



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

METODOLOGÍA BASADA EN COSTOS LOGÍSTICOS PARA DETERMINAR EL HINTERLAND: CASO SUDAMÉRICA

JAVIER NICOLÁS VEGA LIRA

Tesis para optar al grado de
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Profesor Supervisor:
ALEJANDRO MAC CAWLEY VERGARA

Santiago de Chile, Agosto 2017

© MMXVII, Javier Nicolás Vega Lira



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

METODOLOGÍA BASADA EN COSTOS LOGÍSTICOS PARA DETERMINAR EL HINTERLAND: CASO SUDAMÉRICA

JAVIER NICOLÁS VEGA LIRA

Tesis presentada a la Comisión integrada por los profesores:

ALEJANDRO MAC CAWLEY VERGARA

SERGIO MATURANA VALDERRAMA

ROSA GONZÁLEZ RAMÍREZ

JAIME NAVÓN COHEN

Para completar las exigencias del grado de
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Santiago de Chile, Agosto 2017

*A mi familia, que siempre me ha
entregado todo su apoyo.*

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo, me gustaría agradecer a mis padres, quienes siempre me han entregado su apoyo incondicional en todos mis proyectos personales, incluyendo este programa de Magíster. Agradecer a mis hermanos y amigos que han sido un pilar fundamental en todos estos años de estudio. También me gustaría agradecer particularmente a mi profesor supervisor Dr. Alejandro Mac Cawley por toda la dedicación y tiempo entregado, siendo un guía y una gran ayuda para resolver todos los problemas relacionados con esta investigación. Realmente muchas gracias a todos.

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Características del comercio marítimo.....	1
1.2. Actualidad del comercio marítimo.....	3
1.3. Importancia del puerto marítimo.....	6
1.4. El hinterland portuario	8
1.5. Factores que afectan el hinterland.....	10
1.6. Definiciones básicas.....	12
1.7. Hipótesis.....	13
1.8. Estructura de la tesis.....	14
2. METODOLOGÍA BASADA EN COSTOS LOGÍSTICOS PARA DETERMINAR EL HINTERLAND: CASO SUDAMÉRICA	15
2.1. Introducción	15
2.2. Revisión bibliográfica	16
2.3. Definición del problema y metodología.....	20
2.3.1. Metodología.....	20
2.3.2. El modelo de costo.....	23
2.4. Datos	24
2.4.1. Costo de transporte terrestre	24
2.4.2. Buque portacontenedores.....	25
2.4.3. Costo portuario	26
2.4.4. Costo de ruta marítima.....	26

2.4.5. Área y PIB de cada país	27
2.5. Resultados	28
2.5.1. Resultados del método euclidiano	28
2.5.2. Resultados del método logístico	31
2.5.3. Comparación entre métodos	33
2.5.4. Análisis de sensibilidad	35
2.6. Discusión.....	39
2.7. Conclusión.....	42
3. CONCLUSIONES GENERALES E INVESTIGACIÓN FUTURA	43
BIBLIOGRAFÍA	45

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1: Comparación productividad trabajo portuario.	2
Tabla 2.1: Obtención costo de transporte terrestre.....	25
Tabla 2.2: Características buque referencia.	25
Tabla 2.3: Costo portuario.....	26
Tabla 2.4: Costo de ruta marítima.....	27
Tabla 2.5: Área y PIB de cada país.	28
Tabla 2.6: Área capturada por cada puerto, método euclidiano.....	29
Tabla 2.7: PIB capturado por cada puerto, método euclidiano.	29
Tabla 2.8: Cambio en el área del hinterland desde Rotterdam, método euclidiano...	30
Tabla 2.9: Área capturada por cada puerto, método logístico.....	32
Tabla 2.10: PIB capturado por cada puerto, método logístico.....	32
Tabla 2.11: Cambio en el área del hinterland desde Rotterdam, método logístico....	32
Tabla 2.12: Cambio del PIB capturado a diferentes costos de combustible.	36
Tabla 2.13: Cambio del PIB capturado a diferentes precios de bunker.	37

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1: Total de mercancías transportadas a nivel mundial.....	4
Figura 1.2: Capacidad de la flota mundial de buques portacontenedores.....	5
Figura 1.3: Hinterland de un puerto.....	8
Figura 1.4: Hinterland principal y margen de competencia.....	9
Figura 2.1: Algoritmo utilizado por el programa.....	22
Figura 2.2: Hinterlands portuarios, método euclidiano.....	29
Figura 2.3: Grafo generado en el método logístico.....	31
Figura 2.4: Hinterlands portuarios, método logístico.....	31
Figura 2.5: Comparativa Rotterdam y Los Angeles.....	33
Figura 2.6: PIB capturado por método, caso Rotterdam.....	34
Figura 2.7: PIB capturado por método, caso Los Angeles.....	35
Figura 2.8: Cambio del hinterland portuario a diferentes costos de combustible.....	36
Figura 2.9: Cambio del hinterland portuario a diferentes precios de bunker.....	37
Figura 2.10: Cambio del PIB capturado a diferentes costos portuarios.....	38
Figura 2.11: Cambio del hinterland portuario a diferentes costos portuarios.....	38

RESUMEN

El transporte marítimo de carga ha sido durante el último siglo el motor del desarrollo económico mundial, gracias a esto ha adquirido una gran importancia. Las características de este transporte han sido de gran ayuda para convertir a los puertos marítimos en importantes centros logísticos de distribución de mercancías. Así resulta fundamental poder delimitar la zona de influencia que cada puerto posee dentro de su región, pues indica la importancia que posee cada puerto frente a sus competidores y determina los beneficios que es capaz de obtener. Esta delimitación se ha hecho en el pasado, sin embargo, no se han realizado investigaciones considerando las rutas reales de una región, ni tampoco considerando los puertos de Sudamérica.

En la presente tesis se propone un modelo para delimitar la zona de influencia de los principales puertos de Sudamérica, considerando dos métodos, uno que considera distancias euclidianas y otro que considera las rutas reales en la región. Luego de esto, se analizaron las diferencias entre estos métodos y se cuantificó el impacto de las principales variables. Esta solución se basa en la idea que la selección portuaria tiene por objetivo principal minimizar los costos totales del transporte intermodal de mercancías. Este modelo puede ser utilizado para delimitar zonas de influencia de puertos en distintas partes del mundo considerando las rutas reales de una región.

Los resultados muestran diferencias considerables entre los dos métodos utilizados, existiendo diferencias de hasta 280 mil millones de dólares en PIB capturado por algunos puertos. También se observa que el costo del combustible tiene un gran impacto en las áreas capturadas. Al duplicar su valor, un puerto puede capturar hasta 99 mil millones de dólares adicionales en PIB. Con respecto al costo portuario, un aumento de esta variable en 4 veces puede significar pérdidas de hasta 26 mil millones de dólares de PIB para algunos puertos, indicando que esta es una interesante variable que puede ser atacada para obtener beneficios.

Palabras Claves: Hinterland portuario, Elección portuaria, Costo del transporte de mercancías, Distancias logísticas, Distancias euclidianas, Modelación.

ABSTRACT

Cargo shipping has been for the last century the engine of global economic development, thanks to this, has acquired a great importance. The characteristics of this transport have been a great help in turning sea ports to important logistic centers for the distribution of goods. In this way, it is essential delimit the area of influence that each port has within its region, because it indicates the importance that each port has in front of its competitors and determines the benefits that it can obtain. This delimitation has been done in the past, however, none has done research considering the actual routes of a region and have not considered the ports of South America.

This thesis proposes a model for delimit the zone of influence of the main ports of South America, considering two methods, one that considers Euclidean distances and another that considers the real routes in the region. After this, the differences between these methods were analyzed and the impact of the main variables was quantified. This solution is based on the idea that the port election is mainly based on the objective of minimizing the full cost of intermodal freight transport. The model can be used to delimit zones of influence of ports in different parts of the world considering the actual routes of a region.

The results show considerable differences between the two methods used, being differences of up to 280 billion dollars in GDP captured for some ports. It is also observed that the fuel cost has a great impact on the captured areas. By doubling it, a port can capture up to an additional of 99 billion dollars in GDP. With respect to the port cost, an increase of this in 4 times can mean losses of up to 26 billion dollars of GDP for some ports, showing that this can be an interesting variable to attack for obtain profits.

Keywords: Port hinterland, Port election, Freight transport cost, Logistic distance, Euclidean distance, Modelling.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Características del comercio marítimo

El transporte de carga ha sido durante el último siglo el motor del desarrollo económico mundial. Llegando a ser, en conjunto con las telecomunicaciones, las bases fundamentales de la globalización. Debido a la morfología de nuestro planeta, el 90% del comercio internacional se lleva a cabo a través de la vía marítima (H. Haralambides, 2007), mientras que los avances tecnológicos en el diseño y construcción de buques, y la consiguiente creación de estos a mayor tamaño, han promovido aún más el crecimiento de este sector en el último tiempo.

La industria naviera se clasifica en dos mercados principales: El mercado de carga a granel (*bulk shipping*), dedicado principalmente al transporte de materias primas, como carbón, granos, hierro y petróleo; y el mercado de carga general (*liner shipping*), dedicado al transporte de productos finales y semi-finales, como computadores, textiles y producción manufacturera en general. El mercado de carga a granel, se caracteriza por dar un servicio basado en la demanda, utilizando grandes y poco sofisticados barcos para el transporte de sus productos, requiere una mínima infraestructura y genera los mayores volúmenes de carga. Por otra parte, el mercado de carga general, se caracteriza por dar un servicio basado en la oferta, entregando un transporte a una frecuencia fija por un determinado precio (H. E. Haralambides, 2004), requiere una amplia infraestructura en términos de terminales, instalaciones para el manejo de carga, buques y agencias

La introducción del contenedor en los años 60 en el mercado de carga general, produjo una real revolución en el transporte mundial de bienes. Los bienes comenzaron a ser transportados en cajas metálicas, de dimensiones estándar, siendo la más común la de 8x8x20 pies, llamada TEU. La penetración de los contenedores en los productos de carga general aumentó notablemente: desde un 20% en la década de 1960 a alrededor de un 90% en el año 2015 (H. E. Haralambides, 2004), al mismo tiempo los buques de carga general comenzaron a reemplazarse por buques contenedores especializados de cada vez mayores tamaños.

El contenedor logró disminuir los costos de transporte y aumentar notablemente la productividad portuaria, lo que generó grandes ganancias en estas actividades. En la tabla 1.1 se muestra la productividad del trabajo portuario en la costa oeste de Estados Unidos antes y después de la introducción de los contenedores (H. E. Haralambides, 2004).

Tabla 1.1: Comparación productividad trabajo portuario.

Año	Horas laborales [millones]	Toneladas de carga [millones]
1960	29	29
1990	15	175

Además, la compatibilidad intermodal del contenedor generó la aparición de servicios de transporte de contenedores “puerta a puerta”, donde se asegura que las mercancías serán recogidas y entregadas en los puntos acordados por el cliente. En este tipo de servicio, la naviera es la responsable de interactuar con el resto de los agentes involucrados en la cadena de transporte.

Luego de esto, el crecimiento considerable de la capacidad de los buques portacontenedores generó una racionalidad en el diseño de las rutas marítimas y una mejoría de los servicios, acentuando la selectividad de los puertos y la concentración de las cargas en determinadas áreas. Esto produjo una reducción del número de escalas, una disminución en el tiempo de viaje y una polarización de las cargas de mercancías en un número reducido de puertos, dando lugar al desarrollo de redes *hub and spoke* (Park & Medda, 2015).

Una red *hub and spoke* es un sistema de conexión, basado en pocos nodos centrales (*hubs*) que se conectan entre sí y a la vez estos se encargan de conectar los nodos de menor importancia, o periféricos, entre ellos (*spokes*). Estos puertos *hubs* son puertos de gran capacidad que consiguen concentrar carga cuyo origen o destino sobrepasa su zona de influencia tradicional. (González Laxe, Castillo Manzano, & López Valpuesta, 2006)

Las características del comercio marítimo internacional, ha sido de gran aporte para los principales puertos marítimos, convirtiéndolos en importantes centros logísticos

de distribución de mercancías. Posicionándolos como agentes determinantes tanto en la eficiencia final del sistema como en el crecimiento económico de las regiones a las que sirven. Esto a su vez, desató una competencia portuaria, caracterizada por importantes inversiones de capacidad, regalías tarifarias y disminución de costos, con el fin de volverse atractivos para las navieras de la zona y poder tener una mayor zona de influencia.

La zona de influencia capturada por un puerto o también llamada hinterland, es el área sobre la cual un puerto define la mayor parte de su negocio. La relación puerto-hinterland se ha convertido en un componente fundamental en la distribución de mercancías (T. E. Notteboom, 2008), ya que a mayor hinterland capturado por un puerto mayores beneficios son obtenidos por este.

1.2. Actualidad del comercio marítimo

El transporte marítimo de mercancías es actualmente la industria de transporte más importante del mundo, esto debido a que es el medio más utilizado en el comercio internacional de mercancías. En los último 60 años, esta industria ha experimentado importantes desarrollos tecnológicos, los cuales han reducido sus costos y aumentado su productividad (Stopford, 2009), promoviendo una gran expansión del comercio marítimo internacional.

En el año 2015 se transportaron 10.033 millones de toneladas de mercancías a través del mar. Este valor tuvo un crecimiento de un 41% con respecto al año 2005 y de un 112% con respecto al año 1995 (UNCTAD, 2017). Estas cifras reflejan el gran crecimiento que ha experimentado el comercio internacional. En la figura 1.1 se puede observar detalladamente la variación de este valor a través del tiempo.

