

Proyecto apoyado por



CORFO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PAQUETE TECNOLÓGICO ORIENTADO A LA LOCALIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE CENTROS MULTIMODALES PARA LAS CADENAS LOGÍSTICAS DE EXPORTACIÓN DE LA MESO REGIÓN MAULE - LOS LAGOS.

Seminario

Concepción, Diciembre de 2019



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA



PROGRAMA DE TRABAJO

Hora	Actividad
15.00-15.20	Palabras de Directora de Comité de Fomento Productivo Región del Biobío Sra. Macarena Vera M.
15.30-16.15	Antecedentes del Proyecto
16.15-16.45	Metodología, Información y Modelos
16.45-17.10	Coffee Break
17.15-17.40	Modelo de optimización
17.45-18.15	Software de simulación
18.20-19.00	Simulación de Escenarios
19.00-19.30	Discusión y Conclusiones
19.30	Cocktail

ANTECEDENTES

- Proyecto de I+D+i , aprobado el año 2017 en el marco del programa de BIENES PUBLICOS ESTRATÉGICOS PARA LA COMPETITIVIDAD de CORFO INNOVA CHILE .
- Actúa como mandante la SEREMI de Obras Públicas beneficiario la U. del Bío-Bío y como co-ejecutores la Universidad Católica de la SC, la Universidad de Talca y la Universidad de la Frontera.
- Presupuesto total de \$ 94.313.800, (63% CI, 19% B, 7% M y 11% CE)

EQUIPO DE TRABAJO

-  Dr. Francisco Núñez (*Director del proyecto*)
-  Dr. © Elías Albornoz
-  Mg. Alan Osorio
-  Mg. Rodrigo Scheel
-  Dr. Rodrigo Linfati
-  Mg. Mariella Gutiérrez
-  Dr. Jorge Beyer
-  Mg. Karem Urzúa
-  Dr. Jaime Bustos
-  Dra. Marcela González



OBJETIVOS: GENERALES

Desarrollar, transferir y difundir un paquete tecnológico de identificación y localización de nodos multimodales mediante la simulación y proyección de escenarios económicos y de cargas sobre la infraestructura logística de la Meso Región Centro Sur, a efecto de apoyar los procesos de toma de decisiones de implementación de centros multimodales, maximizando la eficiencia de la operación de las cadenas logísticas y propendiendo a la competitividad meso regional en un entorno global.

OBJETIVOS :ESPECÍFICOS

1. Implementar una infraestructura de datos espaciales (IDE) y alfanuméricas que contenga las variables logísticas relevantes georreferenciadas en un sistema de información geográfico (SIG) meso regional.
2. Implementar y operar un simulador logístico-espacial basado en modelos estocásticos, soportado por una plataforma informática y geográfica, para la identificación y localización de centros multimodales, de acuerdo a escenarios técnicos y económicos probables.
3. Transferir el paquete tecnológico al oferente y difundir el simulador y sus potencialidades a la comunidad local y regional, y específicamente a los usuarios y beneficiarios finales directos e indirectos.

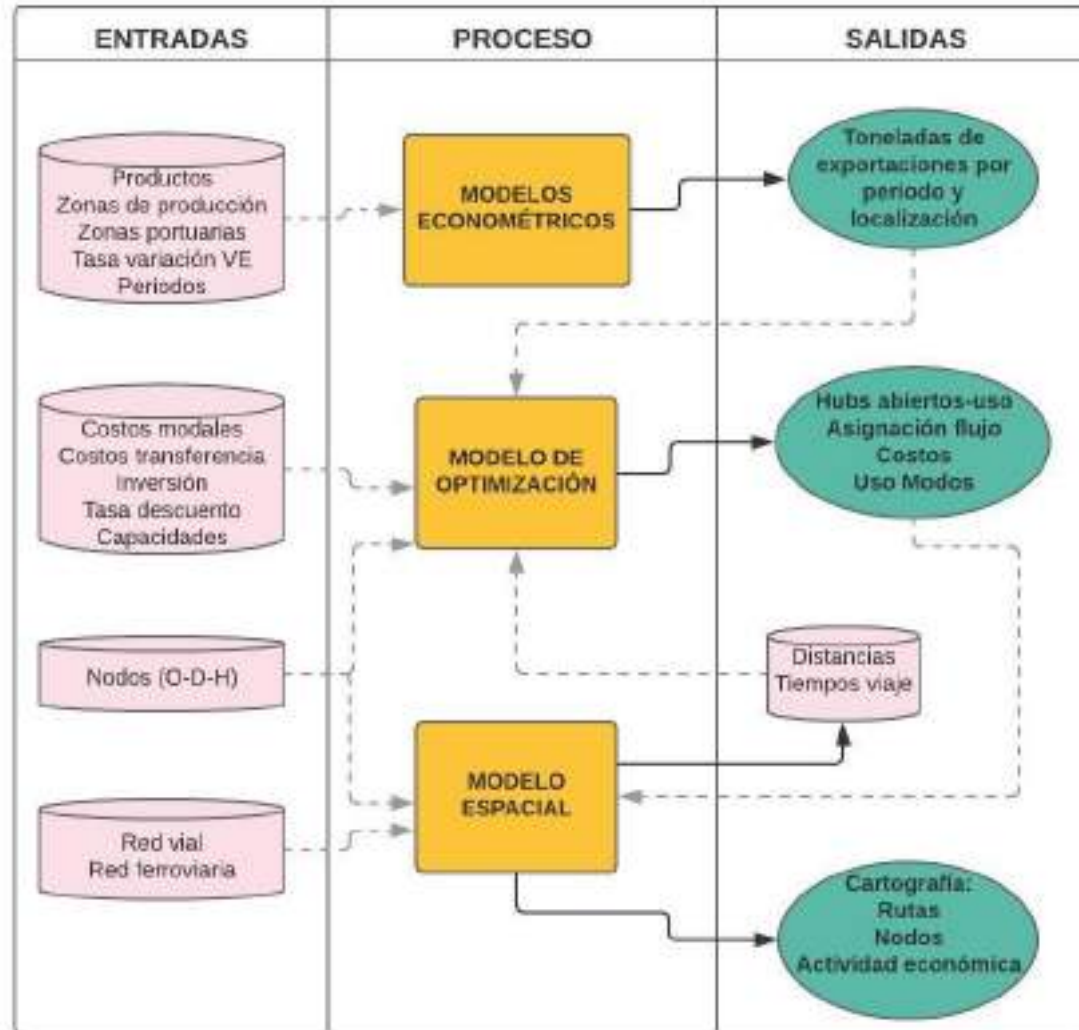
RESULTADOS

- Plataforma de infraestructura de datos espaciales y alfanuméricos en base a cartografía temática e información territorial
- Modelos geográficos, econométricos y de optimización para la localización de nodos multimodales
- Simulador logístico espacial montado sobre plataforma computacional SIG
- Formulación de escenarios logísticos
- Análisis de localización de nodos multimodales en base a flujos e infraestructura logística.

PRINCIPALES ACTIVIDADES

- Definición de requerimientos de información y fuentes de obtención.
- Creación de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)
- Formulación y validación de modelos geográficos , econométricos y de optimización
- Especificación de Instrumento de simulación
- Programación y validación de software
- Formulación de Escenarios de localización
- Validación y análisis de localización nodos multimodales

SISTEMA INTEROPERABLE



LA INFORMACIÓN: EXPORTACIONES

Cadenas Logísticas

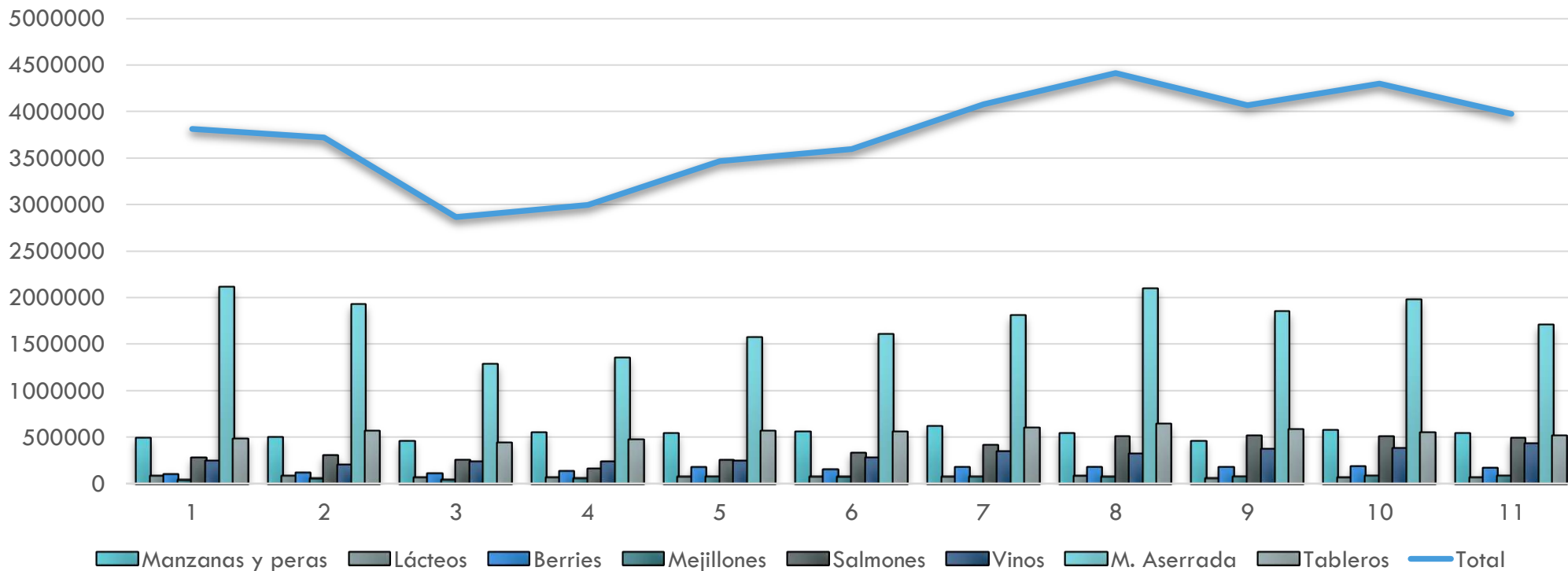
- Agroindustria para el desarrollo.
- Alimentos con valor agregado.
- Industria de los berries.
- Industria de los mitílidos.
- Industrial del salmón e industria de la miticultura.
- Industria del vino.
- Industria secundaria de la madera.



INFORMACIÓN: EXPORTACIONES

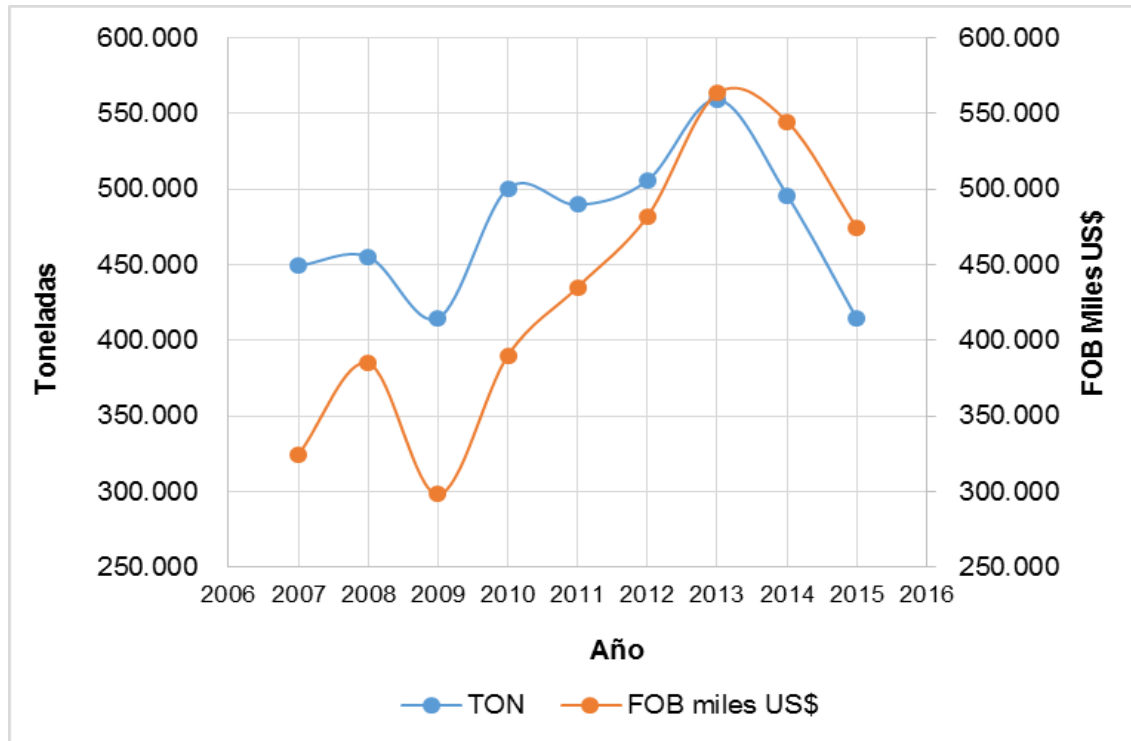
Servicio Nacional de Aduanas 2007-2017 (Anuales-Trimestrales)

