895	-0,23100	0,14100
Bolivia - EGAE	%	87	-0,00077	0,06718	-0,20100	0,12700
Tipo Cambio Chile	Peso doméstico/US\$	222	592,50	887,08	442,94	853,38
Tipo Cambio Perú	Peso doméstico/US\$	222	3,13	0,28	2,55	3,62
Tipo Cambio Argentina	Peso doméstico/US\$	222	11,03	15,01	1,07	72,20
Tipo Cambio Brasil	Peso doméstico/US\$	222	2,67	0,85	1,55	5,49
Tipo Cambio Bolivia	Peso doméstico/US\$	222	7,09	0,65	4,02	8,07
Precio Internacional Petróleo	US\$ por barril	222	66,13	27,15	19,15	132,83
Precio Internacional Cobre	US\$ por tonelada	222	5701,02	2201,48	1,71	9867,60
Población Chile	Millones personas	216	17,21	0,99	15,69	19,11
Población Perú	Millones personas	216	29,67	1,80	26,74	33,05
Población Argentina	Millones personas	216	41,57	2,03	37,81	44,69
Población Brasil	Millones personas	216	195,27	9,75	178,50	210,14
Población Bolivia	Millones personas	216	10,05	0,88	8,65	11,35
Tasa Desempleo Chile	%	210	7,73	1,38	5,80	12,20
Tasa Desempleo Bolivia	%	52	4,95	0,66	4,00	6,00
Tasa Desempleo Perú	%	120	6,86	1,19	5,40	13,10
Tasa Desempleo Brasil	%	218	9,26	2,72	4,30	13,70
Tasa Desempleo Paraguay	%	93	7,55	1,02	5,50	9,30
PIB p/c Perú	Millones de US\$	216	4927,01	1795,31	2021,24	6977,70
PIB p/c Argentina	Millones de US\$	216	9493,07	3790,95	2593,40	14591,86
PIB p/c Bolivia	Millones de US\$	216	2188,38	952,03	904,23	3552,07
PIB p/c Brasil	Millones de US\$	216	8452,57	3208,47	2829,28	13245,61
PIB p/c Chile	Millones de US\$	216	11724,91	3756,97	4446,25	15924,79
PIB p/c Paraguay	Millones de US\$	216	4100,29	1694,97	1300,85	6102,94
PIB p/c China	Millones de US\$	216	5251,11	3060,97	1148,51	10261,68
PIB p/c Indonesia	Millones de US\$	216	2711,64	1114,29	900,18	4135,57
PIB p/c Estados Unidos	Millones de US\$	216	50808,99	7558,98	38023,16	65280,68
PIB p/c India	Millones de US\$	216	1281,82	502,15	470,99	2104,15

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Disponibilidad de datos

Nombre Variable	Unidad de medida	Frecuencia	Argentina	Brasil	Bolivia	Chile	Perú	Paraguay	China	Corea del Sur	Estados Unidos	India	Indonesia
PIB	US\$ precios constantes	Anual	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020
PIB Percápita	US\$ precios constantes	Anual	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020
Crecimiento PIB	Porcentaje(%)	Anual	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020
Tasa de Desempleo	Porcentaje(%)	Anual	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020
Población	MM de habitantes	Anual	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020
Crecimiento PIB	Porcentaje(%)	Trimestral	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020	2000-2020
Tasa de Desempleo	Porcentaje(%)	Trimestral	-	-	oct-2015 mar-2020	-	-	ene-2010 sep-2017	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Actividad Económica	Indicador Base 100	Mensual	ene-204 mayo- 2020	feb-2002 feb-2020	ene-2008 abril-2020	ene-2013 mayo- 2020	ene-2012 mayo- 2020	sep-2014 mayo-2020	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tasa de Desempleo	Porcentaje(%)	Mensual	-	nov-2001 feb-2020	-	ene-2000 jun-2020	jul-2010 jul-2020	-	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tipo de Cambio	Peso doméstico/US\$	Mensual	ene-2000 jun-2020	ene-2000 jun-2020	ene-2000 jun-2020	ene-2000 jun-2020	ene-2000 jun-2020	-	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia