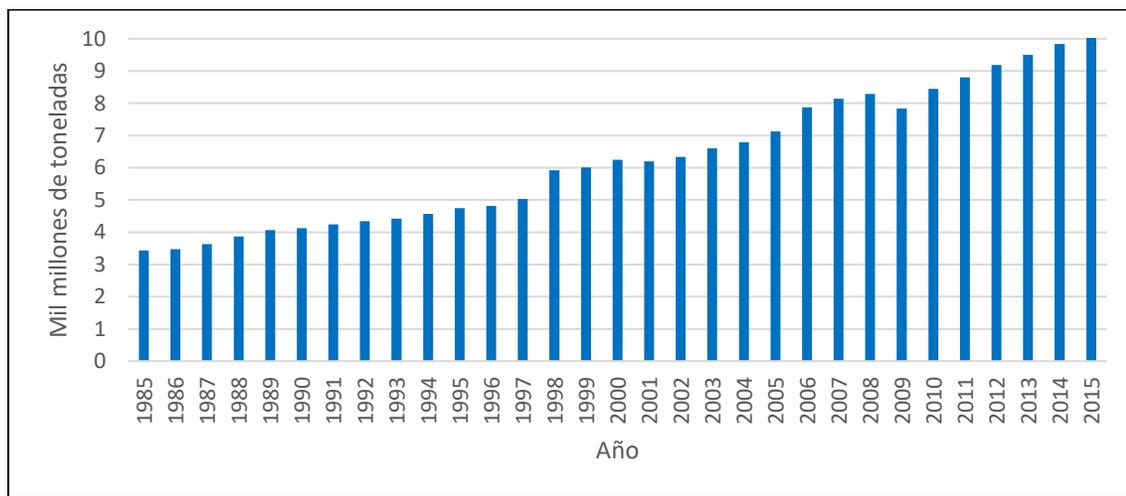


Figura 1.1: Total de mercancías transportadas a nivel mundial.

Con respecto al transporte de mercancías en buques portacontenedores, este ha tenido un crecimiento explosivo en los últimos años. A pesar de que el concepto del contenedor fue introducido en los años 60, recién en los años 90 la flota mundial de estos buques comenzó a tener un crecimiento significativo, esto debido a la instauración del sistema de rutas *hub and spoke* y de la fabricación de buques de capacidades cada vez mayores.

En el año 2016 la flota mundial de buques portacontenedores era equivalente a 244 millones de toneladas de peso muerto (UNCTAD, 2017). Con respecto al año 2006 este valor tuvo un crecimiento de un 117% y con respecto al año 1996 este valor creció un 458%, es decir, en 20 años casi se sextuplicó. En la figura 1.2 se muestra el crecimiento que ha tenido la capacidad de la flota mundial de estos buques en los últimos años.

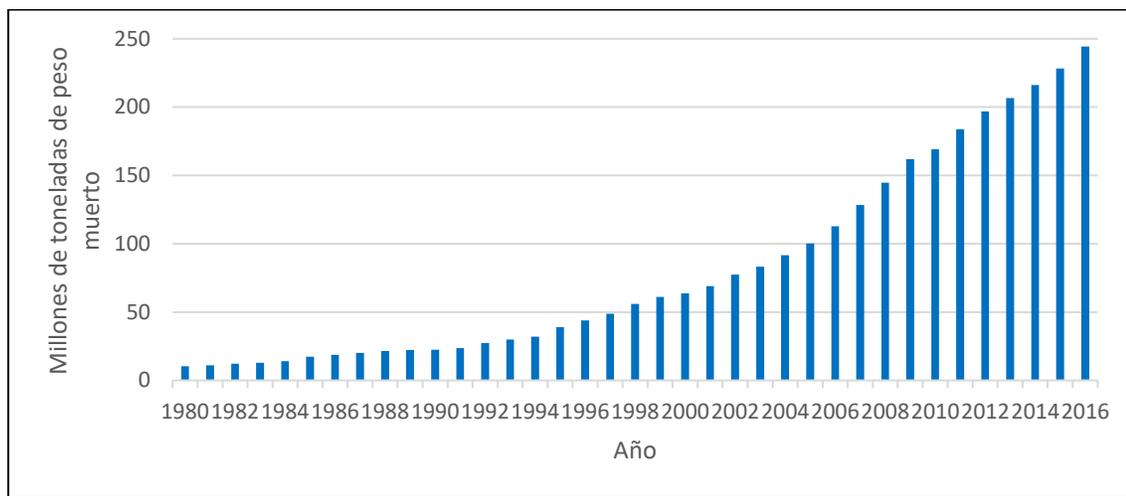


Figura 1.2: Capacidad de la flota mundial de buques portacontenedores.

Este crecimiento significativo de buques portacontenedores ha afectado al flujo de contenedores en los puertos, el cual también ha aumentado sostenidamente, llegando a un valor de 685 millones de movimientos de TEUs en el mundo (UNCTAD, 2017).

En relación a la capacidad de los buques portacontenedores, este valor ha continuado creciendo desde los años 60. A principios de los años 70 estos buques tenían una capacidad de 2.000 TEU, luego en los años 90 una capacidad de 6.500 TEU (Stopford, 2009) y en la actualidad el mayor buque portacontenedores posee una capacidad de 20.000 TEU (World Maritime News, 2017). También la tecnología de estos buques ha mejorado consistentemente en el tiempo, entre sus principales avances se encuentran: la navegación satelital, motores más eficientes, cubiertas de escotillas mejoradas, salas de máquinas sin tripulación y otras mejoras técnicas de diseño y construcción.

En base al aumento constante de la capacidad de los buques portacontenedores y a los desarrollos tecnológicos y logísticos, es probable que los valores analizados sigan aumentando en el futuro y con ello los puertos obtendrán aún más importancia en la cadena logística mundial.

1.3. Importancia del puerto marítimo

Debido a la importancia actual del comercio marítimo, los puertos juegan un rol fundamental en las redes de transporte intermodales (Van Klink & Van Den Berg, 1998) al ser la interfaz del mar y la tierra. Su principal rol es desempeñarse como centros logísticos en el transporte de mercancías en sus regiones, esto en conjunto a la creciente importancia que han obtenido en las cadenas de suministros y procesos logísticos, los han llevado a ser importantes factores en el desarrollo económico de sus regiones.

Su importancia en el desarrollo económico ha llevado a los puertos del mundo a especializar sus servicios, desarrollando diversos sistemas de almacenamiento y manipulación de carga, con el fin de aumentar su productividad y abaratar costos. Estos factores resultan ser críticos, desde el punto de vista de las navieras, al momento de decidir que puertos utilizar.

Se ha demostrado que los puertos generan una serie de efectos económicos directos e indirectos en sus regiones (Evans & Hutchins, 2002). Con relación a los efectos directos, los puertos generan empleos en las actividades portuarias y en las industrias cercanas a este, también producen ingresos monetarios en la zona, lo que contribuye directamente al valor agregado bruto (VAB) regional. Además, la gestión y operación de los puertos crea demandas de bienes y servicios regionales, apoyando la cadena de valor regional. Del mismo modo, los empleados de los puertos gastan parte de sus ingresos en la economía regional, lo que nuevamente genera demanda y apoya la economía de la zona.

Con relación a los efectos indirectos, los puertos apoyan la actividad comercial internacional o interregional, permitiendo a empresas regionales acceder a productos más baratos y a mercados internacionales rentables. También mejoran el acceso de turistas y proporcionan una vía para la transferencia de nuevas tecnologías e ideas. Además, producen que la región sea más conocida a nivel nacional o internacional, reforzando la inversión externa y el turismo.

Suykens y Van de Voorde (Suykens & Van De Voorde, 1998) demostraron que los puertos pueden ser considerados como una fuerza motriz de la economía, esto debido a su rol en el transporte de mercancías. También mostraron que los políticos de la zona

estudiada supieron aprovechar ese rol, usándolo como un medio para alcanzar los objetivos de la política regional. Janic (Janic, 2001) notó que en 1996 el transporte intermodal desempeñó un importante papel dentro de la Unión Europea. Generando alrededor del 4% del PIB total (o 7% si se incluyen las operaciones privadas), produciendo 6 millones de empleos directos, 2 millones en la industria de equipos de transporte y 6 millones en industrias relacionadas con el transporte.

También se ha comprobado que los puertos pueden tener un rol fundamental en la atracción de inversores generando más empleos y beneficiando al sector económico de una determinada zona, por ejemplo, en el noreste de Inglaterra la presencia de infraestructura portuaria influyó la ubicación de la fábrica de automóviles Nissan, una de las inversiones extranjeras más grandes en el Reino Unido a esa fecha. (Hill & Munday, 1994)

Mangan y Cunningham (Mangan & Cunningham, 2000) mostraron que debido a que los puertos son nodos críticos que facilitan el comercio, estos pueden generar beneficios económicos generales, o reducirlos si sus operaciones son ineficientes.

Bryan et al. (Bryan, Munday, Pickernell, & Roberts, 2006) estudiaron el efecto de cierto tipos de puertos en Gales, demostrando que la infraestructura portuaria juega un papel importante en el apoyo de otros negocios. Esto principalmente porque los puertos apoyan el empleo, la cual tiende a ser la variable de mayor valor agregado. Los puertos estudiados generaron 15.700 puestos de trabajos y una actividad de 1,7 mil millones de libras esterlinas en la región, lo que corresponde al 2,5% de la producción regional. Indicando que este análisis considera sólo puertos de la empresa APB y no todos los del país.

En base a todos los efectos positivos que puede generar un puerto en la economía y sociedad de una región, se vuelve necesario estudiar en profundidad los puertos marítimos, sus actividades, las interacciones que estos producen, el foreland con el que se comunican y la zona de influencia que capturan.

1.4. El hinterland portuario

La zona de influencia o hinterland es la región situada alrededor de un puerto, donde se recogen las exportaciones y a través de la cual se distribuyen estas a otras partes del mundo, debido a ser la mejor opción en términos económicos, temporales o de servicio. Cada puerto marítimo tiene su propio hinterland, representando un conjunto de clientes con los que tiene transacciones. Estas transacciones implican movimientos de carga que en algún momento serán transbordadas por el puerto. En la figura 1.3 se muestra una representación del hinterland de un puerto.

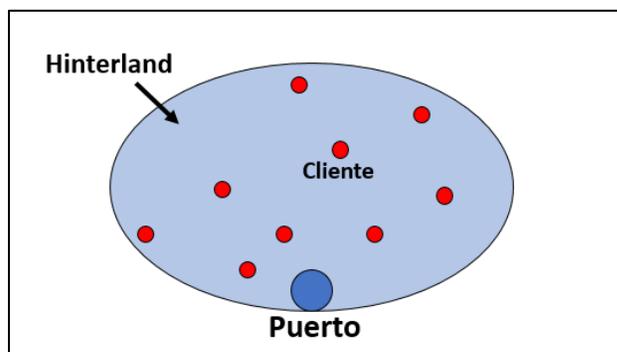


Figura 1.3: Hinterland de un puerto.

El hinterland es un componente fundamental en la industria portuaria y marítima. La forma y alcance del hinterland portuario influye fuertemente en la distribución del flete terrestre de mercancías desde y hacia el puerto, en las operaciones portuarias y en los diversos beneficios que pueden ser capturados (Rodrigue & Notteboom, 2006). Por lo mismo, la delimitación de este es una interesante problemática debido a los diversos aspectos y factores que engloba. Además, su correcta delimitación puede ser de gran ayuda a autoridades portuarias en la toma de decisiones con el fin de aumentar los beneficios que un puerto y una región pueden recibir.

Dentro del hinterland se pueden reconocer dos zonas más pequeñas. Una llamada hinterland principal y otra llamada margen de competencia (Rodrigue & Notteboom, 2006). En la figura 1.4 se muestran estas zonas.

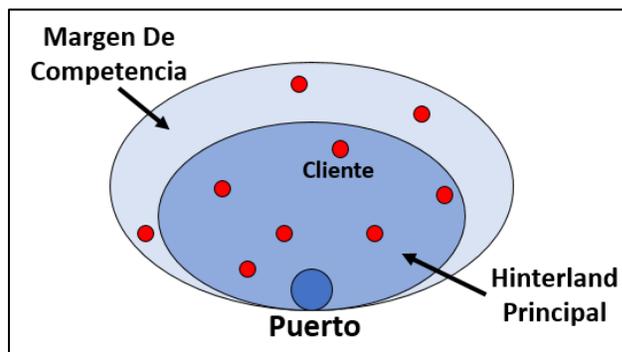


Figura 1.4: Hinterland principal y margen de competencia.

El hinterland principal corresponde al área donde un puerto tiene una participación dominante, si no exclusiva, de los flujos. Tradicionalmente, es el área central del mercado del puerto. Es posible que otros puertos compitan por el hinterland principal de un puerto, pero existirá una considerable desventaja para ellos. Por otro lado, la zona que no corresponde al hinterland principal es el margen de competencia. En el margen de competencia puede existir una competencia reñida entre varios puertos por capturar esta zona, esto debido a la similitud de condiciones entre puertos. Acá, una clara ventaja de algún puerto en algún factor determinante, puede ser clave para obtener esta zona y con esto, sus beneficios.

El hinterland, además puede ser entendido desde tres distintas perspectivas: la macro-económica, la física y la logística (T. Notteboom & Rodrigue, 2007). La perspectiva macroeconómica intenta identificar qué factores están configurando la demanda de transporte. La forma más sencilla de representarla es mediante un conjunto de sitios logísticos, algunos enfocándose en la producción y otros en el consumo. Considera aspectos macroeconómicos para definirlo, tales como tipos de interés, tipos de cambio, precios, ahorros, capacidades productivas y deuda. Así, se define una dirección general en el flujo de mercancías, que puede estar fuera del nivel de intervención de los puertos.

La perspectiva física considera la naturaleza y el alcance de la oferta de transporte. Toma en cuenta una perspectiva modal e intermodal, considerando la red de modos y

terminales que conectan el puerto con su hinterland y los medios para lograr la accesibilidad regional en la distribución de mercancías.

La perspectiva logística es una combinación de las dos perspectivas anteriores. Esta perspectiva considera la organización de los flujos a medida que concilian la demanda y la oferta de transporte, teniendo en cuenta los entornos macroeconómicos y físicos existentes. Los principales aspectos que considera son la elección modal y la secuenciación de la distribución marítima de las mercancías a exportar/importar. En este aspecto juegan un rol fundamental las capacidades de distribución terrestre, las de distribución portuaria, los costos marítimos, los costos terrestres y el rendimiento portuario.

Debido a estas características, la delimitación del hinterland desde una perspectiva logística no es fácil de realizar debido a la gran cantidad de factores que se toman en cuenta.