Cargas Exportadas

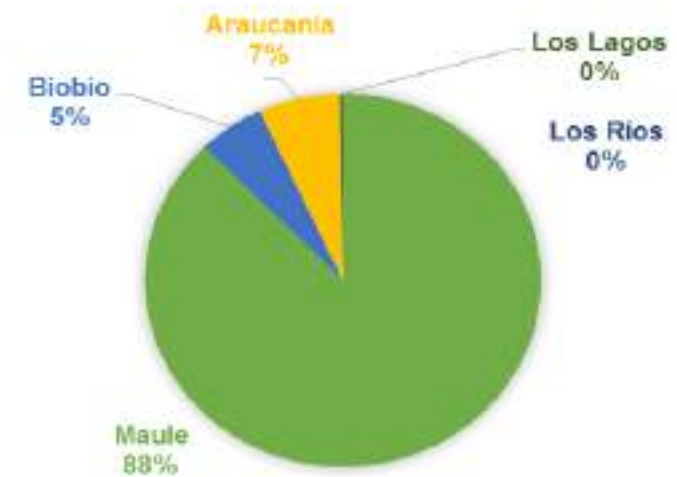


INFORMACIÓN: EXPORTACIONES

Agroindustria

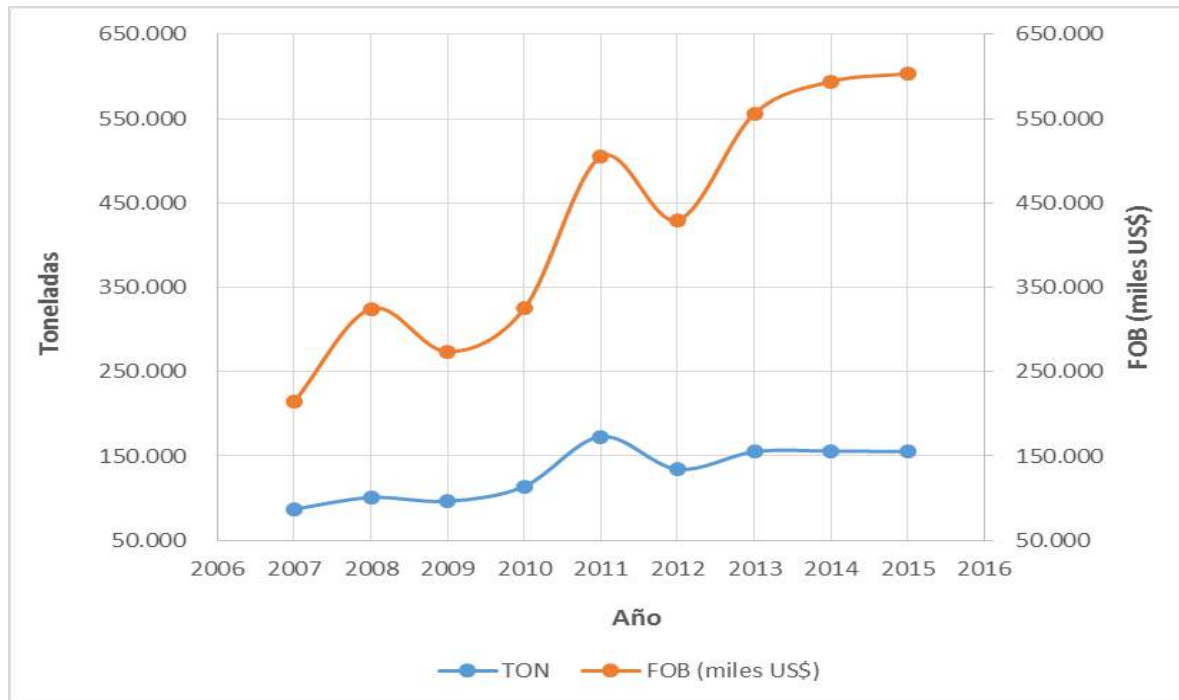


PARTICIPACIÓN DE LAS REGIONES



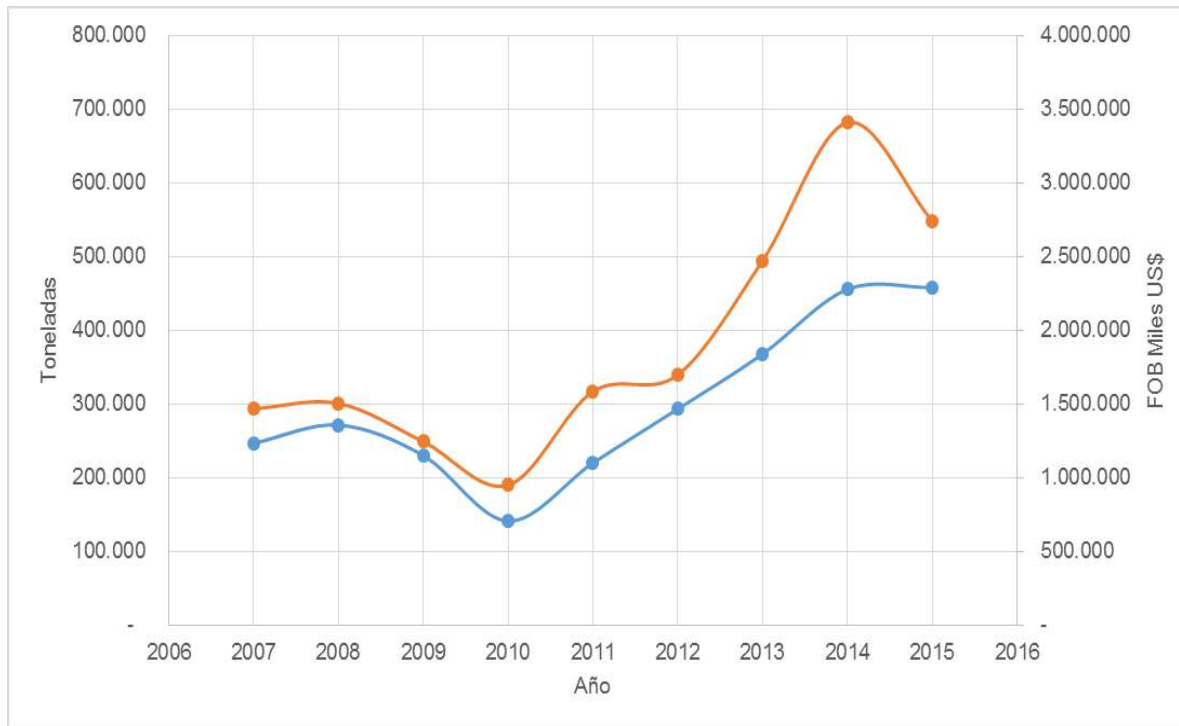
INFORMACIÓN: EXPORTACIONES

Berries

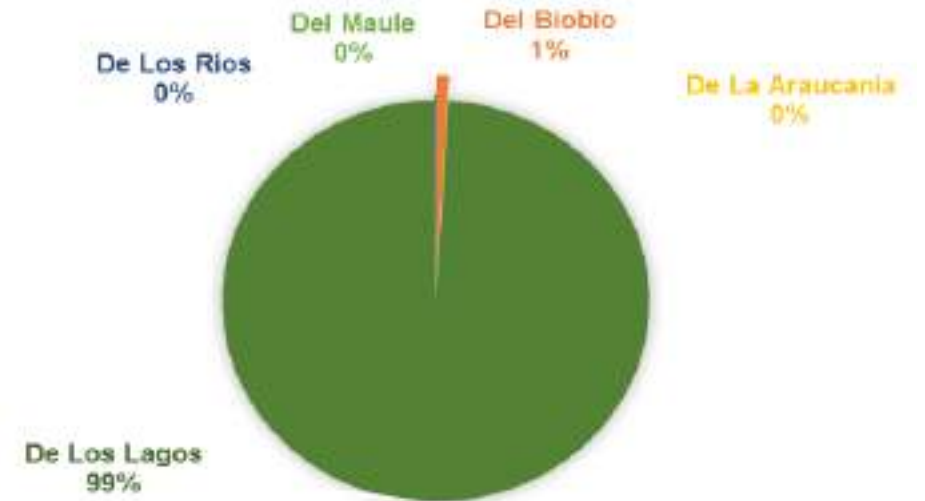


INFORMACIÓN: EXPORTACIONES

Salmón

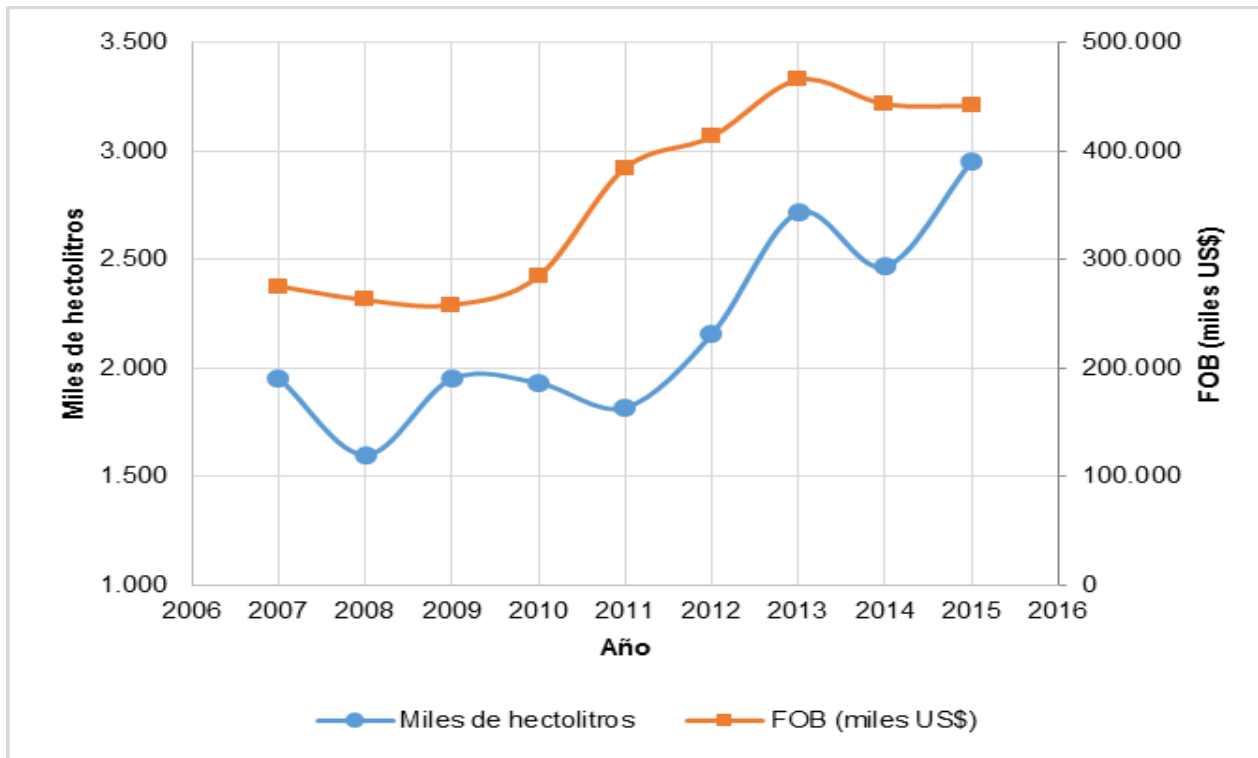


PARTICIPACIÓN DE LAS REGIONES



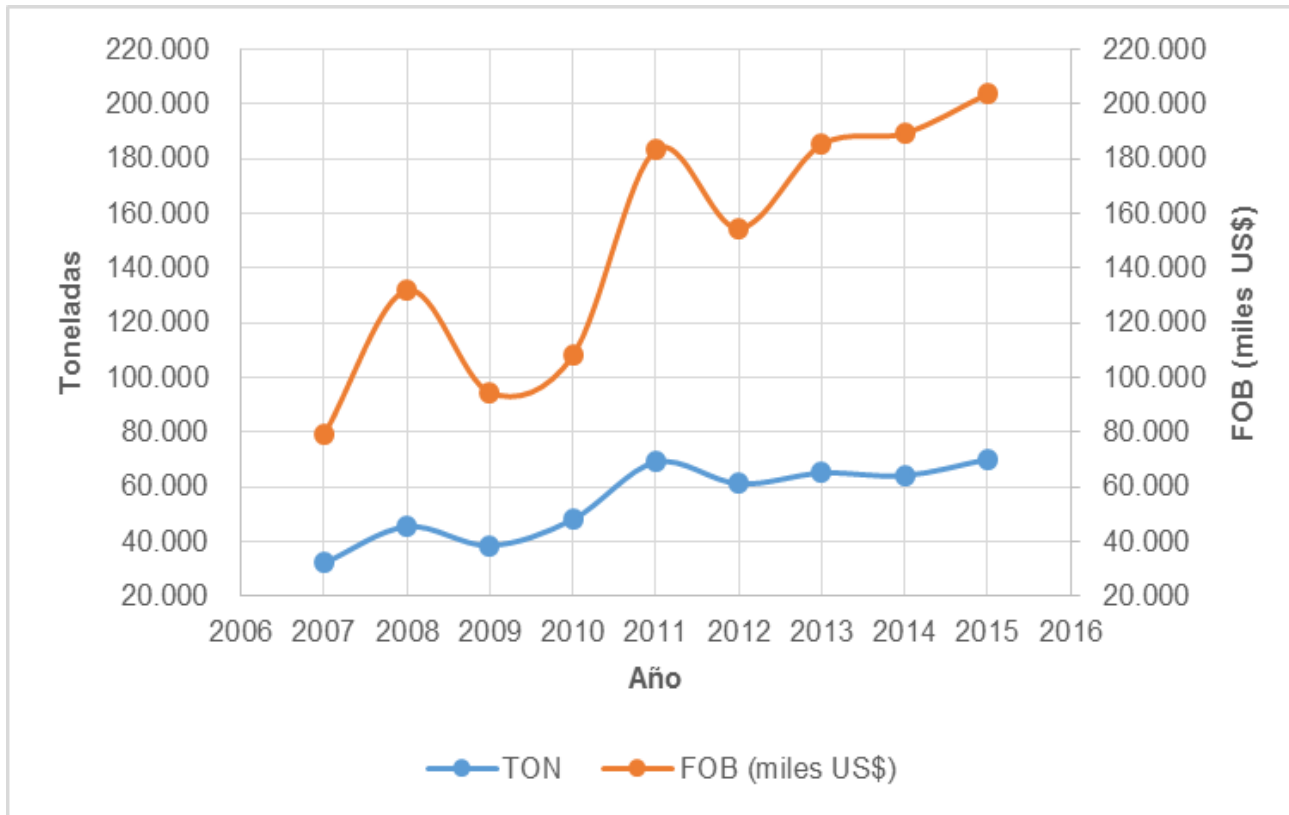
INFORMACIÓN: EXPORTACIONES