1.5. Factores que afectan el hinterland

En un esfuerzo por mantener o aumentar el *market share* portuario y asegurar su lugar en el comercio mundial, los gobiernos o autoridades portuarias están generalmente interesados en mejorar el atractivo de sus puertos y aumentar su zona de influencia, mejorando su desempeño en relación a los criterios más influyentes de elección portuaria.

En el moderno entorno empresarial mundial, los responsables de las políticas portuarias deben esforzarse continuamente por comprender qué factores influyen en la elección de los puertos por los usuarios portuarios. Por ejemplo, el plan de desarrollo del Puerto de Hamburgo identifica los intereses y requisitos de las empresas y las asociaciones y reúne ideas para desarrollar una estrategia portuaria orientada al mercado mediante un proceso de diálogo (HPA, 2012). El puerto de Rotterdam también desarrolló su visión de puerto en 2011, en estrecha colaboración con los gobiernos regionales y nacionales, así como con su sector privado (Port of Rotterdam, 2014).

En un estudio realizados a puertos europeos (Nazemzadeh & Vanelslander, 2015) se definieron los criterios de selección de puertos, siendo los más importantes: costos

portuarios, ubicación geográfica, calidad de conexiones al interior, productividad y capacidad. Song y Yeo (Song & Yeo, 2004) identificaron los cinco factores más importantes para los puertos de Asia, siendo: volumen de carga, facilidades portuarias, ubicación, nivel de servicio y costos portuarios. Otro estudio, realizado en los puertos de Taiwan (Chou, 2010) definió que los factores más importantes en la selección portuaria son: el calado en los muelles para buques portacontenedores, los costos portuarios y la eficiencia portuaria. Finalmente, se realizó un análisis sobre la selección portuaria en los puertos de Estados Unidos (Malchow & Kanafani, 2004) determinando que las distancias terrestre y la marítima son los factores más determinantes al momento de exportar mercancías.

En general se puede observar que los resultados de factores que determinan la selección portuaria afectando el área de influencia del puerto suelen ser bastante parecidos entre sí. La presente tesis pretende determinar el hinterland minimizando los costos de exportación de mercancías, suponiendo que ese es el objetivo principal de un exportador, debido a esto y en base a los estudios realizados, los factores que determinan el hinterland son: los costos portuarios, la distancia terrestre y la distancia marítima, que finalmente se traducen en costos de transporte.

El costo portuario se define como todos los costos básicos que el puerto cobra al buque portacontenedores por usar sus instalaciones. La estructura de este costo varía de puerto en puerto. Por lo general se compone de costos por uso del puerto, uso del muelle, amarre del buque, remolque del buque, uso de faros y balizas, manipulación de carga, almacenamiento de carga y otros. El costo de transporte terrestre considera la movilización de un contenedor en un camión portacontenedores desde un punto de origen cualquiera hasta el puerto de exportación. Principalmente se compone de costos por honorarios, depreciación y uso de combustible. Finalmente, el costo por transporte marítimo hace referencia a todos los costos que debe incurrir un buque portacontenedores para trasladarse por el mar desde el puerto de exportación al puerto de importación. Se compone principalmente de costos por uso de combustible, tarifas y cargos por el uso de ciertas vías marítimas.

Teniendo los datos de estos costos para los puertos a trabajar, es posible crear un modelo que permita delimitar el hinterland de cada puerto basado en una perspectiva de costos. Luego, se pueden analizar las variables determinando cuáles son las de mayor impacto y así, ayudar a las autoridades portuarias para que tomen decisiones certeras con el fin de mejorar el atractivo de los puertos y con ello capturar mayores beneficios en la región.

De esta forma, el objetivo del presente trabajo es construir un modelo que determine el hinterland minimizando el costo total del transporte de mercancías. En orden de lograr este objetivo, los objetivos específicos son: (1) determinar el hinterland de los principales puertos de Sudamérica, considerando un método que asume que los desplazamientos terrestres se realizan en forma directa y otro método que toma en cuenta las rutas terrestres reales de Sudamérica, (2) analizar si existen diferencias significativas entre los resultados de estos métodos y (3) cuantificar el impacto de las variables más importantes en los hinterlands portuarios.

1.6. Definiciones básicas

- Puerto: Área geográfica donde los buques son llevados junto a la tierra para cargar y descargar cargas. Por lo general, es una zona protegida de aguas profundas, como una bahía o la desembocadura de un río. (Stopford, 2009)
- Autoridad Portuaria: Es la organización responsable de proveer los diversos servicios marítimos necesarios para llevar los buques junto a tierra. Los puertos pueden ser organismos públicos, organizaciones gubernamentales o empresas privadas. Una autoridad portuaria puede controlar varios puertos. (Stopford, 2009)
- Terminal: Es una sección del puerto que consiste en uno o más muelles dedicados a un tipo particular de manejo de carga. Así existen terminales de carbón, de contenedores, entre otros. Los terminales pueden ser propiedad y operados por la autoridad portuaria o por una compañía naviera que opera el terminal para su uso exclusivo. (Stopford, 2009)

- TEU: Twenty-foot equivalent unit. Contenedor estándar de dimensiones de 8x8x20 pies. Un contenedor de 40 pies se considera como 2 TEU. (Stopford, 2009)
- Tonelaje de peso muerto: Es el peso que un buque puede transportar cuando ya está cargado completamente. Incluye carga, combustible, agua dulce y tripulación. (Stopford, 2009)
- Foreland: Es el espejo oceánico del hinterland. Hace referencia a los puertos y mercados de ultramar vinculados con los servicios de transporte desde el puerto. Incluye a clientes extranjeros con los cuales el puerto realiza intercambios comerciales. Define las interacciones de un puerto con elementos de la economía global. (Rodrigue & Notteboom, 2006)
- Algoritmo A*: Normalmente llamado A estrella. Es un algoritmo de búsqueda en grafos. Define el camino de menor costo entre un nodo de origen y uno de destino. Posee un uso extenso debido a su exactitud y rendimiento. Difiere de otros métodos de búsqueda, ya que este incluye un costo por terminación de la ruta. (Zeng & Church, 2009)
- Distancia Euclidiana: Distancia que asume que el transporte terrestre viaja en forma directa y recta desde un punto de origen al puerto de exportación, ignorando la existencia de las rutas reales de la zona.
- Distancia Logística: Distancia que considera que el transporte terrestre se mueve por las rutas reales de una zona, desde un punto de origen al puerto de exportación.

1.7. Hipótesis

La principal hipótesis del presente trabajo es que existen diferencias considerables de forma y área capturada entre los hinterlands portuarios modelados utilizando el método de distancias euclidianas y los modelados considerando el método de distancias logísticas.

1.8. Estructura de la tesis

La tesis se encuentra organizada como una presentación de un paper de investigación. En el Capítulo 1 se presenta una introducción de la temática a tratar. En este capítulo se presenta el contexto del problema presentando características del comercio marítimo y de los hinterlands portuarios, definiciones importantes, los objetivos e hipótesis de la investigación. El Capítulo 2 es la presentación del paper mismo. Finalmente, en el Capítulo 3 se presentan conclusiones generales y sugerencias para una investigación futura.

2. METODOLOGÍA BASADA EN COSTOS LOGÍSTICOS PARA DETERMINAR EL HINTERLAND: CASO SUDAMÉRICA

2.1. Introducción

Los recientes cambios de la economía mundial debido a la globalización del mercado han producido un aumento sustancial en el comercio marítimo internacional y el transporte de mercancías. Esto ha otorgado una gran importancia a los puertos marítimos que se han convertido en centros logísticos fundamentales en el transporte de diferentes productos y en nodos intermodales hacia cualquier destino del mundo. Específicamente en América Latina y el Caribe la actividad portuaria ha estado creciendo en forma sostenida en los últimos años y cada vez se vuelve más relevante en el contexto internacional. La actividad portuaria en esta región en el último año creció un 1,7%, llegando a un volumen de movimiento aproximado de 48 millones de TEU anuales (CEPAL, 2016).

En este contexto resulta fundamental analizar el hinterland o zona de influencia de cada puerto, que corresponde a la región situada alrededor de un puerto, donde se recogen las exportaciones y a través de la cual se distribuyen estas a otras partes del mundo, debido a ser la mejor opción en términos económicos o temporales principalmente. Como Kramberger et al. indican, a pesar que este concepto es bien conocido, es extremadamente difícil definir con exactitud el alcance del hinterland de un puerto (Kramberger, Rupnik, Štrubelj, & Prah, 2015), este problema engloba aspectos logísticos, de transporte, económicos, geográficos y sociológicos.

A pesar de que existe una variedad de estudios realizados en este tema, no existe un estudio sobre los hinterlands portuarios dentro de Sudamérica. Otro punto importante a notar es que los mapeos que definen los hinterlands portuarios utilizan distancias euclidianas hacia cada puerto y al hacer esto, no se consideran las rutas reales para el transporte de mercancías, las que llamaremos distancias logísticas, siendo esto un problema en relación a la veracidad de los resultados obtenidos. Tampoco existen estudios

que analicen ciertas variables para cuantificar el impacto que estas poseen en los hinterlands portuarios.

El presente trabajo contribuye en tres aspectos principales. El primero es construir un modelo para poder determinar el hinterland de los principales puertos de Sudamérica, considerando: distancias euclidianas y logísticas. Segundo, analizar si existen diferencias significativas entre los hinterlands modelados con el método logístico y los modelados con el método euclidiano. Tercero, cuantificar el impacto de las variables más relevantes en los hinterlands, para poder definir si es adecuado atacar estas variables con políticas públicas para obtener beneficios.

2.2. Revisión bibliográfica

En relación a la delimitación del hinterland existen varios estudios. Uno de los primeros estudios de esta materia fue realizado por Fetter (Fetter, 1924) y Hyson y Hyson (Hyson & Hyson, 1950), quienes derivaron el límite de la hipérbola para un área de mercado de un centro de comercio asumiendo que el costo unitario de transporte y el precio de mercado para los *shippers* son constantes. Ferrari et al. (Ferrari, Parola, & Gattorna, 2011) usaron un modelo gravitacional para definir el área de captura de un puerto, considerando múltiples factores, donde los factores positivos incrementan el área y los negativos la disminuyen. Zhuang y Yu (Zhuang & Yu, 2014) usaron un modelo Breakpoint y un modelo Huff para obtener el hinterland de dos puertos. Para atacar este problema también se ha usado un AHP (proceso de jerarquía analítica) con un método MCDM (toma de decisiones de criterios múltiples) (Chou, 2007). También, modelos Logit de análisis de elección discreta han sido utilizados para investigar temas de selección portuaria por parte de los *shippers* (García-Alonso & Sánchez-Soriano, 2009; Malchow & Kanafani, 2004; Veldman, García-Alonso, & Vallejo-Pinto, 2013). Kramberger et al. (Kramberger et al., 2015) usan un modelo híbrido combinando MILP (Programación lineal entera mixta) con AHP para identificar los hinterlands portuarios usando un mix de factores subjetivos y objetivos. En relación a hinterlands portuarios probabilísticos, Meng y Wang (Meng & Wang, 2010) presentan una expresión matemática de la utilidad basada

en la probabilidad del hinterland portuario basado en una selección de rutas aleatorias definidas como una suma de costos negativos. Ellos asumen que los *shippers* siguen el principio de maximización de la utilidad para elegir la ruta y luego de esto, utilizan una simulación Monte Carlo para la obtención de resultados. Wang et al. (X. Wang, Meng, & Miao, 2016) proponen un acercamiento para delimitar el hinterland portuario probabilístico, los autores usan un modelo geométrico basado en los flujos de la red intermodal, utilizando un análisis de elección discreto e información geográfica de los *shippers*.

De esta forma, a pesar de que existe una gran variedad de estudios que buscan delimitar el hinterland, muy pocos abordan este problema desde una perspectiva netamente económica, en la cual se busque minimizar los costos del transporte de mercancías.

En relación a los factores que determinan el hinterland portuario. Uno de los primeros estudios sobre este tema data de 1938 (Sargent, 1938), donde la principal conclusión es que la carga tiende a buscar la ruta más corta para llegar al mar. Los métodos para analizar el criterio de selección portuario incluyen encuestas (Chang, Lee, & Tongzong, 2008), estudios de caso (Langen, 2007) y un modelo de teoría de juegos (Zan, 1999). Malchow y Kanafani (Malchow & Kanafani, 2004) determinaron que las distancias oceánicas y terrestres son los factores más importantes que impactan en la selección portuaria de los *shippers*. Yeo et al. (Yeo, Roe, & Dinwoodie, 2008) descubrieron que la competitividad de un puerto se basa en un eficiente sistema logístico en su hinterland. Nazemzadeh y Vanelslander (Nazemzadeh & Vanelslander, 2015) aplicaron un método de proceso de jerarquía analítica para obtener el criterio de selección portuario en orden descendente de importancia, los factores obtenidos fueron: costo portuario, ubicación geográfica, conectividad, productividad y capacidad.

De esta forma se puede observar que existen factores subjetivos como objetivos. Los subjetivos no son de nuestro interés debido a que nosotros queremos enfocarnos en todo lo que afecta directamente a los costos de transporte y portuarios. Algunos autores han determinado esos costos. Iannone (Iannone, 2012) en su modelo utiliza un costo logístico total que incluye: costos de transporte, costos de manejo del terminal y

almacenamiento, costo de control aduanero, costos de mantenimiento de inventario en tránsito y costos de arriendo de contenedores. Janic (Janic, 2007) desarrolló un modelo para calcular el costo total de una red intermodal por carreteras de transporte de mercancías considerando: costo de transporte, costo de tiempo, costo de manejo de mercancías y costo externo. Luego el modelo es aplicado para evaluar el desempeño de los trenes de mercancías europeos (Janic, 2008). Seedah et al. (Seedah, Harrison, Boske, & Kruse, 2013) presentan un modelo de costo de operaciones portuarias basado en el costo asociado de un solo buque que llega a un puerto. Tran et al. (Tran, Haasis, & Buer, 2016) presentan un modelo, el cual tiene por objetivo minimizar el costo total de flujos de contenedores, compuesto por: costos del buque, costos del puerto, costos de transporte terrestre, costos de inventario y costos de emisiones CO₂.