Vino



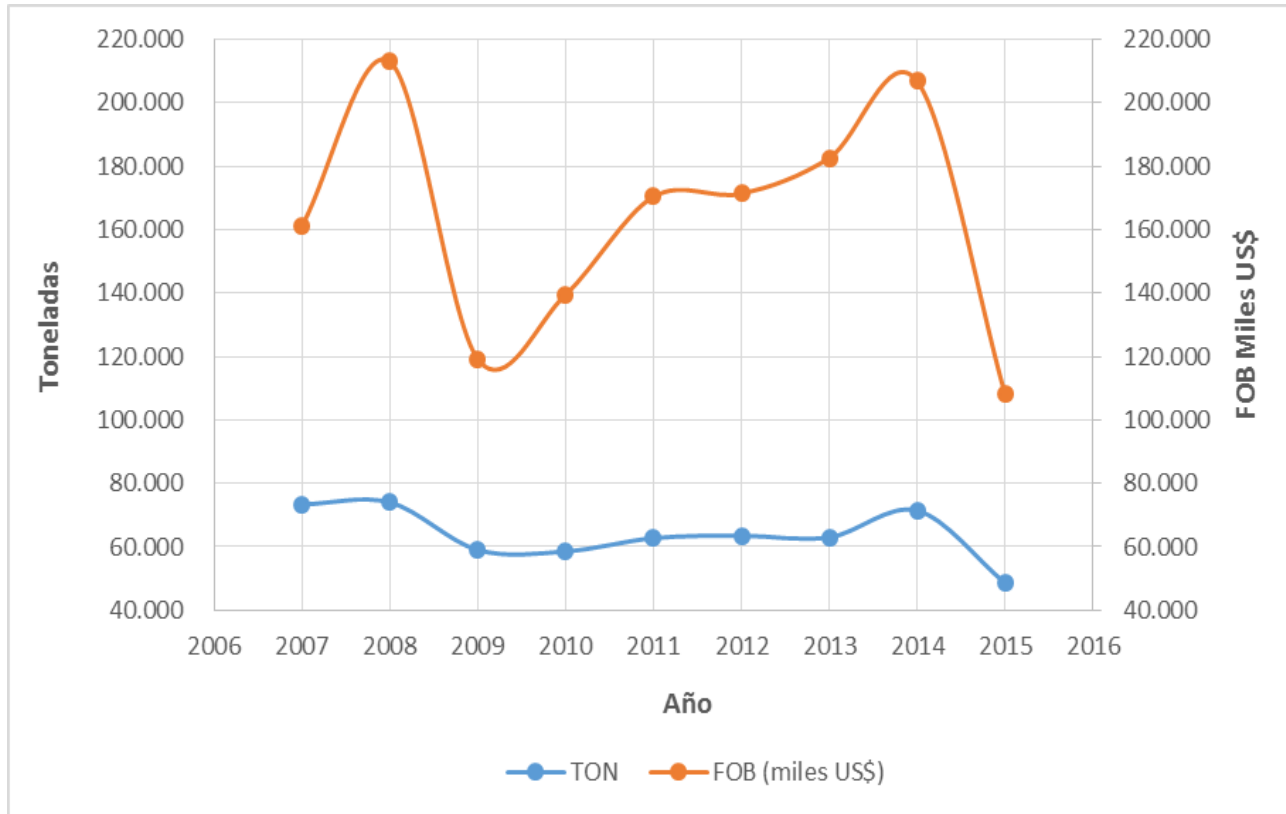
INFORMACIÓN: EXPORTACIONES

Mitíldos

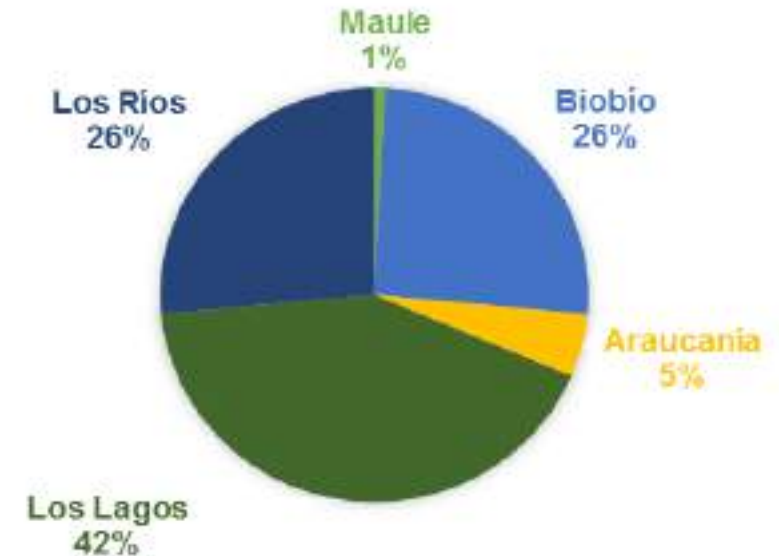


INFORMACIÓN: EXPORTACIONES

Alimentos VA

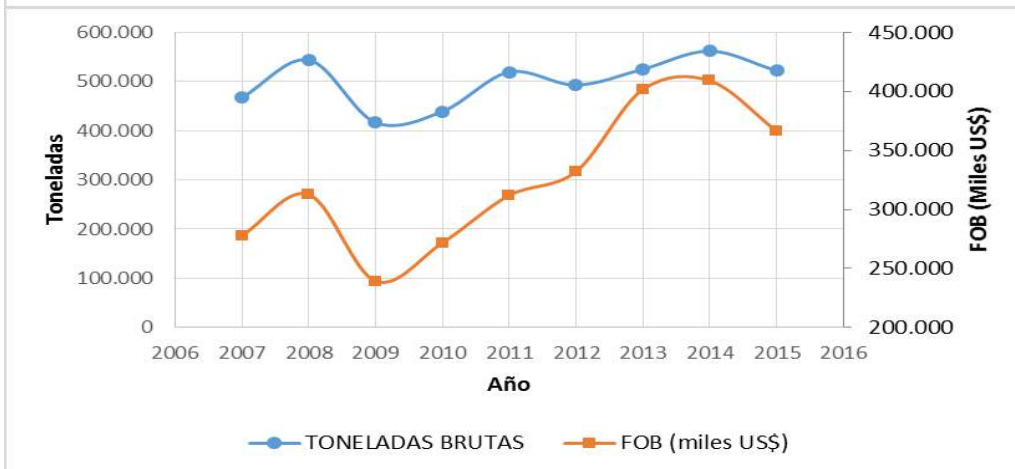
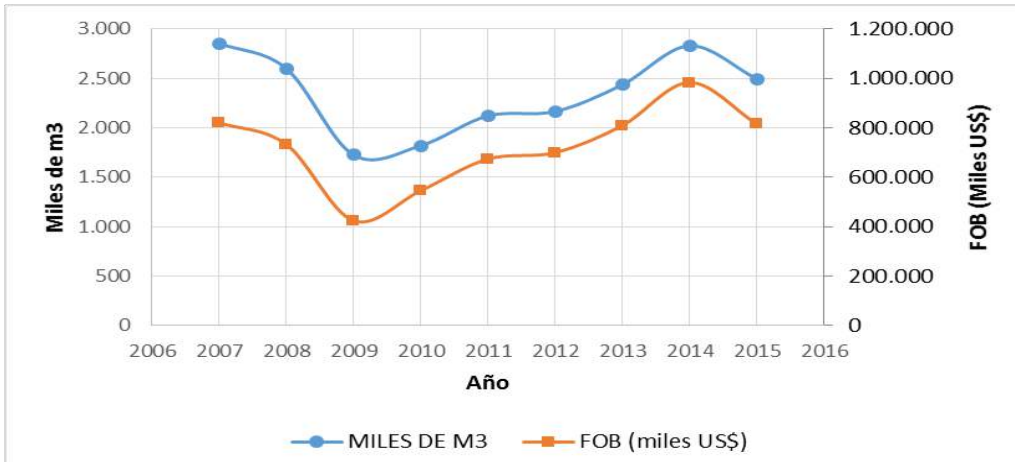


PARTICIPACIÓN DE LAS REGIONES

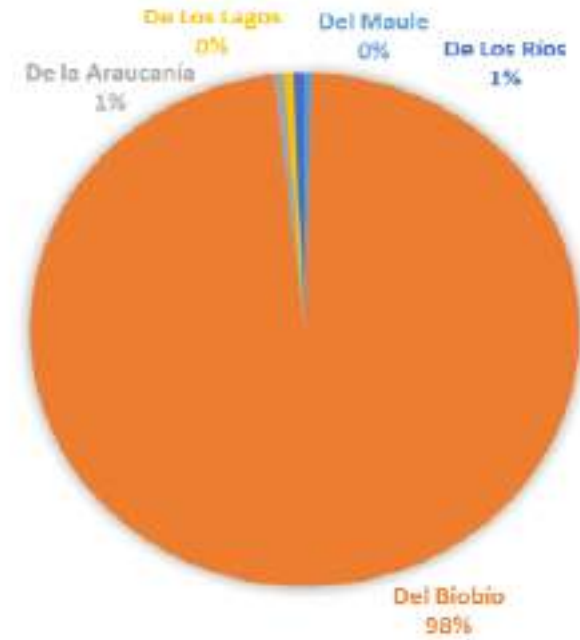


INFORMACIÓN: EXPORTACIONES

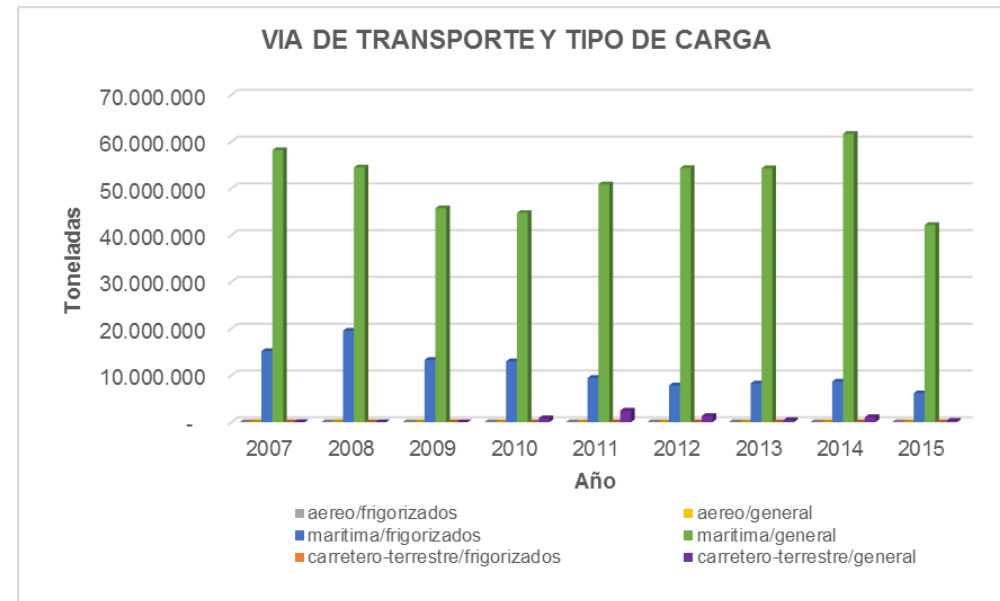
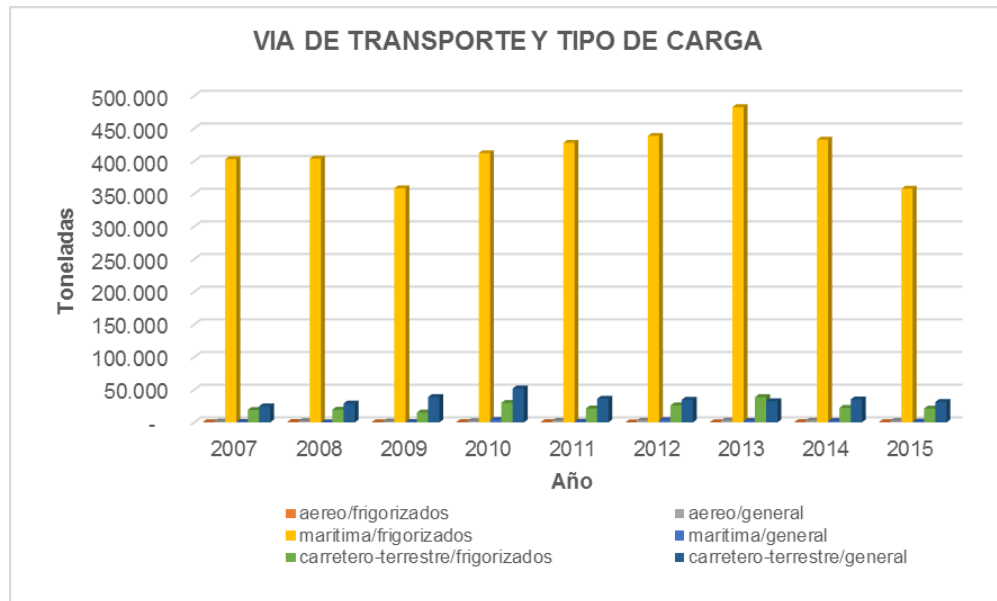
Madera Aserrada - Tableros



PARTICIPACIÓN DE LAS REGIONES



INFORMACIÓN: MODOS DE TRANSPORTE



MODELOS ECONOMÉTRICOS: VARIABLES EXPLICATIVAS

Cadena Logística	Variable Explicada	Fuente	Periodo	Unidad de Medida
Todas	Carga de Exportaciones de Todas las Cadenas Logísticas	Servicio Nacional de Aduanas. Legal Publishing, en apartado de E-COMEX.	Anual/ Trimestral	Toneladas
Industria Secundaria de la Madera	Carga de Exportaciones de Madera Aserrada	Servicio Nacional de Aduanas. Legal Publishing, en apartado de E-COMEX.	Anual/ Trimestral	Toneladas
Industria Secundaria de la Madera	Carga de Exportaciones de Tableros de Madera	Servicio Nacional de Aduanas. Legal Publishing, en apartado de E-COMEX.	Anual/ Trimestral	Toneladas
Industria del Salmón	Carga de Exportaciones de Salmones	Servicio Nacional de Aduanas. Legal Publishing, en apartado de E-COMEX.	Anual/ Trimestral	Toneladas
Industria de los Mitílicos	Carga de Exportaciones de Mitílicos	Servicio Nacional de Aduanas. Legal Publishing, en apartado de E-COMEX.	Anual/ Trimestral	Toneladas
Agroindustria para el Desarrollo	Carga de Exportaciones de Manzanas y Peras	Servicio Nacional de Aduanas. Legal Publishing, en apartado de E-COMEX.	Anual/ Trimestral	Toneladas
Industria de los Berries	Carga de Exportaciones de Berries	Servicio Nacional de Aduanas. Legal Publishing, en apartado de E-COMEX.	Anual/ Trimestral	Toneladas
Industria del Vino	Carga de Exportaciones de Vinos	Servicio Nacional de Aduanas. Legal Publishing, en apartado de E-COMEX.	Anual/ Trimestral	Toneladas
Alimentos con Valor Agregado	Carga de exportaciones de Lácteos	Servicio Nacional de Aduanas. Legal Publishing, en apartado de E-COMEX.	Anual/ Trimestral	Toneladas
Todas	Precio Unitario	Servicio Nacional de Aduanas. Legal Publishing, en apartado de E-COMEX.	Anual/Trimestral	US\$/Tonelada
Todas	Tipo de Cambio Real	Banco Central de Chile	Anual	Sin unidad
Todas	Índice de Precios Externos	Banco Central de Chile	Anual/Trimestral	Sin unidad
Todas	Producto Interno Bruto	Banco Mundial Datos Macro	Anual/Trimestral	Dólares/ Miles de Dólares
Todas	Importaciones Mundiales	Centro de Comercio Internacional	Anual/ Trimestral	Miles de Dólares
Agroindustria para el Desarrollo Industria de los Berries	Plantaciones de Frutas	Catastro Frutícola. ODEPA	Anual	Hectáreas
Agroindustria para el Desarrollo Industria de los Berries	Precipitaciones	Informe Anual de Ministerio de Medioambiente	Anual/ Trimestral	Milímetros
Agroindustria para el Desarrollo Industria de los Berries	Temperatura Media Promedio	Informe Anual de Ministerio de Medioambiente	Anual/ Trimestral	Grados Celsius

MODELOS ECONOMÉTRICOS: VARIABLES EXPLICATIVAS

Cadena Logística	Variables Explicadas	Fuente	Periodo	Unidad de Medida
Agroindustria para el Desarrollo Industria de los Berries	Temperatura Máxima Promedio	Informe Anual de Ministerio de Medioambiente	Anual/ Trimestral	Grados Celsius
Agroindustria para el Desarrollo Industria de los Berries	Temperatura Mínima Promedio	Informe Anual de Ministerio de Medioambiente	Anual/ Trimestral	Grados Celsius
Alimentos con Valor Agregado	Precios de Leche al Productor	ODEPA	Anual/ Trimestral	\$/Litro
Alimentos con Valor Agregado	Recepción y elaboración de Productos Lácteos	ODEPA	Anual	Litros/kg
Industria de los Mitilidos	Producción de Moluscos	Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura	Anual	Toneladas
Industria de los Mitilidos	Producción de Mejillones	Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura	Anual	Toneladas
Industria Secundaria de la Madera	Áreas afectadas por incendios	Corporación Nacional Forestal	Anual/ Trimestral	Hectáreas
Industria Secundaria de la Madera	Plantaciones Forestales	Instituto Forestal	Anual	Hectáreas
Industria Secundaria de la Madera	Capacidad de plantas	Instituto Forestal	Anual	m3/Turno
Industria Secundaria de la Madera	Consumo de madera	Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y Agricultura (FAO)	Anual	CUMS
Industria Secundaria de la Madera	Índice global de precios de la vivienda	Fondo Monetario Internacional	Trimestral/ Anual	Sin unidad
Industria Secundaria de la Madera	Comercio Internacional de muebles	Centro de Estudios Industriales (CSIL)	Anual	Billones de dólares
Industria del Vino	Plantaciones vitivinícolas	Servicio Agrícola y Ganadero	Anual	Hectáreas
Industria del Vino	Producción de vinos	Servicio Agrícola y Ganadero	Anual	Litros
Industria del Salmón	Producción de Salmones	Salmón Chile	Anual	Toneladas
Industria del Salmón	Casos positivos virus ISA	Informe Sanitario de Salmonicultura, Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura	Anual	Sin Unidad
Industria del Salmón	Crisis Virus ISA	Informe Sanitario de Salmonicultura, Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura	Anual	Sin Unidad

MODELOS ECONOMÉTRICOS: PRONÓSTICOS MESORREGIONALES

Producto\Variable	B ₀	PFANDB	PRAWM	PUEL	IFE	Pub	TMEr	IMPb	PIBm	PM	PROD	TCR	CONt	IMPa	PLANTv	Puv
Agroindustria	192.130	1.241	701													
Alimentos con valor agregado	115.515			26,9	-450											
Berries	90.900				465	32,1	-19.000	0,0086								
Mitílicos	-37.400								0,00073	0,199						
Salmón	544.000				-3.340						0,876					
Tableros	-1,31E5				3.050							7.820	0,946			
Madera Aserrada	788.000								-0,01858					0,0653		
Vinos	-142.500								0,00754						3,2	-226
Estimador base																
Índice de precio de alimentos																
Índice de precios de Materia prima agrícola																
Precio Unitario de Exportación de Lácteos																
Índice de Precios Externos																
Precio Unitario de Exportación de Berries																
Temperatura Media																
Importaciones Mundiales de Berries																
Producto Interno Bruto Mundial																
Producción de Mejillones																
Producción de Salmón Chile																
Tipo de Cambio Real																
Consumo Mundial de Tableros de Madera																
Importaciones Mundiales de Madera Aserrada																
Plantaciones de Vides																
Precio Unitario de exportación de vinos																

MODELO DE OPTIMIZACIÓN

CONJUNTOS

I : Orígenes, $i = 1, 2, \dots, I$

H : Hubs, $h = 1, 2, \dots, H$

J : Destinos, $j = 1, 2, \dots, J$

SO : Súper orígenes, $SO = I \cup H$

SD : Súper destinos, $SD = H \cup J$

M : Modos de transporte, $m = 1, 2, \dots, M$

K : Productos, $k = 1, 2, \dots, K$

T : Periodos, $t = 0, 1, 2, \dots, T$

MODELO DE OPTIMIZACIÓN

VARIABLES DE DECISIÓN

X_{ij}^{kmt} : Flujo de producto k enviado desde i a j usando el modo m en el periodo t . (t/año)

Y_h^t : $\begin{cases} 1 & \text{si se abre el hub } h \text{ en el periodo } t \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$

W_{ij}^{kmt} : $\begin{cases} 1 & \text{si existe envío del producto } k \text{ desde } i \text{ a } j \text{ usando el modo } m \text{ en el periodo } t \\ 0 & \text{if not} \end{cases}$

MODELO DE OPTIMIZACIÓN

PARAMETEROS

CAPACIDADES

Q_h : Capacidad del Hub h , t/año.

q_h^k : Capacidad específica del Hub h para el producto k , t/año.

A_{ij}^m : Capacidad del arco i, j para el medio de transporte m , t/año.

OFERTA / DEMANDA FLUJO

o_i^{kt} : Flujo de producto k que es enviado desde el origen i en el period t (oferta), t/año.

d_j^{kt} : Flujo de producto k que debe salir desde el destino j en el periodo t (demanda), t/año.

E : Exportaciones totales, t/año.

MODELO DE OPTIMIZACIÓN

PARAMETEROS

COSTOS	{	C_{ij}^{km}	: Costo de envío del producto k desde i a j usando el medio de transporte m , MU\$/t.
		F_h^t	: Costo fijo de instalación del hub h en el periodo t , MU\$/year.
TIEMPOS	{	$Tmax_m$: Máximo tiempo de viaje (sin descanso), para el medio de transporte m , horas
		t_{ij}^m	: Tiempo de viaje desde i a j utilizando el medio de transporte m , h
		l_h	: Tiempo de construcción del hub h . años
		r	: Tasa de descuento. % anual
		p	: Número máximo de hubs a instalar

MODELO DE OPTIMIZACIÓN

FUNCIÓN OBJETIVO

$$\min VAC = \underbrace{\sum_{i \in SO} \sum_{j \in SD} \sum_{m \in M} \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} \frac{(c_{ij}^{km} X_{ij}^{kmt})}{(i+r)^t}}_{\text{Costos de transporte y manejo}} + \underbrace{\sum_{h \in H} \sum_{t \in T} \frac{F_h^t Y_h^t}{(i+r)^t}}_{\text{Inversión en hubs}} \quad (1)$$

Costos de transporte y manejo

Inversión en hubs

MODELO DE OPTIMIZACIÓN

RESTRICCIONES

n° max de hubs

$$\sum_{h \in H} \sum_{t \in T} Y_h^t \leq p \quad (2)$$

Balance

$$\sum_{i \in SO} X_{ih}^{kmt} = \sum_{b \in M | b \neq m} X_{hb}^{kbt} + \sum_{j \in SD | j \neq h} X_{hj}^{kmt} \quad \forall h \in H, \forall k \in K, \forall m \in M, \forall t \in T \quad (3)$$

Oferta

$$\sum_{j \in SD} \sum_{m \in M} X_{ij}^{kmt} \geq o_i^{kt} \quad \forall i \in I, \forall k \in K, \forall t \in T \quad (4)$$

Demanda

$$\sum_{i \in SO} \sum_{m \in M} X_{ij}^{kmt} \leq d_j^{kt} \quad \forall j \in J, \forall k \in K, \forall t \in T \quad (5)$$

MODELO DE OPTIMIZACIÓN

RESTRICCIONES

**Capacidad hub –
hubs abiertos**

$$\sum_{i \in SO | i \neq h} \sum_{k \in K} \sum_{m \in M} X_{ih}^{kmt} \leq \sum_{f \in T | f \leq t - l_h} Y_f^t Q_h \quad \forall h \in H, \forall t \in T | t - l_h \geq 0 \quad (6)$$

**Capacidad por
producto**

$$\sum_{i \in SO | i \neq h} \sum_{m \in M} X_{ih}^{kmt} \leq \sum_{f \in T | f \leq t - l_h} Y_f^t q_h^k \quad \forall h \in H, \forall k \in K, \forall t \in T | t - l_h \geq 0 \quad (7)$$