Para determinar el hinterland, primero usaremos distancias euclidianas. Existen varios estudios que las utilizan. Ferrari et al. (Ferrari et al., 2011) en su modelo gravitacional utilizan distancias euclidianas para conectar los puntos de interés, esta distancia se define como la brecha euclidiana entre los centroides de origen y de destino. Ng y Cetin (Ng & Cetin, 2012) usan un modelo gravitacional para minimizar el costo de transporte total de los puertos secos en India, donde la distancia de transporte es calculada usando la fórmula euclidiana. Veldman et al. (Veldman et al., 2013) en su modelo usado en los puertos de España definen un costo de transporte terrestre, el cual es calculado en base a la distancia euclidiana entre el punto de gravedad de una provincia y el puerto marítimo. Iannone (Iannone, 2012) en su investigación utiliza un modelo para minimizar el costo total logístico para la distribución de contenedores, este costo incluye costos de transporte en carreteras y vías férreas, pero esta red está hecha por conexiones rectas. Frémont y Franc (Frémont & Franc, 2010) para calcular la distancia de carretera del transporte terrestre utilizan la distancia promedio entre dos zonas dico-rutas. Li y Hu (Li, Shi, & Hu, 2011) en su modelo para distancias entre puntos, utilizan un par de datos (i, j) que se son medidos por la distancia euclidiana. Es importante hacer notar que nosotros sólo utilizaremos el método de distancias euclidianas con el objetivo de tener una base con la cual poder realizar comparaciones con el otro método a utilizar.

El problema que poseen las distancias euclidianas es que no representan con exactitud la trayectoria por la cual los camiones con mercancías se desplazan. Para resolver este problema, también se usarán distancias logísticas. Hay pocos estudios que consideran las carreteras reales de un sector para la obtención de hinterlands portuarios. Wang et al. (G. W. Y. Wang, Zeng, Li, & Yang, 2016) desarrollaron un modelo con índices que indican la conectividad de tres puertos a estudiar, este índice se compone de tres componentes principales: conectividad internacional, conectividad dentro de la bahía y conectividad del hinterland. Para el componente de conectividad de la bahía, ellos consideran la ruta más corta del servicio de distribución de la bahía y para el componente de conectividad del hinterland consideran un costo de transporte C_{ij} entre la locación i y el puerto j , basado en la red de carreteras y vías férreas de China. Luo y Grigalunas (Luo & Grigalunas, 2003) desarrollaron un modelo de transporte multimodal espacial-económico para los principales puertos de contenedores de la costa de los Estados Unidos. A pesar de que el objetivo de los autores es estimar la demanda por los puertos de contenedores, los autores consideran la red de transporte para seleccionar la ruta de menor costo usando el algoritmo de Dijkstra en su simulación, desarrollado usando lenguaje de programación Java. Lättilä et al. (Lättilä, Henttu, & Hilmola, 2013) utilizan un modelo de simulación de eventos discretos para evaluar el impacto de los puertos secos en relación a dos aspectos: costo total de transporte y el nivel de emisiones de CO_2 . En esta simulación, los autores usan la red de carreteras y vías férreas proveniente de los datos de Openstreetmap. En base a esto se puede observar que no existen estudios que incluyan distancias logísticas y a la vez una perspectiva económica de minimización de costos para delimitar el hinterland de un puerto. Así, el uso del método de distancias logísticas en nuestra investigación será la principal característica diferenciadora frente a los estudios anteriores.

Para cuantificar los beneficios que trae consigo aumentar el área de un hinterland portuario, varios conceptos han sido utilizados. Zondag et al. (Zondag, Bucci, Gützkow, & de Jong, 2010) utilizaron el concepto de *market share* para cuantificar los beneficios, el cual hace referencia al total de los flujos de contenedores existentes entre los 4 puertos de estudio y los países de: Holanda, Bélgica, Luxemburgo, Alemania, Francia, Austria,

Suiza, República Checa, Eslovaquia y Polonia. Kramberger et al. (Kramberger et al., 2015) utilizaron el área misma del hinterland portuario como medida de comparación entre los puertos. Castillo-Manzano et al. (Castillo-Manzano, González-Laxe, & López-Valpueda, 2013) utilizaron como medida de comparación el tráfico de la región capturado por los puertos. De esta forma, se puede establecer que por lo general para cuantificar los beneficios que entrega el hinterland portuario se utiliza el área del mismo o algún indicador económico de relevancia.

En conclusión, las principales diferencias de nuestro trabajo con respecto a los estudios revisados, es que analiza los puertos de Sudamérica, aborda el problema desde una perspectiva económica minimizando los costos de transporte de mercancías y simultáneamente utiliza las rutas reales de la región al momento de considerar las distancias de transporte.

2.3. Definición del problema y metodología

En esta sección primero se presentará la metodología utilizada, la cual detalla los puertos seleccionados y los dos métodos utilizados. Luego se presenta el modelo de costos utilizado en ambos métodos, explicando detalladamente los costos que esta investigación considera.

2.3.1. Metodología

Primero, se definieron los puertos de origen (o puertos de exportación) dentro de Sudamérica. Para esto se eligieron los 6 puertos con mayor movimiento de TEUs, estos puertos son: Santos, Cartagena, Callao, Guayaquil, Buenos Aires y San Antonio, en ese orden (CEPAL, 2016). Con relación a la existencia de otros puertos que tengan una alta competencia con alguno de los puertos de exportación y estén muy cerca entre sí, se hizo el supuesto que el puerto elegido representa a los dos puertos, por lo que captura el beneficio de ambos. Por ejemplo, esto ocurre en el caso del puerto de San Antonio con el puerto de Valparaíso.

Luego, se seleccionaron los puertos de destino (o puertos de importación). Esto se realizó buscando puertos con gran movimiento de TEUs en determinadas zonas del mundo. Para América del norte, el puerto de mayor movimiento de TEUs de USA es el de Los Angeles y Long Beach, eligiendo este para la costa oeste. El puerto de Savannah es el cuarto puerto de mayor movimiento, eligiendo este para la costa este. Para Europa se eligió el de mayor movimiento de este continente, que corresponde al puerto de Rotterdam. Finalmente, para Asia se eligió el de mayor movimiento de TEUs del mundo, correspondiente al puerto de Shanghai.

Tercero, para abordar el problema se utilizaron dos métodos de resolución. El primer método considera distancias euclidianas para representar la distancia entre el punto de origen de la mercancía y el puerto de exportación, es decir, el transporte terrestre viaja en forma directa y recta desde el origen al puerto de destino, ignorando la existencia de rutas reales. La finalidad principal de este método es tener una base para poder comparar resultados con el segundo método utilizado. Este método consistió en generar regiones de Voronoi (Balzer & Deussen, 2005) para luego desplazarlas según el costo total marítimo que representa cada puerto y así delimitar los hinterlands. El segundo método, considera las rutas terrestres existentes dentro de Sudamérica en la cuales un contenedor puede ser transportado para llegar al puerto de exportación. Como se dijo anteriormente, este tipo de distancias se llamarán distancias logísticas, una vez ya obtenidas estas distancias se asociarán a un costo de transporte para cada puerto y así se podrá definir la ruta de menor costo. Para utilizar este método se desarrolló un programa en lenguaje de programación Python, que entrega como output la solución en forma gráfica. En la figura 2.1 se muestra el algoritmo utilizado por el programa.

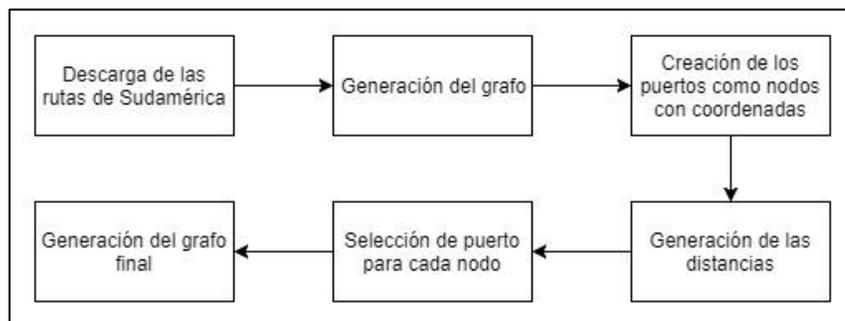


Figura 2.1: Algoritmo utilizado por el programa.

Para descargar las rutas se utilizó la base de datos de Openstreetmap (Openstreetmap, 2017). Se consideraron los tres tipos de rutas terrestres más importantes según la clasificación de Openstreetmap, debido a que en este tipo de rutas los camiones portacontenedores pueden realizar sus viajes. Para generar el grafo se utilizó la librería Networkx de Python. A cada nodo del grafo se les asignó las siguientes características: nombre, tamaño, color, longitud, latitud, posición. Y a cada *edge* del grafo se les asignó las siguientes características: nodos que conecta, distancia.

Al generarse un puerto, este se conecta al nodo más cercano. Para cada puerto se definió una distancia extra asociada a cada uno, la cual corresponde al costo marítimo que se incurre al exportar por ese puerto. A cada *edge* se le asigna un valor a su característica de distancia. Esta distancia se calcula considerando las coordenadas de los nodos que conecta y utiliza la fórmula de Haversine para esto, la cual considera la esfericidad de la tierra.

A cada nodo del grafo se le selecciona los dos puertos más cercanos, según distancias euclidianas. Luego se calcula el costo logístico utilizando el algoritmo A* hacia los dos puertos definidos anteriormente, luego se comparan los valores y se selecciona el puerto que entrega el menor costo. Finalmente, a cada nodo se le asigna un color de acuerdo al puerto seleccionado, para así entregar como output un gráfico con todos los nodos del grafo pintados de un determinado color para cada puerto dentro de Sudamérica.

2.3.2. El modelo de costo

La metodología para definir el puerto de elección consiste en minimizar el costo total de envío de un contenedor desde un punto de origen cualquiera dentro de Sudamérica hasta uno de los puertos de destino. Con el fin de resolver el problema indicado el costo total de envío se define cómo:

$$\text{Costo Total} = C_T * d + \frac{C_{P1} + C_M + C_{P2}}{n} \quad (2.3.2.1)$$

Planteando esta fórmula de una forma más sencilla queda cómo:

$$\text{Costo Total} = C_T * d + C_S \quad (2.3.2.2)$$

Donde d corresponde a la distancia viajada por el camión desde el punto de origen al puerto de origen [km], esta distancia puede ser distancia euclidiana o distancia logística, esto será definido por el método que se esté utilizando. C_T corresponde al costo de transporte terrestre [US\$/km], C_S es el costo total marítimo por transportar un contenedor a través del mar [US\$], este costo a su vez se compone de: C_{P1} que es el costo debido al uso del puerto de origen [US\$], C_M que es el costo por el transporte en la ruta marítima [US\$], C_{P2} que es el costo debido al uso el puerto de destino [US\$] y n que corresponde al número de TEUs que efectivamente transporta el buque.

El costo de transporte terrestre considera la movilización de un contenedor de 20 pies en un camión portacontenedores desde un punto de origen hacia el puerto origen considerando una distancia euclidiana o logística entre estos puntos. Para este costo se consideraron las siguientes componentes:

$$C_T = C_c + C_h + C_d \quad (2.3.2.3)$$

Donde C_c corresponde al costo por uso de combustible [US\$/km], C_h es el costo por honorarios que hay que pagar por remuneración al conductor del camión [US\$/km] y C_d es el costo por depreciación del camión [US\$/km].

El costo portuario se define por todos los costos básicos que el puerto cobra al buque portacontenedores por usar sus instalaciones. Con respecto a este costo, es importante definir que actualmente existen grandes diferencias en las estructuras tarifarias

de los diversos puertos estudiados, por lo que se decidió normalizar estas estructuras para poder realizar una mejor comparación entre estos. Además, normalmente la información de los costos portuarios totales es difícil de obtener y se encuentra desordenada y mal presentada al público, lo que hace necesario definir cuáles costos serán considerados en cada puerto. En la literatura ya se ha tratado este problema de analizar los costos portuarios (Seedah et al., 2013), por lo que en este paper se seguirá una línea parecida. Así los costos portuarios poseen las siguientes componentes:

$$C_{Px} = C_p + C_m + C_e \quad \forall x = 1,2 \quad (2.3.2.4)$$

Donde C_p es el costo por el uso del puerto [US\$], C_m es el costo por el uso del muelle [US\$], C_e es el costo por gastos extras [US\$] tales como costos de amarre, remolcaje, uso de faros y uso de balizas.

El costo de ruta marítima considera los principales costos que debe incurrir el buque portacontenedores para trasladarse por el mar desde el puerto de origen al puerto de destino. Este costo posee las siguientes componentes:

$$C_M = C_v + C_t \quad (2.3.2.5)$$

Donde C_v corresponde al costo por uso de combustible [US\$] y C_t corresponde al costo por tarifas que debe pagar el buque [US\$] por utilizar alguna ruta en la cual se deba pagar algún tipo de peaje, como por ejemplo el Canal de Panamá.

2.4. Datos

En la presente sección, se presentan los valores considerados para ser utilizados en el modelo propuesto y los supuestos correspondientes.

2.4.1. Costo de transporte terrestre

Para definir el costo por uso de combustible se consideró un tractor semirremolque plano de rendimiento promedio 2,3 [km/litro] y un precio del diésel de 0,69 [US\$/litro], obtenido como el valor promedio de todos los países de Sudamérica en octubre del 2016

(GlobalPetrolPrices, 2016). Se definió un costo por honorarios de 921 [US\$/mes] (ChileTransporte AG, 2010). Para el costo por depreciación se definió un valor de compra del camión de 93.300 [US\$], un valor residual de 18.660 [US\$] y una vida útil de 10 años. Se definió una distancia recorrida anual del camión de 100.000 [km/año] (Gleave SD, 2011). Así el valor de costo de transporte terrestre se puede ver en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Obtención costo de transporte terrestre.

Componente	Costo [US\$/km]
Combustible	0,3
Honorarios	0,11
Depreciación	0,07
C_T	0,48

2.4.2. Buque portacontenedores

Como buque de referencia se definió el buque portacontenedores Maersk Garonne, de capacidad de 4.544 TEU. En la tabla 2.2 se pueden ver las principales características de este buque (Maersk Line, 2016; Vessel Finder, 2016).