Hubs construidos

$$X_{ih}^{kmt} \leq 0 \quad \forall h \in H, \forall i \in SO, \forall k \in K, \forall t \in T | t - l_h < 0 \quad (8)$$

Capacidad arcos

$$\sum_{k \in K} X_{ij}^{kmt} \leq A_{ij}^m \quad \forall i \in SO, \forall j \in SD, \forall m \in M, \forall t \in T \quad (9)$$

MODELO DE OPTIMIZACIÓN

RESTRICCIONES

**Sólo se pueden abrir
una vez**

$$\sum_{t \in T} Y_h^t \leq 1$$

$$\forall h \in H$$

(10)

Tiempo de viaje max

$$t_{ij}^{mt} W_{ij}^{kmt} \leq T \max_m$$

$$\forall i \in SO, \forall j \in SD, \forall k \in K, \forall m \in M, \forall t \in T$$

(11)

Big M

$$\frac{W_{ij}^{kmt}}{E} \leq X_{ij}^{kmt} \leq W_{ij}^{kmt} E$$

$$\forall i \in SO, \forall j \in SD, \forall k \in K, \forall m \in M, \forall t \in T$$

(12)

MODELO DE OPTIMIZACIÓN

RESTRICCIONES

$$X_{ij}^{kmt} \geq 0 \quad \forall i \in SO, \forall j \in SD, \forall k \in K, \forall m \in M, \forall t \in T \quad (13)$$

Dominio

Variables

$$Y_h^t \in \{0,1\} \quad \forall h \in H, \forall t \in T \quad (14)$$

$$W_{ij}^{kmt} \in \{0,1\} \quad \forall i \in SO, \forall j \in SD, \forall k \in K, \forall m \in M, \forall t \in T \quad (15)$$

MODELO ESPACIAL

LOCALIZACIÓN Y FLUJOS

■ Base de datos espacial:

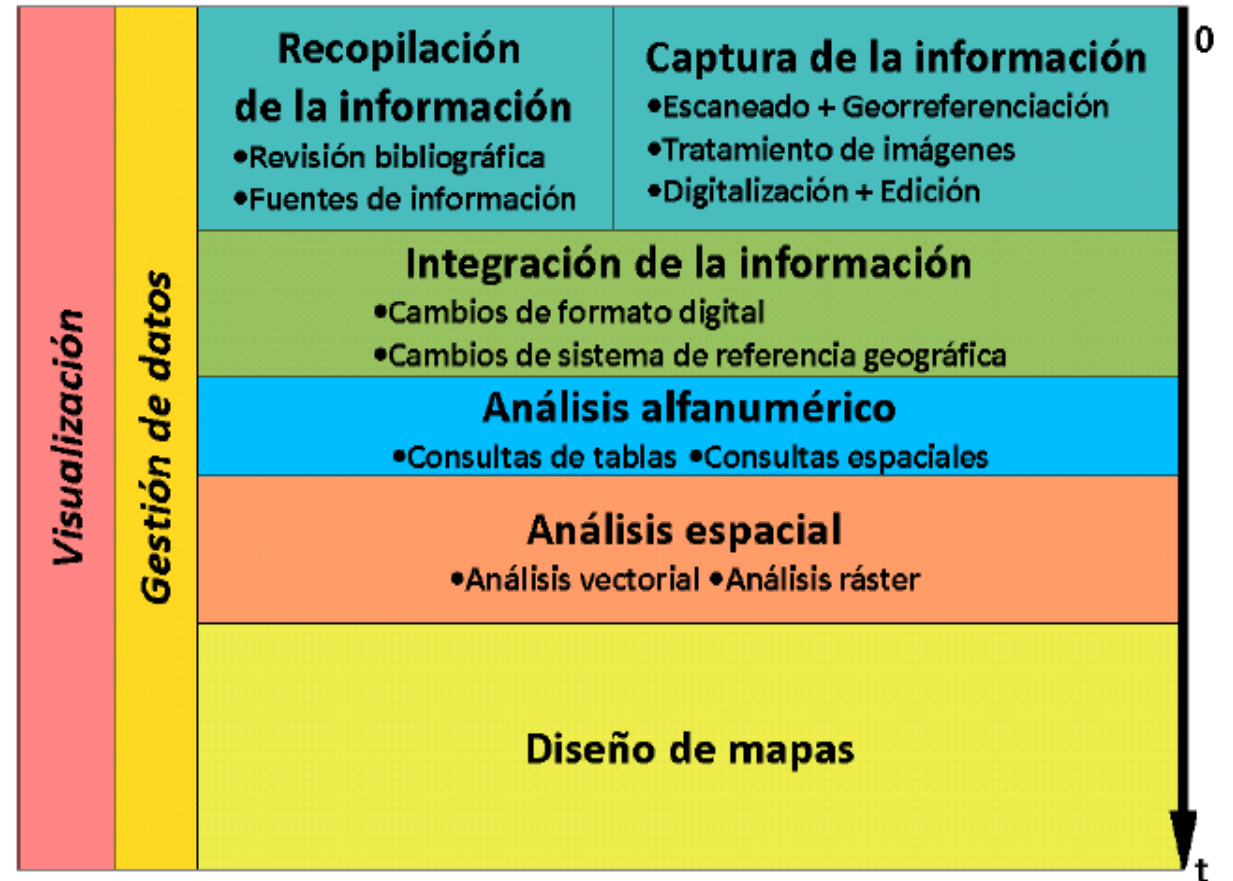
- Orígenes de producción (Comunas)
- Destinos
- Red vial caminera
- Red ferroviaria
- Velocidades por modo y topografía
- Geoprocesos

■ Modelo Espacial

- Asignación de Producción (Orígenes)
- Asignación de Exportaciones (Destinos)
- Cálculo de distancias viales y tiempos de viaje
- Calculo de ruta a través de mínima distancia vial

■ Representación gráfica de solución

- Distribución vectorial de flujos



IDE: Logística

The screenshot shows the IDE: Logística software interface. On the left is a 'Árbol de catálogo' (Catalog Tree) with a hierarchical structure of folders and files. The main area displays a grid of data layers under the heading 'Contenido'. The layers are arranged in three rows:

- Row 1: Ed_Vial_Piv, ND_252_DirtyObjects, Modelos, Transporte_Antecedentes, Transporte, Planificación, Lmites
- Row 2: Instalaciones, Geociencias, (empty), (empty), (empty), Carga_OD, Cargas
- Row 3: Analisis, Aguas_Continentales

At the bottom of the interface, there is a status bar that reads 'Geodatabase de archivos seleccionados'.



MODELO ESPACIAL

INPUTS

- Base de datos espacial:
 - Orígenes de producción (Comunas)
 - Destinos

The screenshot shows a GIS application window with a catalog tree on the left and a data table on the right. The catalog tree is organized into folders, with 'Analisis' expanded to show various layers. The data table on the right displays the following information:

OBJECTID*	Shape*	Nombre	x	y
1	Puerto	IRIGUEN	681176,2886	5827136,2903
2	Puerto	PUERTO TALCAHUANO	669481,8145	5834866,0116
3	Puerto	SAN VICENTE	667310,5844	5832499,8024
4	Puerto	PUERTO CORONEL	662816,852	5861611,0663
5	Puerto	PUERTOS V	815211,8315	6311138,1019
6	Puerto	AEROPUERTO AMB	891281,2881	6287882,3702
7	Puerto	LOS LIBERTADORES	961027,7289	6358476,8433
8	Puerto	PMD HACHADO	856790,8812	5712786,048
9	Puerto	HUB-PUERTO MONTT	684034,8823	5484697,2446
10	Puerto	HUB-LA UNION	651522,8388	5548335,8192
11	Puerto	HUB-OSORNO	661870,5883	5582687,0668
12	Puerto	HUB-FREIRE	708960,2886	5885481,6402
13	Puerto	HUB-TALCAHUANO	669773,8886	5834866,9418
14	Puerto	HUB-CABRERO	732831,8899	5885671,0899
15	Puerto	HUB-CHILLAN	758819,1448	5843741,1668
16	Puerto	HUB-VILLA ALEGRE	800167,3694	6045839,4796
17	Puerto	HUB-TALCA	808464,8988	6074287,2718

MODELO ESPACIAL

INPUTS

- Base de datos espacial:
 - Red vial caminera
 - Red ferroviaria

V3LEP:Servicio de Mapas Cartográficos/301_C00/04_Regional/Mesoregión_Logística.gdb/Analisis

Árbol de catálogos

- Mesoregión_Logística.gdb
 - Agua Continental
 - Analisis
 - Analisis_T_Junctions
 - Analisis_Vial_Junctions
 - arcot_macrozona
 - Barreras
 - barreras_dien
 - barreras_vial
 - comunic_ME
 - D_a
 - Dem_a
 - Destinos
 - Ferrocarril_ME
 - Hubs
 - MF_CDM
 - ND_244_DirtyAreas
 - ND_252_DirtyAreas
 - O_a
 - OD
 - ODD
 - ODT
 - Or_a
 - origenes
 - V_salida
 - viabilidad
 - Cargas
 - Cargas_OD
 - E1
 - E2
 - E3
 - Geociencias
 - Instalaciones
 - Límites
 - Planificación
 - Transporte
 - Transporte_Antecedentes
 - Modelos
 - Modelo
 - Modelo I
 - Modelo V_Salida
 - Modelo V_Salida.pdf
 - Modelo_Rubio
 - Modelo OD (D-T)
 - Modelo OD (D-T) (FT)

Contenido	Área (m²)	Descripción
Analisis	9211.891122	
Analisis_T_Junctions	9775.826612	
Analisis_Vial_Junctions	3277.872158	0,175914
arcot_macrozona	1582.362668	0
Barreras	1067.869464	0
barreras_dien	4495.147124	0
barreras_vial	3658.472647	0
comunic_ME	4058.862186	0,049225
D_a	1242.790432	0
Dem_a	565.118182	0
Destinos	2148.829548	-0,088892
Ferrocarril_ME	262.859912	0
Hubs	4286.89268	0
MF_CDM	418.895688	1,074424
ND_244_DirtyAreas	7017.540188	0
ND_252_DirtyAreas	924.899264	0
O_a	2680.14228	0
OD	888.877678	0
ODD	1385.970254	1,264107
ODT	1478.122688	0
Or_a	2483.759172	0,023456
origenes	4681.227814	0,173758
V_salida	1483.49481	0
viabilidad	1147.480118	0
Cargas	1281.73991	0
Cargas_OD	1892.987214	0
E1	515.899168	0
E2	1791.87648	0
E3	1042.88214	0
Geociencias	8	0
Instalaciones	2496.32976	0
Límites	5735.889688	0
Planificación	8688.711388	0
Transporte	818.217148	0
Transporte_Antecedentes	288.839688	2,778834
Modelos	1687.480688	0
Modelo	972.872488	0
Modelo I	277.118128	0
Modelo V_Salida	4011.439552	0,211772
Modelo V_Salida.pdf	2484.842648	0
Modelo_Rubio	1425.38567	0,481936
Modelo OD (D-T)	335.81387	0
Modelo OD (D-T) (FT)	2248.547172	0
Modelo OD (D-T) (FT)	362.1887187	0
Modelo OD (D-T) (FT)	1598.841237	0
Modelo OD (D-T) (FT)	8157.137112	0
Modelo OD (D-T) (FT)	3492.980286	0
Modelo OD (D-T) (FT)	3074.119458	0
Modelo OD (D-T) (FT)	19471.876181	0,088187








Vista previa: Tabla

MODELO ESPACIAL

INPUTS

- Base de datos espacial:

- Velocidades por modo y topografía

- [-]  E1
 -  E1_ND
 -  E1_ND_Junctions
 -  E1_TT
 -  E1_TT_Junctions
 -  Tren_E1
 -  Vialidad_E1

Echaveguren, T. y Arellano, D. (2015). Análisis estadístico de la velocidad de operación de vehículos pesados en pendientes ascendentes. *Obras y Proyectos* 18, 6-18

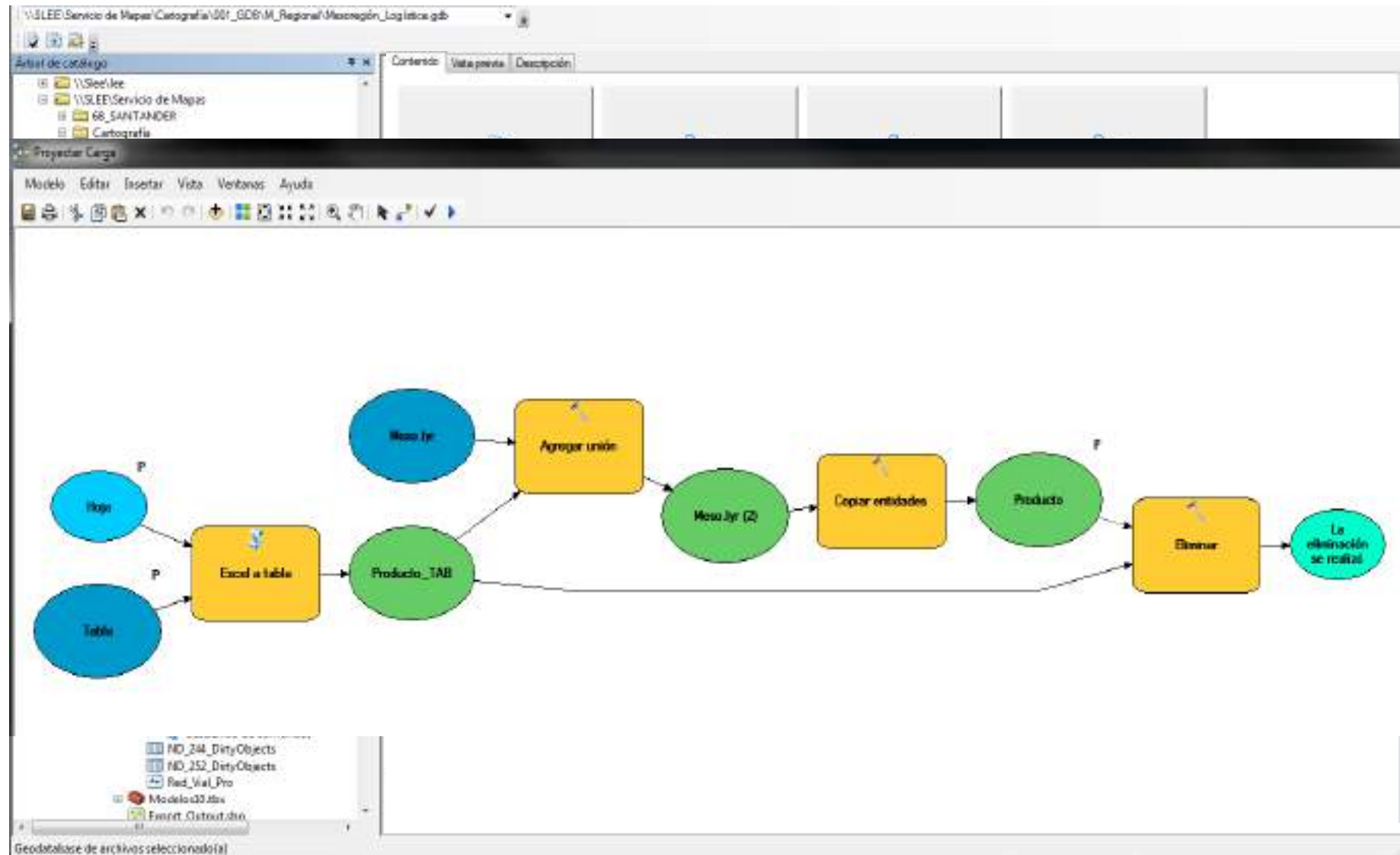


Análisis estadístico de la velocidad de operación de vehículos pesados en pendientes ascendentes

Contenido	Vista previa	Descripción	Length	Min. Slope	Max. Slope	Avg. Slope	Velocidad	Drive Time
			484.493246	0,056775	0,056775	0,056775	88	0,005508
			1478,18928	0	0	0	88	0,016797
			8991,394829	0	172,7991	2,111918	69	0,144694
			10337,813505	0	74,53380	17,710173	58	0,17350
			13509,916214	0	33,080123	3,742954	69	0,199238
			25187,35895	0	82,883475	14,280614	58	0,424989
			10138,510378	0	3,52294	0,872555	80	0,126719
			2812,143898	0	3,488389	1,25598	69	0,040747
			11192,335132	0	111,071657	21,877759	58	0,183785
			9015,028736	0	44,822233	6,308333	69	0,128728
			7188,630242	0	1,747729	1,052843	69	0,104858
			817,444103	0,864137	0,867818	0,866183	80	0,016218
			2833,744172	0	0	0	88	0,032202
			7833,819368	0	7,347815	1,277838	69	0,113502
			615,639454	1,29445	8,792294	3,308581	69	0,008914
			1293,538211	1,795895	8,341484	5,907121	69	0,016709
			18482,714889	0	19,935817	2,340451	69	0,287497
			3987,514808	0	38,089491	11,472265	58	0,080675
			3336,788431	0	0	0	88	0,037918
			30029,984489	0	34,111794	2,923744	69	0,434522
			58065,786802	0	27,782114	1,381473	69	0,841808
			6448,624802	0	72,847278	12,964073	58	0,109108
			477,655136	2,6199	41,774458	15,482934	58	0,008108
			411,088963	2,958243	2,958243	2,958243	69	0,005955
			3424,052434	0	20,54402	5,914481	69	0,048405
			9578,817388	0	2,863791	1,795594	69	0,051827
			2778,829983	0,101084	7,550988	1,882248	69	0,040237
			216,470108	1,4824	1,4824	1,4824	69	0,003137
			982,593389	0	1,798405	0,585156	80	0,012407
			1448,313093	0	9,008819	0,022774	88	0,018387
			2828,458398	0	38,841884	11,818777	58	0,044618
			42072,265894	0	0	0	69	0,478894
			8028,381946	0	38,798477	3,818129	69	0,115963
			2949,154886	0	40,098325	10,988171	58	0,056159
			338,787464	2,158502	7,895605	7,737822	69	0,00479
			5253,044034	0	0	0	88	0,059694
			2504,195816	0	0,315407	0,263152	80	0,031302
			2221,878732	0	1,313	0,813675	80	0,027772
			12538,518152	0	1,384749	1,001883	69	0,18169
			2173,348826	0,309772	0,309772	0,309772	80	0,027187

MODELO ESPACIAL DISEÑO LÓGICO

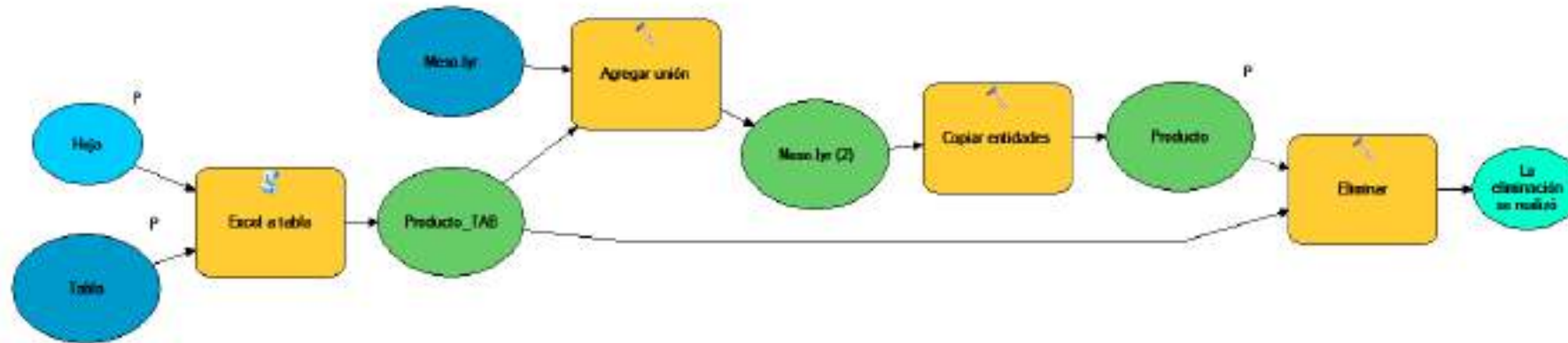
- Base de datos espacial:
 - Almacenamiento
 - Geoprocesos



MODELO ESPACIAL

GEOPROCESAMIENTO (1)

- **Input:** Modelo Econométrico
 - Asignación de Producción (Orígenes)
 - Asignación de Exportaciones (Destinos)

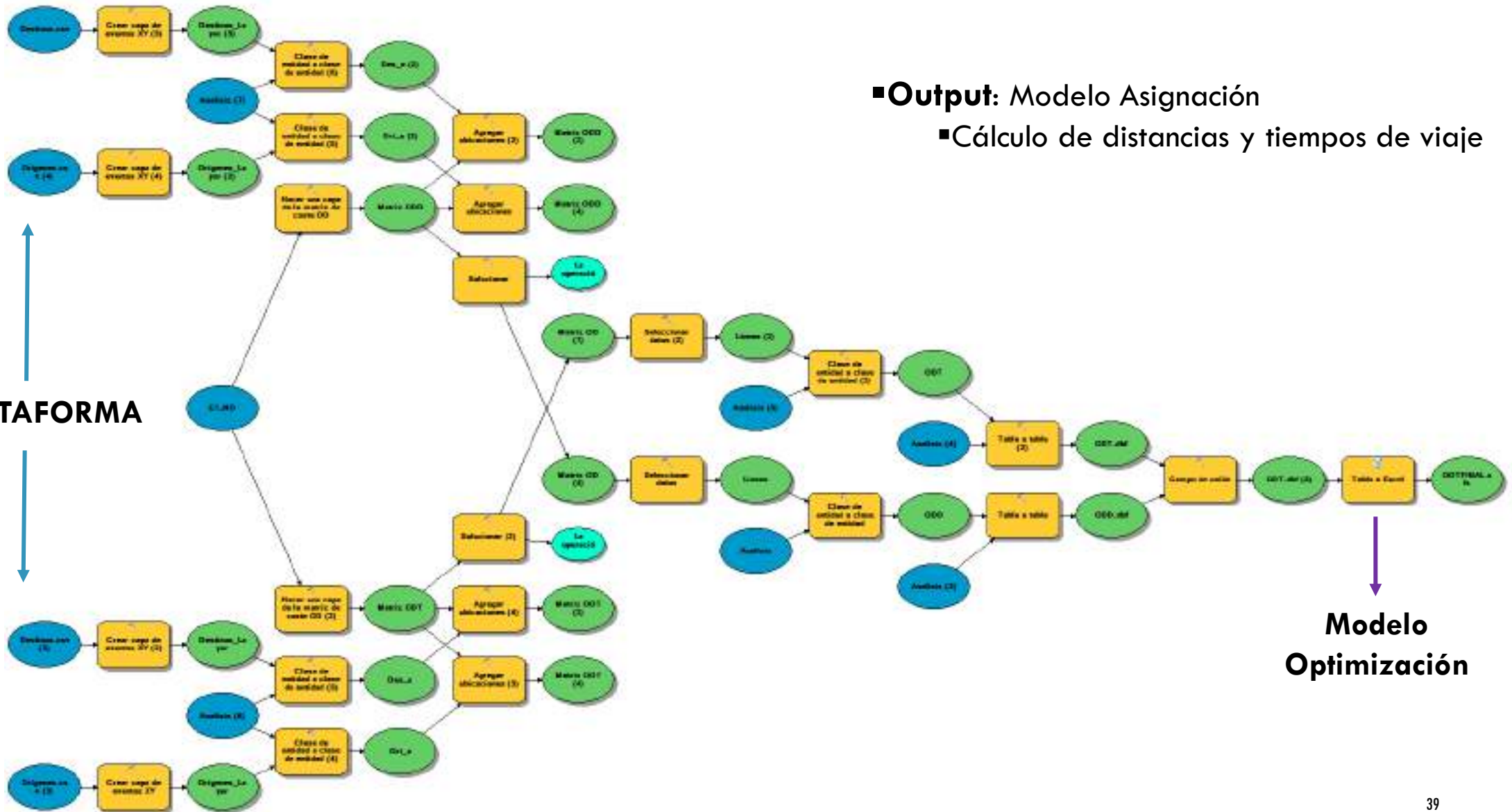


MODELO ESPACIAL

GEOPROCESAMIENTO (2)

- **Output:** Modelo Asignación
 - Cálculo de distancias y tiempos de viaje

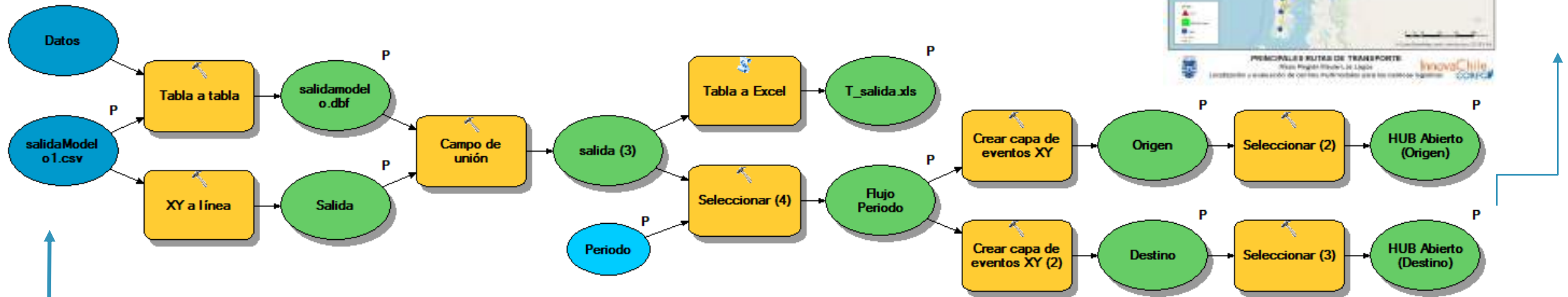
PLATAFORMA



MODELO ESPACIAL

OUTPUT (1)

- Representación cartográfica inicial de flujos: Origen – HUB - Destino



Modelo
Optimización

SIMULACIÓN DE ESCENARIOS

SUPUESTOS Y CARACTERÍSTICAS

- Se proyectan 20 años de trabajo
- Tasa de descuento 6% anual
- Se evalúan 9 candidatos con iguales características de capacidad e inversión: Puerto Montt, La Unión, Osorno, Temuco, Talcahuano, Cabrero, Chillán, Talca, Curicó
- Se diseña un escenario base con la actual distribución de las exportaciones, el cual se utilizará como punto de comparación para los demás escenarios.