Tabla 2.2: Características buque referencia.

Característica	Valor
Nombre	Maersk Garonne
Capacidad [TEU]	4.544
Arqueo Bruto [ton]	50.757
Arqueo Neto [ton]	27.543
Peso Muerto [ton]	61.636
Eslora [m]	292
Ancho [m]	32
Calado [m]	13,52

2.4.3. Costo portuario

Se definió una operación básica, la cual considera la llegada del buque al puerto, uso de un muelle por 24 horas, movimiento de contenedores y zarpado del muelle. No considera almacenamiento de contenedores en los muelles, refrigeración de los contenedores ni otras actividades. El costo portuario de cada puerto se obtuvo por la información que entrega cada uno de estos puertos y las empresas encargadas de prestar los servicios. Este costo se calculó en base al buque de referencia y se puede observar en la tabla 2.3.

Tabla 2.3: Costo portuario.

Fuente	Puerto	C_p [US\$]
(Puerto San Antonio, 2016; STI, 2016)	San Antonio	11.844
(APN, 2016; ENAPU S.A., 2016)	Callao	8.107
(APG, 2016; Contecon Guayaquil, 2016)	Guayaquil	11.192
(Puerto Buenos Aires, 2016; TRP, 2016)	Buenos Aires	12.684
(BTP, 2016; Porto De Santos, 2016)	Santos	13.532
(SPRC, 2016)	Cartagena	8.546
(Port Of Rotterdam, 2016)	Rotterdam	13.598
(Georgia ports authority, 2016)	Savannah	12.694
(SinoAgent, 2016; SIPG, 2016)	Shanghai	10.067
(The Port Of Los Angeles, 2016)	Los Angeles	10.234

2.4.4. Costo de ruta marítima

Primero que todo, se definió la distancia de las rutas marítimas entre los puertos de origen y destino (Sea Distances, 2016). Luego, se definió una velocidad de buque promedio de 21 [nudos] (Kramberger et al., 2015). En función de la velocidad y capacidad del buque se puede estimar el consumo medio de combustible (T. E. Notteboom & Vernimmen, 2009), que en este caso corresponde a 101 [ton/día]. El combustible utilizado por este buque es el bunker IFO380, se definió un precio de 295 [US\$/ton],

correspondiente a su promedio mundial en octubre del 2016 (Ship & Bunker, 2016). Con estos datos se puede calcular el costo por uso de combustible del buque.

Para definir el costo por tarifas, se definió que la única tarifa extra a pagar por el buque ocurre en el caso en que este deba pasar por el Canal de Panamá. Los costos por usar las esclusas del canal son 60 [US\$/TEU] por capacidad del buque y 40 [US\$/TEU] por carga transportada (Canal de Panamá, 2016). Se asumió una utilización de un 80% del buque, así el costo por usar el canal corresponde a 418.048 [US\$].

Con el costo por uso de combustible y el costo por tarifas ya definidos se puede establecer el costo de ruta marítima, este se puede ver en la tabla 2.4.

Tabla 2.4: Costo de ruta marítima.

C_M [US\$]	Rotterdam	Savannah	Shanghai	Los Angeles
San Antonio	860.480	669.059	599.092	285.831
Callao	783.391	591.970	550.025	216.014
Guayaquil	753.656	562.235	525.373	190.830
Buenos Aires	374.861	342.879	659.924	429.190
Santos	321.006	289.023	653.598	854.568
Cartagena	271.111	85.129	943.362	608.819

2.4.5. Área y PIB de cada país

El área de cada país fue obtenida a partir de la digitalización del mapa de Sudamérica en el Software utilizado, estos valores se asemejan bastante a los reales (CIA, 2016). Con respecto al producto interno bruto se decidió utilizar este indicador en valores de paridad de poder adquisitivo estimados para el año 2016 (International Monetary Fund, 2016). Esta información se puede ver en la tabla 2.5.

Tabla 2.5: Área y PIB de cada país.

País	Área Software[km2]	PIB PPA [MMUS\$]	PIB/Área [US\$/km2]
Argentina	2.762.799	879.447	318.317
Bolivia	1.079.682	78.351	72.569
Brasil	8.357.641	3.134.892	375.093
Chile	692.034	436.135	630.222
Colombia	1.131.135	690.387	610.349
Ecuador	240.499	182.420	758.505
Guayana Francesa	84.086	3.797	45.162
Guyana	210.702	6.093	28.918
Paraguay	383.782	64.115	167.061
Perú	1.293.891	409.853	316.760
Surinam	139.483	8.547	61.276
Uruguay	171.149	73.930	431.963
Venezuela	898.071	468.618	521.805

2.5. Resultados

En esta sección, primero se presentan los resultados del método euclidiano, luego los resultados del método logístico, posterior a esto se realiza una comparación entre los resultados de los dos métodos y finalmente se realiza un análisis de sensibilidad.

2.5.1. Resultados del método euclidiano

A continuación, se muestran los resultados obtenidos por el método euclidiano para los 4 escenarios propuestos: Rotterdam (ROT), Savannah (SAV), Shanghai (SHA) y Los Angeles (LA). Estos se pueden ver en la figura 2.2. La tabla 2.6 muestra el área y el porcentaje de área capturada por cada puerto de origen, la tabla 2.7 muestra el PIB y el porcentaje de PIB capturado por cada puerto de origen y la tabla 2.8 muestra la variación de área de cada escenario con respecto al escenario uno, el cual considera como destino el puerto de Rotterdam.

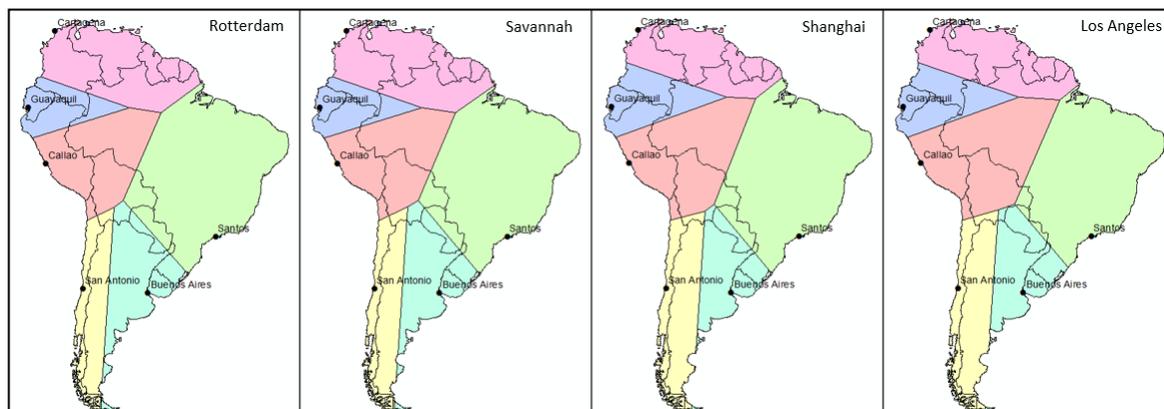


Figura 2.2: Hinterlands portuarios, método euclidiano.

Tabla 2.6: Área capturada por cada puerto, método euclidiano.

Puerto	Área [km ²]				% Área			
	ROT	SAV	SHA	LA	ROT	SAV	SHA	LA
San Antonio	1.772.767	1.927.985	2.228.456	2.292.698	10%	11%	13%	13%
Callao	2.793.531	2.905.322	3.357.010	3.765.968	16%	17%	19%	22%
Guayaquil	1.221.353	1.224.900	1.604.593	1.604.531	7%	7%	9%	9%
Buenos Aires	2.280.756	2.152.387	1.812.700	1.941.996	13%	12%	10%	11%
Santos	6.192.947	6.022.802	5.945.849	5.258.409	35%	35%	34%	30%
Cartagena	3.183.602	3.211.559	2.496.347	2.581.353	18%	18%	14%	15%

Tabla 2.7: PIB capturado por cada puerto, método euclidiano.

Puerto	PIB [MMUS\$]				% PIB			
	ROT	SAV	SHA	LA	ROT	SAV	SHA	LA
San Antonio	742.953	791.556	887.974	906.487	12%	12%	14%	14%
Callao	816.683	845.385	980.756	1.112.111	13%	13%	15%	17%
Guayaquil	585.791	587.545	786.387	786.366	9%	9%	12%	12%
Buenos Aires	711.294	667.200	569.310	597.640	11%	10%	9%	9%
Santos	2.195.708	2.150.680	2.141.817	1.931.755	34%	33%	33%	30%
Cartagena	1.384.157	1.394.220	1.070.341	1.102.227	22%	22%	17%	17%

Tabla 2.8: Cambio en el área del hinterland desde Rotterdam, método euclidiano.

Puerto	Cambio en el área del hinterland desde Rotterdam a: [km2]			% de cambio		
	SAV	SHA	LA	SAV	SHA	LA
San Antonio	155.218	455.688	519.930	9%	26%	29%
Callao	111.791	563.479	972.436	4%	20%	35%
Guayaquil	3.547	383.240	383.179	0%	31%	31%
Buenos Aires	-128.368	-468.055	-338.760	-6%	-21%	-15%
Santos	-170.145	-247.098	-934.537	-3%	-4%	-15%
Cartagena	27.958	-687.254	-602.248	1%	-22%	-19%

Se puede observar que en los escenarios que consideran como puerto de destino Rotterdam y Savannah, los puertos que aumentan su área de influencia son los puertos de la costa este: Buenos Aires, Santos y Guayaquil, que justamente son los puertos que se encuentran a una distancia marítima más cercana a Rotterdam y Savannah. Esto indica que la posición geográfica para exportar dentro de Sudamérica es fundamental a la hora de decidir el puerto y que los costos por transporte marítimo siguen siendo un factor influyente para definir el puerto de exportación a pesar de disminuir considerablemente al momento de distribuirlos por la cantidad de contenedores que transporta el buque.

Es interesante hacer notar que el PIB capturado por estos 3 puertos varía entre un 65% y 67% del PIB total de Sudamérica y el puerto que captura un mayor PIB en los dos escenarios es el puerto de Santos que se lleva entre un 33% y 34% del total de Sudamérica. Mostrando la relevancia que posee este puerto frente a sus competidores.

Para los escenarios que consideran como puertos de destino Shanghai y Los Angeles, se puede observar que los puertos que se fortalecen, aumentando su área de influencia son los puertos de la costa oeste. Nuevamente se observa que la ubicación otorga una ventaja competitiva a estos puertos ya que encuentran a una menor distancia marítima hacia Shanghai o Los Angeles en comparación a sus competidores.

Se puede observar que a pesar de que los puertos de la costa oeste se ven beneficiados en este caso, sólo abarcan entre un 41% y 43% del PIB total de Sudamérica y el puerto de Santos sigue teniendo un gran PIB capturado del total de Sudamérica.

2.5.2. Resultados del método logístico

Al ejecutar el programa se genera un grafo que posee 4.110.496 nodos. La representación gráfica de este grafo se puede ver en la figura 2.3.

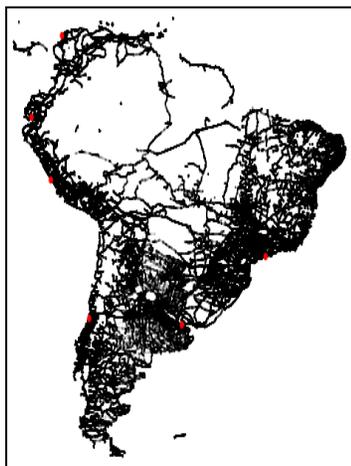


Figura 2.3: Grafo generado en el método logístico.

Los resultados obtenidos por el método logístico para los 4 escenarios propuestos se pueden ver en la figura 2.4. Las tablas 2.9, 2.10 y 2.11 muestran respectivamente el área y el porcentaje de área por cada puerto de origen, el PIB y el porcentaje de PIB capturado por cada puerto de origen y la variación de área de cada escenario con respecto al escenario uno.

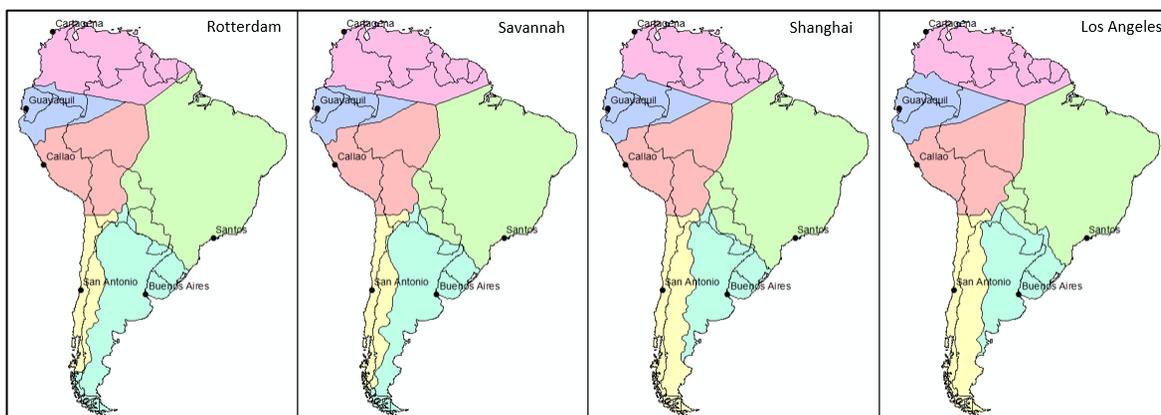


Figura 2.4: Hinterlands portuarios, método logístico.

Tabla 2.9: Área capturada por cada puerto, método logístico.

Puerto	Área [km ²]				% Área			
	ROT	SAV	SHA	LA	ROT	SAV	SHA	LA
San Antonio	1.057.257	1.234.033	1.913.098	2.044.959	6%	7%	11%	12%
Callao	2.756.539	2.766.012	2.898.337	3.055.391	16%	16%	17%	18%
Guayaquil	1.145.770	1.140.391	1.419.197	1.486.982	7%	7%	8%	9%
Buenos Aires	2.994.226	2.847.947	2.157.417	2.273.546	17%	16%	12%	13%
Santos	6.639.486	6.424.470	6.400.148	5.857.324	38%	37%	37%	34%
Cartagena	2.851.677	3.032.101	2.656.757	2.726.754	16%	17%	15%	16%

Tabla 2.10: PIB capturado por cada puerto, método logístico.

Puerto	PIB [MMUS\$]				% PIB			
	ROT	SAV	SHA	LA	ROT	SAV	SHA	LA
San Antonio	477.699	546.577	790.656	834.497	7%	8%	12%	13%
Callao	802.203	804.524	842.650	873.679	12%	12%	13%	14%
Guayaquil	540.345	536.050	686.942	718.452	8%	8%	11%	11%
Buenos Aires	997.557	936.767	688.938	706.942	15%	15%	11%	11%
Santos	2.334.892	2.266.023	2.267.620	2.123.764	36%	35%	35%	33%
Cartagena	1.283.889	1.346.644	1.159.779	1.179.252	20%	21%	18%	18%

Tabla 2.11: Cambio en el área del hinterland desde Rotterdam, método logístico.

Port	Cambio en el área del hinterland desde Rotterdam a: [km ²]			% de cambio		
	SAV	SHA	LA	SAV	SHA	LA
San Antonio	176.777	855.842	987.702	17%	81%	93%
Callao	9.474	141.799	298.852	0%	5%	11%
Guayaquil	-5.379	273.427	341.211	0%	24%	30%
Buenos Aires	-146.279	-836.809	-720.680	-5%	-28%	-24%
Santos	-215.016	-239.338	-782.162	-3%	-4%	-12%
Cartagena	180.423	-194.920	-124.923	6%	-7%	-4%

En general se puede observar el mismo fenómeno que ocurría en el caso euclidiano. Existe una clara competencia entre los puertos de la costa oeste (San Antonio, Callao, Guayaquil) con los puertos de la costa este (Buenos Aires, Santos, Cartagena). En los casos en que el puerto de destino son Rotterdam o Savannah los puertos de la costa

este aumentan el área de su hinterland y con ello el PIB que capturan, llegando a capturar en conjunto un el 71% del PIB total de Sudamérica. En cambio, cuando los destinos son Shanghai y Los Angeles, los puertos de la costa oeste abarcan una mayor área y PIB, en el mejor escenario llegan a obtener un 38% del PIB total de Sudamérica. Es importante destacar la gran cantidad de área y PIB que abarca el puerto de Santos sin importar el escenario en que este se encuentre que varía entre un 33% y 36% del PIB de la región, lo que lo posiciona siempre como el puerto que mayores beneficios obtiene.

2.5.3. Comparación entre métodos

Se pueden observar que existen claras diferencias entre los resultados obtenidos con el método logístico y los resultados obtenidos con el método euclidiano. Los 2 casos que poseen las mayores diferencias son los casos con puerto de destino de Rotterdam y Los Angeles. En la figura 2.5 se muestran las diferencias en el área capturada por los puertos.

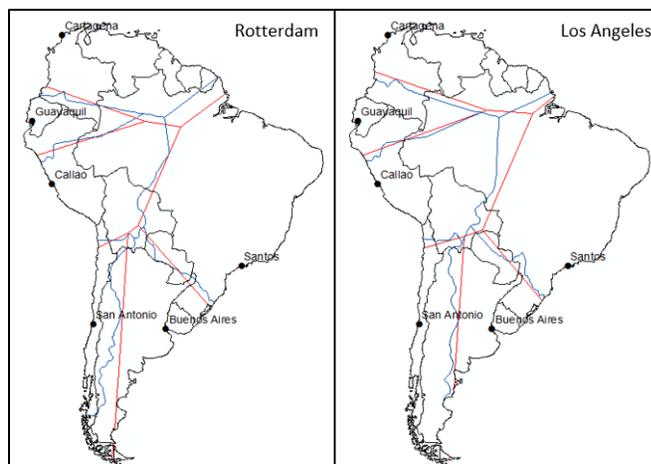


Figura 2.5: Comparativa Rotterdam y Los Angeles.

La línea roja es el caso euclidiano y la línea azul el caso logístico. Se puede observar que existe una gran diferencia en la forma que poseen los hinterlands portuarios. Para el caso de Rotterdam se puede observar que el puerto de Santos resulta beneficiado

al usar el método logístico, por su parte el mayor perjudicado es el puerto de San Antonio. Para el caso de Los Angeles se puede observar que el puerto que más se beneficia con el método logístico es el puerto de Santos y que el mayor perjudicado es el puerto del Callao.

Con respecto al PIB que cada método captura, el caso de Rotterdam se muestra en la figura 2.6 y el caso de Los Angeles se muestra en la figura 2.7.

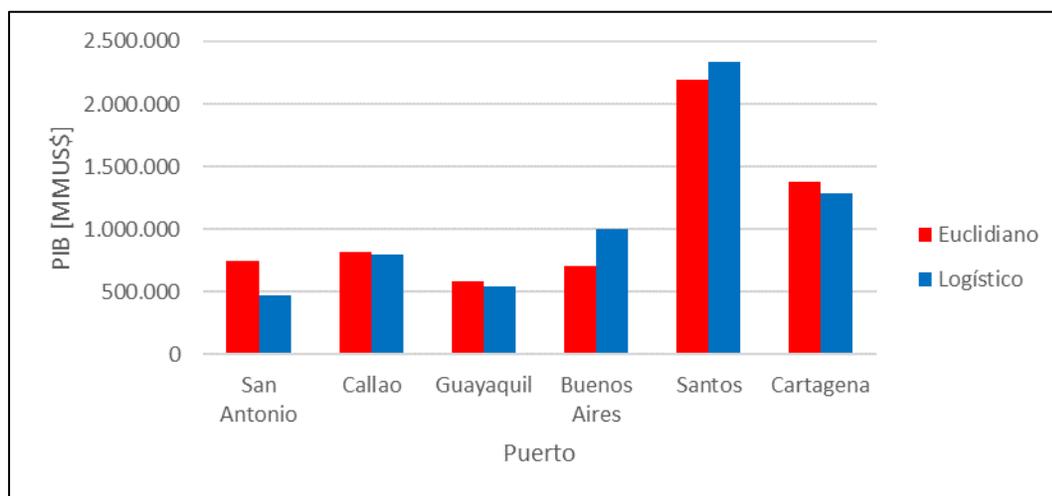


Figura 2.6: PIB capturado por método, caso Rotterdam.

Para el caso de Rotterdam se puede notar que también existen diferencias en los PIB capturados, los puertos con mayores diferencias son el de San Antonio y el de Buenos Aires, esto debido a la gran cantidad de rutas que existían entre estos puertos en el grafo utilizado, que se observa en la figura 2.3. Al haber gran cantidad de rutas el hinterland definido es más preciso y por lo tanto más cercano a la realidad logística. Se puede observar que para el puerto de San Antonio existe una diferencia cercana a los 260 mil millones de dólares, para el puerto de Buenos Aires la diferencia es de 280 mil millones de dólares y para el puerto de Santos es de 140 mil millones de dólares.

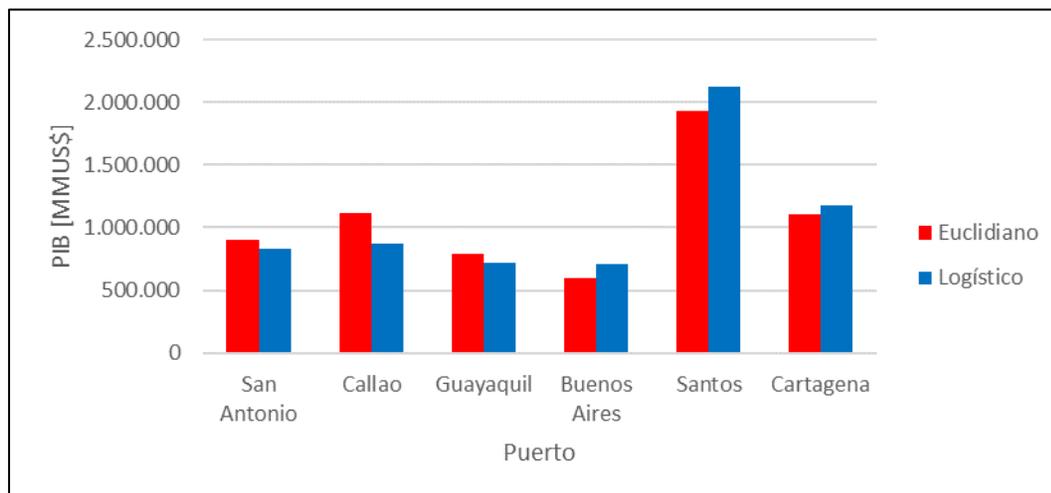


Figura 2.7: PIB capturado por método, caso Los Angeles.

Para el caso de Los Angeles existe una mayor diferencia en cada de PIB de cada puerto. Se puede apreciar que los incrementos y disminuciones van de la mano con el cambio en el área capturada por cada puerto mostrado en la figura 2.5. En este caso se puede observar que el puerto de Santos posee una diferencia cercana a los 190 mil millones de dólares y el puerto del Callao una diferencia de 240 mil millones de dólares.

Basándose en estas comparaciones se puede establecer que a pesar de que a primera vista las diferencias entre los métodos utilizados no parecen ser de gran importancia, finalmente esas diferencias son equivalentes a millones de dólares que son capturados por distintos puertos.

2.5.4. Análisis de sensibilidad

Luego, se realizó un análisis de sensibilidad modificando ciertas variables. Para todos estos análisis se definió como puerto de destino el puerto de Rotterdam. Para todas las figuras de cambio de área, la línea azul corresponde a un cambio de un 0,25 veces el valor inicial, la línea verde a un cambio de 0,5, la línea naranja a uno de 2 y la línea roja a uno de 4. Primero, se modificó el costo del combustible usado en el transporte terrestre, cambiando su valor a 4, 2, 0,5 y 0,25 veces su valor real. El cambio en el área que captura

cada puerto se muestra en la figura 2.8 y el PIB capturado por cada puerto se puede ver en la tabla 2.12



Figura 2.8: Cambio del hinterland portuario a diferentes costos de combustible.

Tabla 2.12: Cambio del PIB capturado a diferentes costos de combustible.

Puerto	Factor costo de combustible				
	x0.25	x0.5	x1	x2	x4
San Antonio	69%	80%	100%	121%	131%
Callao	98%	99%	100%	103%	106%
Guayaquil	89%	95%	100%	113%	118%
Buenos Aires	113%	109%	100%	90%	85%
Santos	100%	100%	100%	100%	99%
Cartagena	107%	104%	100%	93%	91%

Se puede observar que a un mayor valor en el costo del combustible los puertos de la costa oeste de Sudamérica se ven beneficiados, aumentando el área de su hinterland y capturando un mayor PIB. Esto se puede explicar debido a que, al aumentar el costo del combustible, la característica de poseer una buena posición geográfica para exportar hacia un puerto determinado a través del mar pierde importancia, ya que ahora posee mayor importancia disminuir costos utilizando la distancia terrestre de menor costo hacia un puerto de exportación, sin importar su cercanía o lejanía con el puerto de importación.

Luego se realizó un análisis de sensibilidad modificando el valor del precio del bunker, este valor se modificó a 4, 2, 0,5 y 0,25 veces su valor inicial. El cambio en el área que captura cada puerto se muestra en la figura 2.9 y el PIB capturado por cada puerto se puede ver en la tabla 2.13.



Figura 2.9: Cambio del hinterland portuario a diferentes precios de bunker.

Tabla 2.13: Cambio del PIB capturado a diferentes precios de bunker.

Puerto	Factor precio de bunker				
	x0.25	x0.5	x1	x2	x4
San Antonio	106%	103%	100%	96%	85%
Callao	103%	101%	100%	100%	99%
Guayaquil	108%	104%	100%	98%	94%
Buenos Aires	97%	98%	100%	101%	105%
Santos	99%	100%	100%	100%	101%
Cartagena	96%	98%	100%	101%	103%

Para este caso, se puede observar que a un mayor precio del bunker los puertos de la costa este se ven beneficiados, aumentando el área de su hinterland y con este capturando un mayor PIB total. Esto se puede explicar debido a que al aumentar el valor de bunker y con el objetivo de disminuir el costo total del viaje, cobran una mayor importancia los puertos de exportación que se encuentren más cercano al puerto de

destino, que en este caso es Rotterdam, debido a que de esta forma el viaje marítimo posee una menor distancia.

Posterior a esto, se realizó un análisis de sensibilidad modificando el valor del costo portuario del puerto de San Antonio y del puerto de Buenos Aires. Estos se eligieron debido a que eran los puertos que poseían una mayor cantidad de rutas entre sí y por lo mismo, se pueden definir los límites de sus hinterlands con una mayor precisión. Sus valores se modificaron en 4, 2 y 0,25 veces el valor del costo portuario inicial. El cambio del PIB capturados por los puertos de San Antonio y Buenos Aires se puede ver en la figura 2.10 y el cambio de área que captura cada puerto en la figura 2.11.

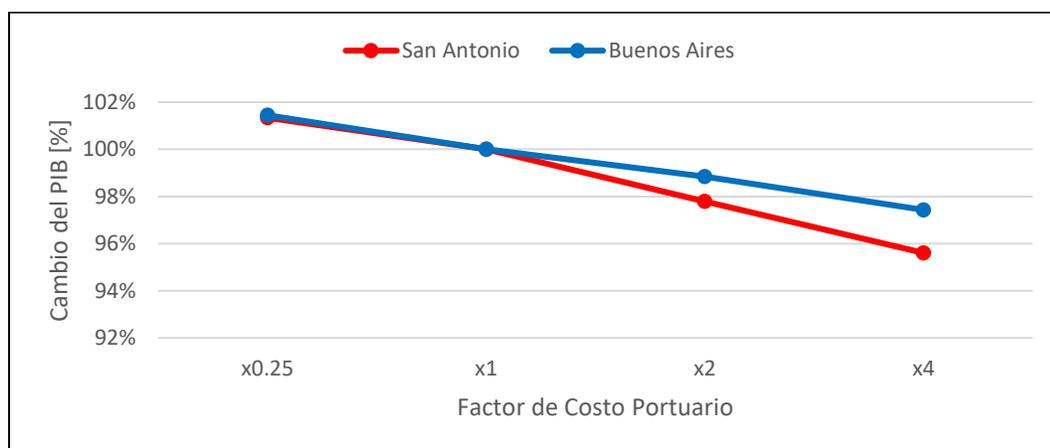


Figura 2.10: Cambio del PIB capturado a diferentes costos portuarios.