ESCENARIO BASE

Proyecciones Econométricas

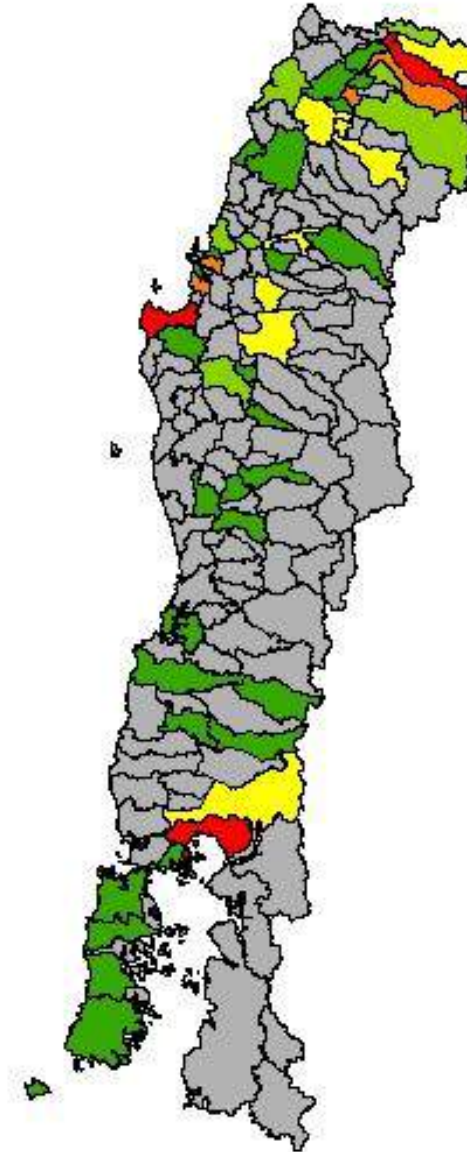
Proyecciones Variables explicativas (tasa de variación anual)

	PUEL	IPE	PUB	TMEr	IMPb	PIBm	PM	PROD	TCR	CONi	IMPα	PFANDB	PRAWM	PLANTv	Puv
Agroindustria												5%	4%		
Alimentos con valor agregado	2%	5%													
Berries		5%	2%	2%	2%										
Mitilidos						0.03%	2%								
Salmón		4%						5%							
Tableros		5%							3%	5%					
Madera Aserrada						0.03%					0.05%				
Vinos						0.03%								2%	2%

ESCENARIO BASE

Descripción

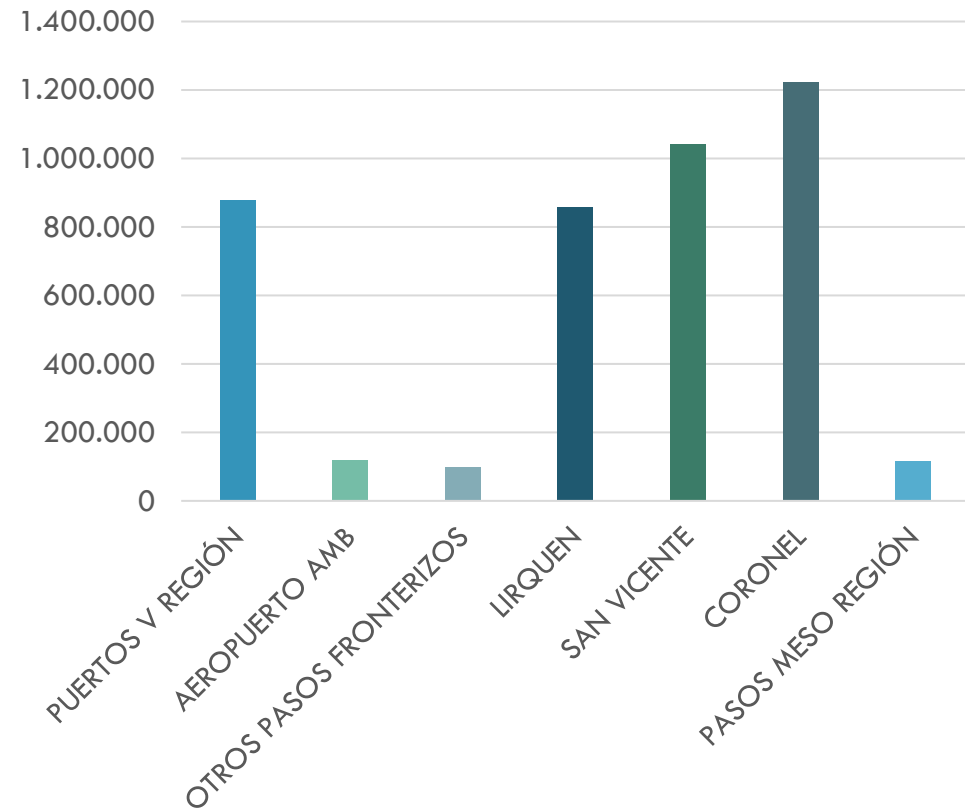
- Las industrias de los berries, vinos y agroindustria se concentran en el Maule
- La industria de la madera se concentra en el Biobío
- La industria de los alimentos se concentra en Los Lagos y Los Ríos
- La industria del salmón se concentra en la Región de los Lagos (de forma marginal en el Biobío)



ESCENARIO BASE

Descripción

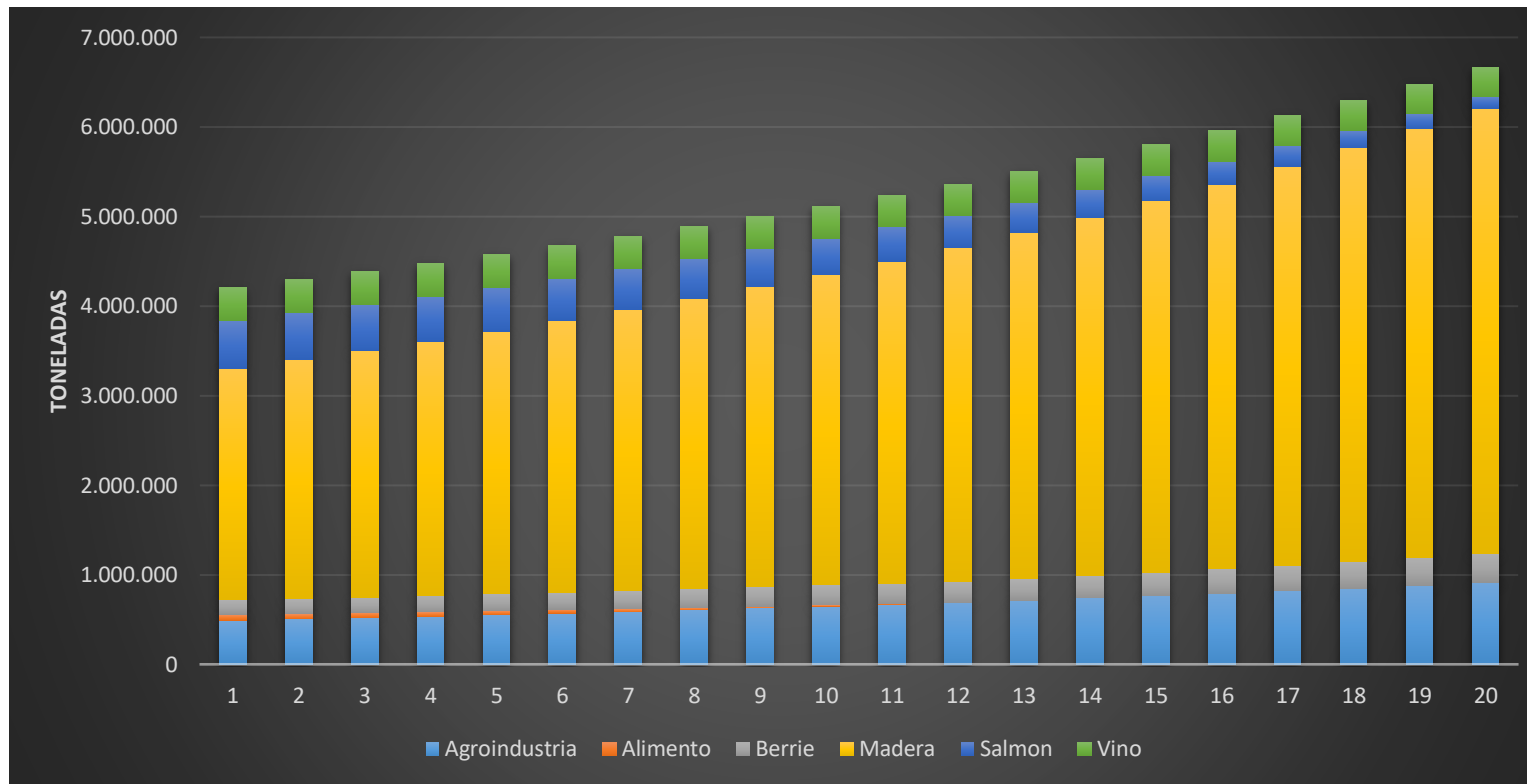
- La carga del Maule sale principalmente por los puertos de Valparaíso
- El principal producto exportado por vía aérea es el salmón
- Los terminales del Biobío movilizan en su mayoría madera



ESCENARIO BASE

Proyecciones Económicas

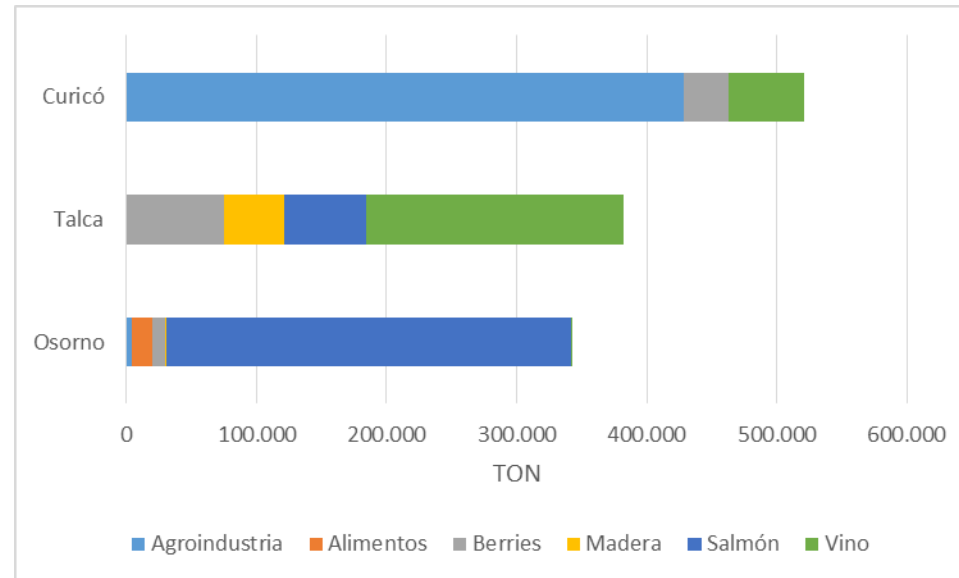
Proyecciones Flujo por producto



ESCENARIO BASE

Resultados

Hubs abiertos	Osorno
	Talca
	Curicó
Período de Apertura	Año 0
Valor Actual de Costos (VAC 6%)	U\$ 468.379.000



Hub	Inversión USD	Ton atendidas	Camión	Tren	Agroindustria	Alimentos	Berries	Madera	Salmón	Vino
Osorno	10.000.000	342.705	19%	81%	1%	5%	3%	0%	91%	0%
Talca	10.000.000	382.284	17%	83%	0%	0%	20%	12%	17%	52%
Curicó	10.000.000	520.794	0%	100%	82%	0%	7%	0%	0%	11%