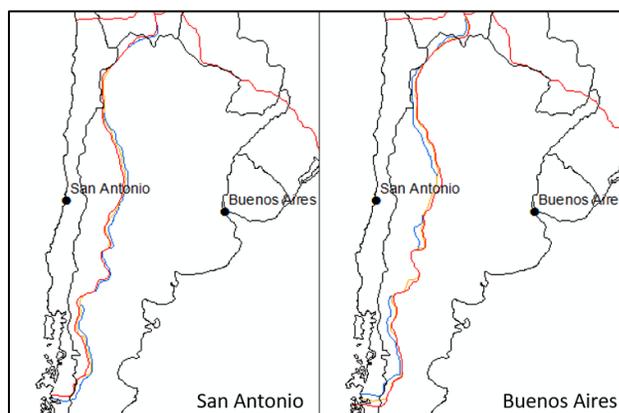


Figura 2.11: Cambio del hinterland portuario a diferentes costos portuarios.

Se puede observar que al aumentar el costo portuario para San Antonio 4 veces este puerto puede perder una cantidad cercana al 5% de su PIB inicial, lo que corresponde a 23.855 millones de dólares provocando que este PIB se adquirido por su competidor más cercano que es el puerto de Buenos Aires.

Para el caso del puerto de Buenos Aires ocurre el mismo efecto, al aumentar su costo de exportación inicial a una cantidad de 4 veces este puerto pierde una cantidad cercana a un 3% del PIB que atrapaba inicialmente, correspondiente a 29.927 millones de dólares y a su vez beneficiando de esta forma al puerto de San Antonio.

2.6. Discusión

Se puede observar que los hinterlands obtenidos considerando el modelo utilizado dependen de varios factores, uno de los factores más importantes a discutir es el puerto de destino a exportar. Esto se puede observar en las diferentes áreas y PIB capturado por cada puerto dependiendo el destino que se muestran en las secciones anteriores. Demostrando que puede ser erróneo considerar los hinterlands como delimitaciones estáticas para un conjunto de puertos que compiten por abarcar una determinada zona terrestre como se plantea en algunos estudios, más bien se observa que el hinterland de cada puerto es una delimitación dinámica que depende fuertemente del destino a exportar debido a los costos que implica el transporte marítimo. Por lo tanto, siempre se debería tener en cuenta a donde exportar si se quieren determinar hinterlands portuarios mediante el método de elección portuaria.

Otro gran factor que se hace necesario para poder representar de forma real los hinterland portuarios es considerar la existencia de las rutas logísticas reales dentro de la zona a analizar. Se observa que la diferencia entre hinterlands calculados a partir de distancias euclidianas difiere bastante a los calculados con distancias logísticas. Estas diferencias pueden alcanzar cantidades como 280 mil millones y 260 mil millones de dólares en PIB capturado en algunos casos, lo que es una cantidad considerable para cualquier puerto. A pesar de que evidentemente implementar una forma para utilizar el método logístico es mucho más complicado que utilizar el euclidiano, se hace necesario

utilizar este método para poder obtener resultados fidedignos a la realidad logística de una determinada zona. Esto confirma que la utilización del método logístico para determinar un cierto hinterland portuario modifica considerablemente la forma del hinterland calculado por un método euclidiano y es necesario para tener una delimitación más cercana a la realidad.

Las diferencias entre los métodos podrían explicarse a que ciertas rutas, como son los pasos fronterizos entre países, o la escasez de rutas en ciertos sectores actúan realmente como cuellos de botella logísticos en la captura de área para los puertos. Esto debido a que el método euclidiano asume que se tiene acceso a cualquier sector, en cambio el método logístico no. Un ejemplo de esto que se puede observar, es el diferencial euclidiano-logístico entre los puertos de San Antonio y Buenos Aires, que se puede explicar por los pocos pasos fronterizos que hay entre Chile y Argentina. Otro ejemplo a observar, es el caso de las pocas rutas existentes en el norte de Brasil, debido al Amazonas y a que no se consideraron *seaways* en este estudio.

A lo largo de toda la investigación se expresa claramente una constante competencia entre los puertos de la costa oeste versus los puertos de la costa este, que no deja de ser interesante, debido a que se observa que al modificar ciertos factores estos se ven beneficiados o perjudicados, perjudicando o beneficiando a su contraparte en la costa opuesta. A partir de esto se puede establecer que más que una competencia de todos contra todos, en realidad se genera una competencia entre grupos de puertos.

En base a los análisis de sensibilidad realizados, se puede definir que la variable que posee mayor incidencia en la variación de los hinterlands portuario es el costo del combustible, se observó que, si esta variable aumenta al doble su valor, el PIB capturado por un puerto puede alcanzar el 120% de su valor base, lo que corresponde a 99 mil millones de dólares, lo que claramente es una cantidad considerable. Esto refuerza la idea que el hinterland portuario se define por una delimitación dinámica ya que se ve afectado por el precio de un *commodity*, que en este caso está definido por un comportamiento estocástico.

Otro aspecto fundamental a discutir, es la injerencia que posee el costo portuario sobre el PIB capturado por cada puerto. Se observa que puede capturar valores cercanos

a un 5% lo que es bastante para ser una variable que se puede controlar, modificándola a través de políticas públicas por parte de las autoridades pertinentes. Esto responde a una de las preguntas planteadas al inicio de esta investigación. Esto podría traer beneficios considerables para una zona portuaria, sin embargo, es necesario analizar el *trade-off* entre abaratar costos portuarios lo que implica una pérdida para el puerto versus el beneficio que implica aumentar el hinterland portuario y con esto el PIB capturado por el puerto.

En base la metodología propuesta, es posible construir un modelo para determinar los hinterlands portuarios de los principales puertos de Sudamérica considerando distancias euclidianas y logísticas. Cumpliendo uno de los objetivos de la investigación. Proponemos esta metodología como una forma confiable para abordar este problema, ya que posee nuevas y diferentes características de lo que se ha hecho hasta ahora en la literatura, diferenciándose principalmente en su minimización de costos y la consideración de rutas logísticas para la obtención de resultados. Es importante destacar que la estructura de costos se ha simplificado fuertemente, por lo que, si esta metodología se desea utilizar para obtener resultados totalmente confiables, los costos se tendrían que expandir, en especial los costos portuarios comunicándose con el puerto a analizar para así poder incorporar todas las tarifas que el puerto y sus empresas cobran.

Como todo estudio, este posee ciertas limitaciones y supuestos, los cuales pueden alterar de alguna forma los resultados, sin embargo, no constituyen un factor determinante para la obtención de los mismos. Los principales supuestos que fueron considerados son que los costos por transporte terrestre son proporcionales a las distancias recorridas y no se ven afectados por subidas o bajadas en las rutas definidas. El transporte terrestre no presenta demoras, viaja a velocidad constante y no se consideraron aspectos legales, como lo son las horas de descanso u horarios a cumplir para los conductores. Con respecto al PIB, se consideró una distribución homogénea de este por unidad de área en cada país. En relación a las rutas navieras, se asume que las rutas entre los puertos definidos existen, el viaje no considera parada entre puertos y que el buque posee una velocidad constante. Con respecto a los costos, no se consideraron los costos por cargar el contenedor al camión en el punto de origen. Los contenedores al llegar a un puerto se cargan de forma inmediata, por lo que no se consideran costos por tiempos en la manipulación de la carga y no fueron

considerados los itinerarios de los puertos, asumiendo que estos siempre funcionan. Finalmente, con respecto a las diferencias entre los países en los que se realizó esta investigación, no fueron consideradas las diferencias en precios, impuestos y riesgos. Tampoco se consideró una diferenciación en costos de la carga en tránsito, es decir, no se consideraron los costos por papeleo y tiempo que significa transportar carga desde un país y que salga por el puerto de otro país. Además, no fue considerado el ámbito subjetivo de los costos, esto hace referencia a todos los aspectos que pueden causar alguna alteración en el transporte de los contenedores, como lo son los riesgos sociales, el ambiente macroeconómico, el ambiente político y las leyes sociales.

2.7. Conclusión

La metodología usada para la modelación de los hinterlands portuarios presentada en esta investigación sin duda entrega un resultado mucho más cercano a la realidad debido al uso de rutas logísticas y por considerar como objetivo la minimización de los costos de exportación. El presente modelo puede ser usado para calcular los hinterlands de diversos escenarios entregando resultados robustos. Las figuras mostradas en esta investigación demuestran que existen considerables diferencias entre realizar la modelación considerando el método euclidiano y realizarla considerando el método logístico. Nosotros recomendamos fuertemente utilizar el método logístico al momento de modelar para obtener resultados más confiables. También se puede notar el cambio de forma en los hinterlands portuarios en función del puerto de destino, por lo que se propone siempre definir el destino de exportación antes de modelar. Los resultados de sensibilidad relacionados al costo portuario pueden mandar una fuerte señal para que las autoridades pertinentes trabajen en políticas públicas para abarcar mayores beneficios en comparación a los puertos competidores.

3. CONCLUSIONES GENERALES E INVESTIGACIÓN FUTURA

La principal contribución del presente trabajo es crear un modelo nuevo para delimitar el hinterland portuario, basándose principalmente en la idea que se busca minimizar los costos del transporte de mercancías en contenedores. La particularidad de este modelo es que incluye rutas reales para definir los costos de transporte, al hacer esto se obtienen resultados más precisos en la delimitación de los hinterlands portuarios de una determinada región.

Los resultados obtenidos muestran que existen diferencias significativas al modelar utilizando el método con distancias euclidianas sobre el método con distancias logísticas, estas diferencias son de mil millones de dólares en PIB capturado. Nosotros recomendamos utilizar la modelación con el método logístico, a pesar de que su implementación es más compleja, los resultados son más cercanos a la realidad ya que consideran las rutas reales de la región.

Es bastante interesante analizar el impacto que posee el costo portuario sobre los hinterlands, a pesar de que no posee un impacto tan grande como el costo del combustible, esta variable es más fácil de controlar por las autoridades portuarias y puede servir para tomar decisiones estratégicas para mejorar el desarrollo de los puertos y de la región. Esta variable si se trabaja adecuadamente puede disminuir su valor y esto puede traer importantes beneficios económicos a una determinada zona.

Con relación a las limitaciones de este trabajo, se omitieron considerar algunos costos debido a la diferente estructura de costos que cada puerto utiliza y también se omitieron demoras o problemas en todo lo relacionado al transporte de mercancías. Particularmente en relación con este tema, se podría incluir la interacción entre puertos y navieras, ya que la configuración de los servicios de las navieras influye en la frecuencia que los buques portacontenedores tienen en los puertos y esto finalmente impacta a los costos de inventario. De esta forma, el trabajo futuro podría incluir una estructura de costos más robusta caracterizando a cada puerto en forma particular, de esta forma se estaría considerando que cada puerto difiere bastante de los otros en tema de cobros por servicios.

Una posible extensión del trabajo podría considerar una mayor cantidad de rutas logísticas, considerando los 4 o 5 tipos más importantes, considerando que el presente estudio sólo consideró los tres tipos de rutas más importantes según la clasificación que otorga Openstreetmap. Sin embargo, en este aspecto hay que tener en cuenta la capacidad computacional disponible para analizar cada nodo del grafo y si es viable poder aplicar el algoritmo de resolución a cada uno de los nodos considerando la extensa red generada. Siguiendo esta línea de mejorar el grafo generado, otra extensión del trabajo podría incluir rutas marítimas y vías férreas en el grafo final para considerar todas las posibles formas de distribución de mercancías en contenedores.

Finalmente, se puede establecer que este modelo puede ser una interesante herramienta para ser usada por cualquier país que quiera definir la exportación de diversas mercancías. Puede ayudar a disminuir costos de transporte de empresas y ayudar en la toma de decisiones estratégicas con relación a la ubicación de puertos o terminales de conexión de mercancías. En el caso particular de Chile, puede tener un interesante uso, considerando la gran cantidad de puertos de exportación que tiene este país.

BIBLIOGRAFÍA

- APG. (2016). Tarifario. Retrieved August 23, 2016, from <http://www.apg.gob.ec/>
- APN. (2016). Servicios Portuarios. Retrieved August 22, 2016, from <https://www.apn.gob.pe/site/>
- Balzer, M., & Deussen, O. (2005). Voronoi Treemaps. *Proceedings - IEEE Symposium on Information Visualization, INFO VIS*, 49–56. <https://doi.org/10.1109/INFVIS.2005.1532128>
- Bryan, J., Munday, M., Pickernell, D., & Roberts, A. (2006). Assessing the economic significance of port activity: Evidence from ABP Operations in industrial South Wales. *Maritime Policy and Management*, 33(4), 371–386. <https://doi.org/10.1080/03088830600895600>
- BTP. (2016). Services. Retrieved August 22, 2016, from <http://btp.com.br/en/>
- Canal de Panamá. (2016). Maritime Services. Retrieved September 8, 2016, from <https://www.pancanal.com/eng/op/index.html>
- Castillo-Manzano, J. I., González-Laxe, F., & López-Valpuesta, L. (2013). Intermodal connections at Spanish ports and their role in capturing hinterland traffic. *Ocean and Coastal Management*, 86, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.10.003>
- CEPAL. (2016). Maritime and Logistics Profile of Latin America and the Caribbean. Retrieved August 10, 2016, from <http://perfil.cepal.org/l/en/start.html>
- Chang, Y. T., Lee, S. Y., & Tongzon, J. L. (2008). Port selection factors by shipping lines: Different perspectives between trunk liners and feeder service providers. *Marine Policy*, 32(6), 877–885. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2008.01.003>
- ChileTransporte AG. (2010). Estudio Sectorial de Remuneraciones En Empresas de Transporte de Carga por Carretera. Retrieved August 23, 2016, from <http://www.chiletransporte.cl/portal/images/Documentos/InformeRemuneraciones2010.pdf>

- Chou, C. C. (2007). A fuzzy MCDM method for solving marine transshipment container port selection problems. *Applied Mathematics and Computation*, 186(1), 435–444. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2006.07.125>
- Chou, C. C. (2010). AHP model for the container port choice in the multiple-ports region. *Journal of Marine Science and Technology*, 18(2), 221–232.
- CIA. (2016). Guide to Country Comparisons. Retrieved September 13, 2016, from <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/rankorderguide.html>
- Contecon Guayaquil. (2016). Tarifas Generales. Retrieved August 23, 2016, from <http://www.cgsa.com.ec/inicio.aspx>
- ENAPU S.A. (2016). Tarifas Generales. Retrieved August 22, 2016, from <http://www.enapu.com.pe/web/index.php>
- Evans, S. R., & Hutchins, M. (2002). The Development of Strategic Transport Assets in Greater Manchester and Merseyside: Does Local Governance Matter? *Regional Studies*, 36(4), 429–438. <https://doi.org/10.1080/00343400220131197>
- Ferrari, C., Parola, F., & Gattorna, E. (2011). Measuring the quality of port hinterland accessibility: The Ligurian case. *Transport Policy*, 18(2), 382–391. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.11.002>
- Fetter, F. A. (1924). The Economic Law of Market Areas. *The Quarterly Journal of Economics*, 38(3), 520–529.
- Frémont, A., & Franc, P. (2010). Hinterland transportation in Europe: Combined transport versus road transport. *Journal of Transport Geography*, 18(4), 548–556. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.03.009>
- Garcia-Alonso, L., & Sanchez-Soriano, J. J. (2009). Port selection from a hinterland perspective. *Maritime Economics and Logistics*, 11(3), 260–269. <https://doi.org/10.1057/mel.2009.9>
- Georgia ports authority. (2016). GPA Insta-Rate. Retrieved August 24, 2016, from

<http://www.gaports.com/>

Gleave SD. (2011). Análisis de costos y competitividad de modos de transporte terrestre de carga interurbana. Retrieved August 23, 2016, from

<http://www.subtrans.gob.cl/subtrans/doc/Informefinalcorregido.pdf>

GlobalPetrolPrices. (2016). Diesel prices around the world. Retrieved August 16, 2016, from http://www.globalpetrolprices.com/diesel_prices/

González Laxe, F., Castillo Manzano, J. I., & López Valpuesta, L. (2006). Una Introducción al Análisis del Tráfico de Contenedores mediante los Vectores Autoregresivos. *EAWP : Documentos de Trabajo En Análisis Económico = Economical Analysis Working Papers*, 5(1). Retrieved from

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1388336&orden=58617&info=link%5Cnhttp://dialnet.unirioja.es/servlet/extart?codigo=1388336>

Haralambides, H. (2007). Structure and operations in the liner shipping industry.

Handbook of Transport Modelling: 2nd. Retrieved from

<http://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/9780857245670-040>

Haralambides, H. E. (2004). Determinants of Price and Price Stability in Liner Shipping. *Workshop on The Industrial Organization of Shipping and Ports National University of Singapore 5-6 March 2004, Singapore*, (March).

Hill, S., & Munday, M. (1994). *The regional distribution of foreign manufacturing investment in the UK* (The Macmil). London. Retrieved from

[https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=p9G-](https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=p9G-DAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP10&dq=See+HILL1994+The+Regional+Distribution+of+Foreign+Manufacturing+Investment+in+the+UK&ots=8aq026Slcf&sig=mjjXrKRYTYxcsFsn1lW8dvllnDU)

[DAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP10&dq=See+HILL1994+The+Regional+Distribution+of+Foreign+Manufacturing+Investment+in+the+UK&ots=8aq026Slcf&sig=mjjXrKRYTYxcsFsn1lW8dvllnDU](https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=p9G-DAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP10&dq=See+HILL1994+The+Regional+Distribution+of+Foreign+Manufacturing+Investment+in+the+UK&ots=8aq026Slcf&sig=mjjXrKRYTYxcsFsn1lW8dvllnDU)

HPA. (2012). *Hamburg is staying on course, the port development plan to 2050*.

Retrieved from <http://www.hamburg-port-authority.de/en/press/Brochures-and-publications/Documents/port-development-plan2025.pdf>

Hyson, F. A., & Hyson, W. P. (1950). *The Economic Law of Market Areas*. *The*

Quartely Journal of Economics, 64(2), 319–327.

Iannone, F. (2012). A model optimizing the port-hinterland logistics of containers: The case of the Campania region in Southern Italy. *Maritime Economics & Logistics*, 14(1), 33–72. <https://doi.org/10.1057/mel.2011.16>

International Monetary Fund. (2016). World Economic Outlook Database. Retrieved September 13, 2016, from <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2016/02/weodata/index.aspx>

Janic, M. (2001). Integrated transport systems in the European Union: an overview of some recent developments. *Transport Reviews*, 21(4), 469–497. <https://doi.org/10.1080/01441640110042147>

Janic, M. (2007). Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12(1), 33–44. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2006.10.004>

Janic, M. (2008). An assessment of the performance of the European long intermodal freight trains (LIFTS). *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(10), 1326–1339. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.06.008>

Kramberger, T., Rupnik, B., Štrubelj, G., & Prah, K. (2015). Port Hinterland Modelling Based on Port Choice. *PROMET-Traffic & Transportation*, 27(3), 195–203. <https://doi.org/10.7307/ptt.v27i3.1611>

Langen, P. W. De. (2007). Port competition and selection in contestable hinterlands ; the case of Austria. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 1(7), 1–14.

Lättilä, L., Henttu, V., & Hilmola, O. P. (2013). Hinterland operations of sea ports do matter: Dry port usage effects on transportation costs and CO2 emissions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 55, 23–42. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2013.03.007>

Li, F., Shi, X., & Hu, H. (2011). Location selection of dry port based on AP clustering: The case of SouthWest China. *LISS 2011 - Proceedings of the 1st International*

- Conference on Logistics, Informatics and Service Science*, 2(5), 255–261. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84885923516&partnerID=40&md5=c66e4b924063f39927bd8d60538bfc4e>
- Luo, M., & Grigalunas, T. A. (2003). A Spatial-Economic Multimodal Transportation Simulation Model For US Coastal Container Ports. *Maritime Economics & Logistics*, 5(2), 158–178. <https://doi.org/10.1057/palgrave.mel.9100067>
- Maersk Line. (2016). Vessel Information. Retrieved August 29, 2016, from <https://my.maerskline.com/schedules/vessel>
- Malchow, M. B., & Kanafani, A. (2004). A disaggregate analysis of port selection. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 40(4), 317–337. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2003.05.001>
- Mangan, J., & Cunningham, J. (2000). Irish Ports: Commercialisation and Strategic Change. *Business Strategy Review*, 11(3), 51. <https://doi.org/Article>
- Meng, Q., & Wang, X. (2010). Utility-Based Estimation of Probabilistic Port Hinterland for Networks of Intermodal Freight Transportation. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2168(2168), 53–62. <https://doi.org/10.3141/2168-07>
- Nazemzadeh, M., & Vanelslander, T. (2015). The container transport system: Selection criteria and business attractiveness for North-European ports. *Maritime Economics & Logistics*, 17(2), 221–245. <https://doi.org/10.1057/mel.2015.1>
- Ng, A. K. Y. ., & Cetin, I. B. . (2012). Locational Characteristics of Dry Ports in Developing Economies: Some Lessons from Northern India. *Regional Studies*, 46(6), 757–773. <https://doi.org/10.1080/00343404.2010.532117>
- Notteboom, T. E. (2008). *The Relationship between Seaports and the Intermodal Hinterland in light of Global Supply Chains. Discussion Paper No . 2008-10.* <https://doi.org/10.1787/9789282102251-en>
- Notteboom, T. E., & Vernimmen, B. (2009). The effect of high fuel costs on liner

service configuration in container shipping. *Journal of Transport Geography*, 17(5), 325–337. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2008.05.003>

Notteboom, T., & Rodrigue, J. (2007). Re-assessing port-hinterland relationships in the context of global commodity chains. *Ports, Cities, and Global*. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/4152/40c5f827a6045c0d331c4e98c93542efd80e.pdf>

Openstreetmap. (2017). Transport Map. Retrieved February 23, 2017, from <http://www.openstreetmap.org>

Park, Y.-A., & Medda, F. (2015). Hub Status and Indexation of Container Ports. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 31(2), 253–272. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2015.06.005>

Port of Rotterdam. (2014). *Voortgangsrapportage 2014*. Retrieved from https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/Voortgangsrapportage-havenvisie-2030_0.pdf

Port Of Rotterdam. (2016). Port Dues. Retrieved August 25, 2016, from <https://www.portofrotterdam.com/en>

Porto De Santos. (2016). Tarifa Portuária. Retrieved August 22, 2016, from <http://www.portodesantos.com.br/>

Puerto Buenos Aires. (2016). Tarifario. Retrieved August 22, 2016, from <http://www.puertobuenosaires.gov.ar/>

Puerto San Antonio. (2016). Servicios. Retrieved August 23, 2016, from <http://www.sanantonioport.cc.cl/index1.html>

Rodrigue, J., & Notteboom, T. (2006). Challenges in the maritime-land interface: port hinterlands and regionalization. *The Master Development Plan for Port*. Retrieved from http://www.academia.edu/download/42979618/Challenges_in_the_Maritime-Land_Interfac20160223-11682-1xywri.pdf

Sargent, A. J. (1938). *Seaports and Hinterlands*. Adam and Charles Black.

Sea Distances. (2016). Port distances. Retrieved September 5, 2016, from

<http://www.sea-distances.org/>

Seedah, D., Harrison, R., Boske, L., & Kruse, J. (2013). *Container Terminal and Cargo-Handling Cost Analysis Toolkit*. Retrieved from <http://library.ctr.utexas.edu/ctr-publications/0-6690-CTR-P2.pdf>

Ship & Bunker. (2016). Average Bunker Prices. Retrieved September 5, 2016, from <http://shipandbunker.com/prices/av>

SinoAgent. (2016). Tariff. Retrieved August 24, 2016, from <http://www.sinoagent.com/col/col497/index.html>

SIPG. (2016). Business profile. Retrieved August 24, 2016, from http://www.yangshanterminal.com/ysportal_english/index.htm

Song, D. W., & Yeo, K. T. (2004). A Competitive Analysis of Chinese Container Ports Using the Analytic Hierarchy Process. *Maritime Economics and Logistics*, 6(1), 34–52. <https://doi.org/10.1057/palgrave.mel.9100096>

SPRC. (2016). Portafolio de Servicios. Retrieved August 23, 2016, from <http://www.puertocartagena.com/>

STI. (2016). Tarifas y Servicios. Retrieved August 23, 2016, from <https://www.stiport.com/>

Stopford, M. (2009). *Maritime Economics*. Routledge. [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(98\)00021-0](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(98)00021-0)

Suykens, F., & Van De Voorde, E. (1998). A quarter a century of port management in Europe: objectives and tools. *Maritime Policy & Management*, 25(3), 251–261. <https://doi.org/10.1080/03088839800000037>

The Port Of Los Angeles. (2016). Tariff. Retrieved August 24, 2016, from <https://www.portoflosangeles.org/>

Tran, N. K., Haasis, H.-D., & Buer, T. (2016). Container shipping route design incorporating the costs of shipping, inland/feeder transport, inventory and CO2 emission. *Maritime Economics & Logistics*, (March), 1–28.

<https://doi.org/10.1057/mel.2016.11>

TRP. (2016). Tarifario. Retrieved August 22, 2016, from <http://www.trp.com.ar/>

UNCTAD. (2017). Data Center of Maritime Transport. Retrieved May 10, 2017, from http://unctadstat.unctad.org/wds/ReportFolders/reportFolders.aspx?sCS_ChosenLang=en

Van Klink, H. A., & Van Den Berg, G. C. (1998). Gateways and intermodalism. *Journal of Transport Geography*, 6(1), 1–9. [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(97\)00035-5](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(97)00035-5)

Veldman, S., Garcia-Alonso, L., & Vallejo-Pinto, J. A. (2013). A port choice model with logit models: a case study for the Spanish container trade. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 5(4/5), 373.

<https://doi.org/10.1504/IJSTL.2013.055277>

Vessel Finder. (2016). Vessel Details and current position. Retrieved August 29, 2016, from <https://www.vesselfinder.com/vessels>

Wang, G. W. Y., Zeng, Q., Li, K., & Yang, J. (2016). Port connectivity in a logistic network: The case of Bohai Bay, China. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 95, 341–354. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.04.009>

Wang, X., Meng, Q., & Miao, L. (2016). Delimiting port hinterlands based on intermodal network flows: Model and algorithm. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 88, 32–51.

<https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.02.004>

World Maritime News. (2017). World's Largest Boxship Joins Maersk Line's Fleet. Retrieved April 26, 2017, from <http://worldmaritimenews.com/archives/217566/worlds-largest-boxship-joins-maersk-lines-fleet/>

Yeo, G. T., Roe, M., & Dinwoodie, J. (2008). Evaluating the competitiveness of container ports in Korea and China. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(6), 910–921. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2008.01.014>

Zan, Y. (1999). Analysis of container port policy by the reaction of an equilibrium

shipping market. *Maritime Policy & Management*, 26(4), 369–381.

<https://doi.org/10.1080/030888399286808>

Zeng, W., & Church, R. L. (2009). Finding shortest paths on real road networks: the case for A*. *International Journal of Geographical Information Science*, 23(4), 531–543. <https://doi.org/10.1080/13658810801949850>

Zhuang, J., & Yu, S. (2014). The Hinterland Spatial Structure Evolvement of Competitive Port Base on ArcGis. In Z. Wen & T. Li (Eds.), *Practical Applications of Intelligent Systems. Advances in Intelligent Systems and Computing – AISC 2014* (pp. 1143–1153). Springer, Berlin, Heidelberg.

Zondag, B., Bucci, P., Gützkow, P., & de Jong, G. (2010). Port competition modeling including maritime, port, and hinterland characteristics. *Maritime Policy & Management*, 37(3), 179–194. <https://doi.org/10.1080/03088831003700579>