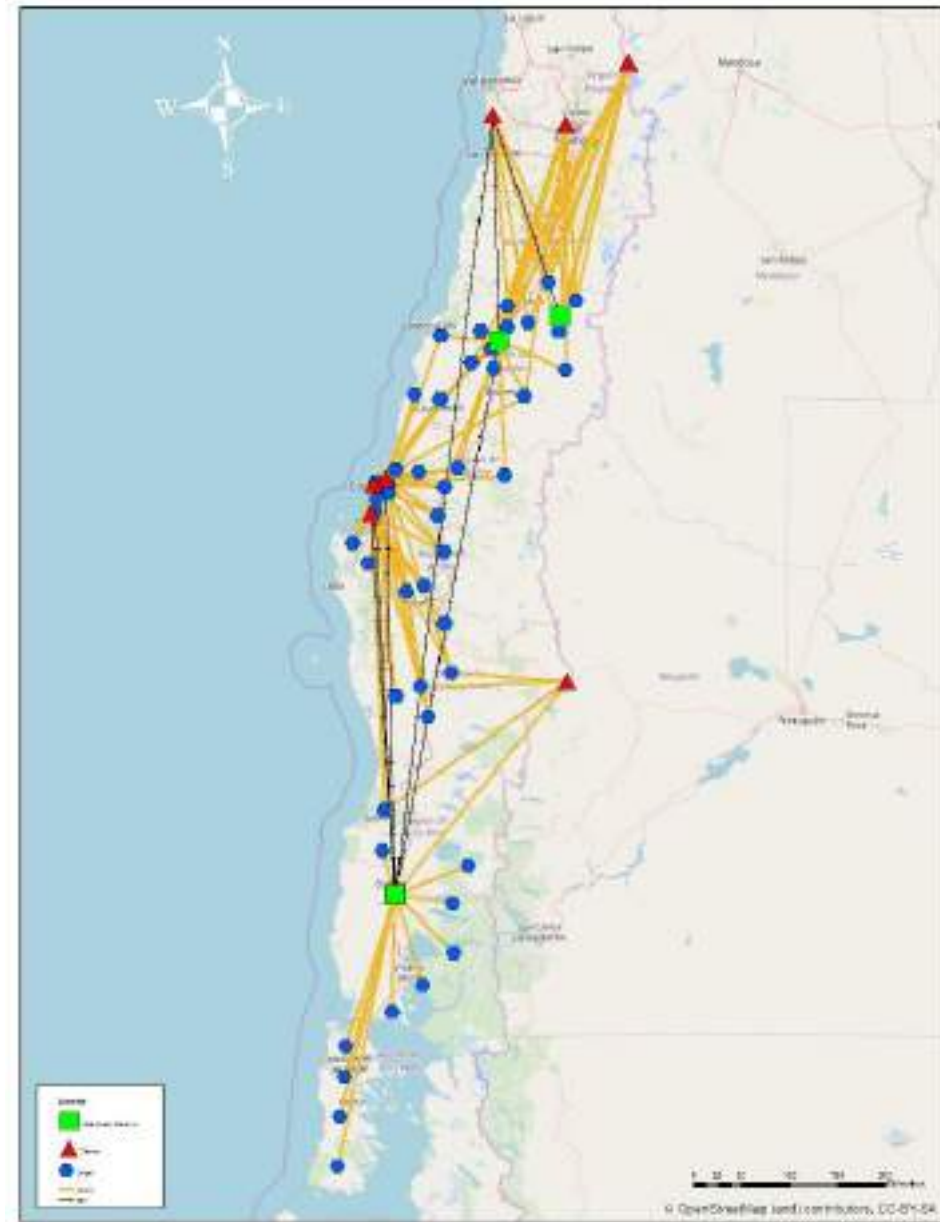
ESCENARIO BASE

Resultados

Curicó: El hub recibe flujo proveniente de la comuna de Curicó, el cual llega en camión. Luego, la totalidad del flujo recibido realiza cambio modal y sale en tren hacia los puertos de Valparaíso. De este hub salen anualmente **877 trenes** de 25 carros, equivalente a la reducción de **21.926 camiones**.

Osorno: Este nodo atiende diversas comunas productoras de la región de los Lagos, por ejemplo La Unión, Osorno, Puerto Varas, Puyehue, Calbuco, Lago Ranco, Puerto Montt, Ancud, Dalcahue, Chonchi, Quellón. El flujo llega al hub en camión y en general realiza cambio modal para salir en dirección al hub de Talca y a los puertos del Biobío y Valparaíso. A pesar de que el hub es intensivo en uso de tren, hay una porción de flujo que llega en camión y no realiza cambio modal, sino que utiliza el nodo como zona de descanso para conductores, dicho flujo sale luego rumbo a los pasos fronterizos del sur (Pino Hachado/Cardenal Samoré). Este nodo envía anualmente **923 trenes**, e implica la reducción de **23.057 camiones** en los tramos Osorno-Biobío, Osorno-Talca y Osorno-Valparaíso.

Talca: Este corresponde al hub con actividad logística más diversificada. Por una parte, atiende a comunas aledañas, estas son, Chillán, Coihueco, San Javier, Linares, San Clemente, Talca, Maule, Constitución, San Rafael, Bulnes, Villa Alegre, Penciahue y Cauquenes, las cuales envían su carga a través de camión hacia el nodo para luego salir de este en tren, con dirección a los puertos de Valparaíso. Por otro lado, también llega salmón proveniente del hub de Osorno, movilizado en ferrocarril, en el nodo realiza cambio modal a camión y sale en dirección al paso Los Libertadores y el Aeropuerto Arturo Merino Benítez. De este hub salen anualmente **589 trenes**, equivalente a **14.718 camiones** en el tramo Talca-Valparaíso, además, su trabajo en conjunto con el hub Osorno implica que **5.135 camiones** dejen de circular por la Ruta 5 en el tramo Osorno-Talca.



ESCENARIO SALMÓN

Descripción

Realizamos el supuesto de que un 30% de la producción de salmón tendrá su origen en comunas de la Araucanía.

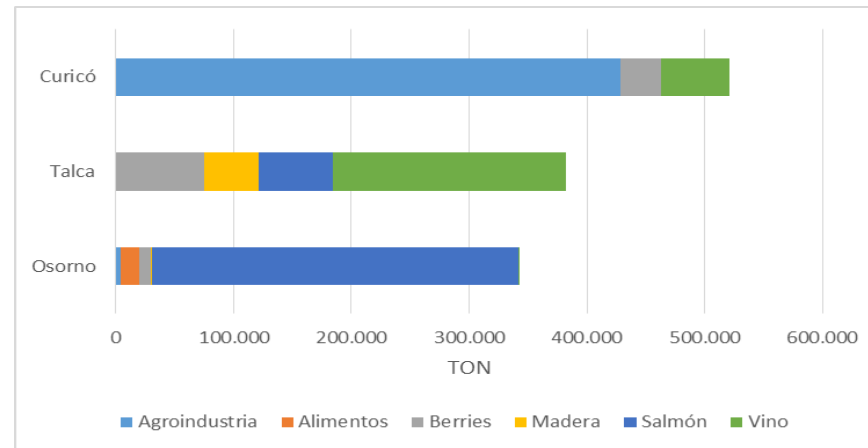
Respecto a las proyecciones econométricas, asumiremos que las variables explicativas se comportan igual que en el escenario base, por lo que tenemos el mismo flujo de carga mostrado en dicho escenario.

ESCENARIO SALMÓN

Resultados

- Existe una **disminución del 5% de los costos del sistema** en comparación al escenario base. Ambos escenarios son comparables pues, de acuerdo a las proyecciones utilizadas, las toneladas movilizadas son las mismas
- Variaciones en Osorno: Menor tonelaje atendido, Mayor % de uso de tren.

Hubs abiertos	Osorno
	Talca
	Curicó
Período de Apertura	Año 0
Valor Actual de Costos (VAC 6%)	U\$ 444.861.000



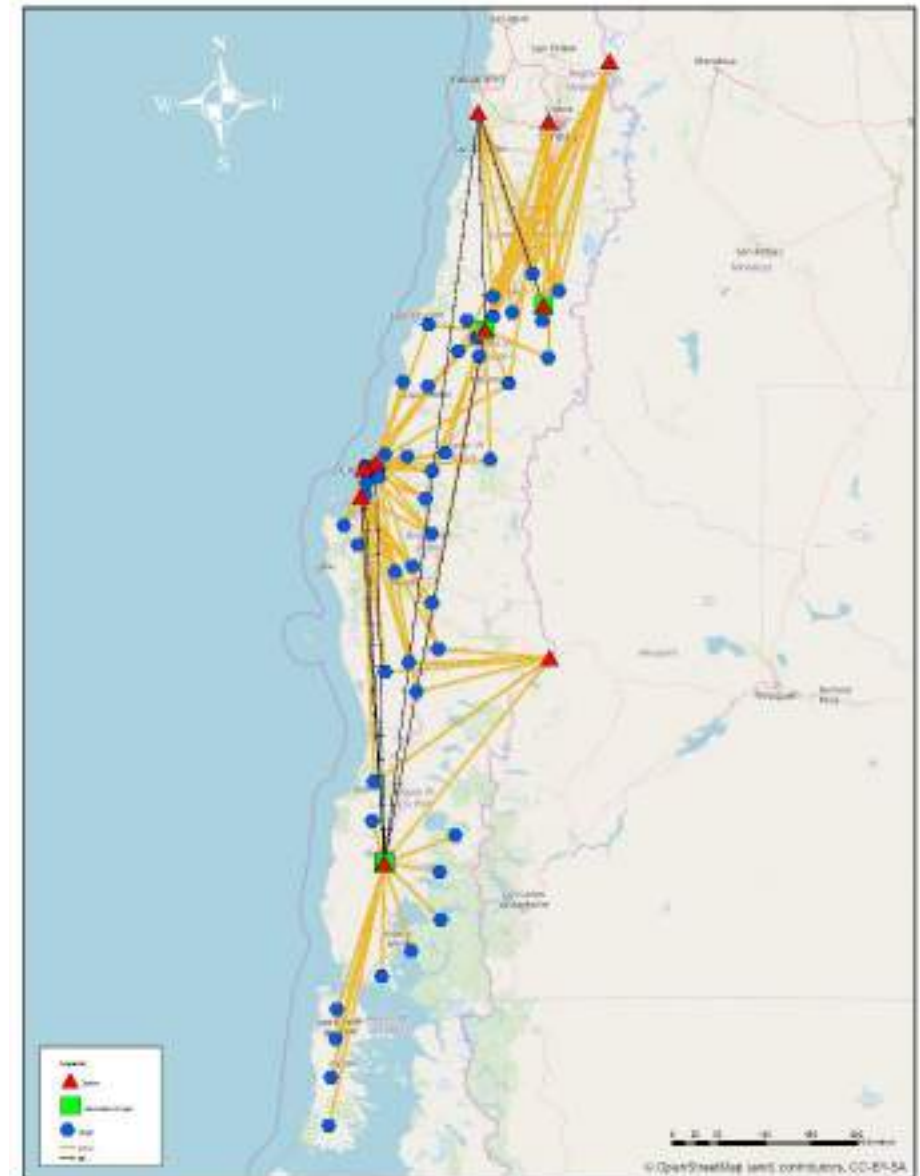
Hub	Inversión USD	Ton atendidas	Camión	Tren	Agroindustria	Alimentos	Berries	Madera	Salmón	Vino
Osorno	10.000.000	231.270	0%	100%	2%	7%	4%	0%	87%	0%
Talca	10.000.000	382.282	17%	83%	0%	0%	20%	12%	17%	52%
Curicó	10.000.000	520.794	0%	100%	82%	0%	7%	0%	0%	11%

ESCENARIO SALMÓN

Resultados

Osorno: El comportamiento de este nodo es similar al presentado en el escenario base, en efecto atiende diversas comunas productoras de la región de los Lagos, por ejemplo La Unión, Osorno, Puerto Varas, Puyehue, Calbuco, Lago Ranco, Puerto Montt, Ancud, Dalcahue, Chonchi, Quellón. Dicho flujo llega al hub en camión y en general realiza cambio modal para salir en dirección a los puertos de Biobío y Valparaíso, siendo ahora una porción mucho menor la que se envía hacia el hub de Talca. Existen dos diferencias respecto al escenario base; en primer lugar, no existe envío hacia los pasos fronterizos, y por último, las toneladas transferidas hacia el hub Talca son considerablemente menos. Este nodo envía anualmente **771 trenes**, e implica la **reducción de 19.270 camiones** en los tramos Osorno-Biobío, Osorno-Talca y Osorno-Valparaíso.

Talca: Este corresponde al hub con actividad logística más diversificada. Por una parte, atiende a comunas aledañas, estas son, Chillán, Coihueco, San Javier, Linares, San Clemente, Talca, Maule, Constitución, San Rafael, Bulnes, Villa Alegre, Péncahue y Cauquenes, las cuales envían su carga a través de camión hacia el nodo para luego salir de este en tren, con dirección a los puertos de Valparaíso. Por otro lado, también llega salmón proveniente del hub de Osorno, movilizado en ferrocarril, en el nodo realiza cambio modal a camión y sale en dirección al paso Los Libertadores y el Aeropuerto Arturo Merino Benítez. De este hub salen anualmente **589 trenes**, equivalente a 19.851 camiones en el tramo Talca-Valparaíso, además, su trabajo en conjunto con el hub Osorno implica que 2.140 camiones dejen de circular por la Ruta 5 en el tramo Osorno-Talca (aproximadamente la mitad en comparación al escenario base). Cabe señalar que, **a diferencia del escenario base, existe flujo de salmón desde Ercilla** (región de la Araucanía) hacia este hub; dicha comuna **utiliza a Talca como zona de descanso** para camiones, para luego salir en dirección al aeropuerto Arturo Merino Benítez, sin realizar cambio modal.



PRINCIPALES RUTAS DE TRANSPORTE
Meso Región Maule-Los Lagos

Localización y evaluación de centros multimodales para las cadenas logísticas



ESCENARIO FRUTA

Descripción

Supondremos que la producción de la agroindustria aumenta debido a la aparición de nuevos productores en las regiones del Ñuble y Biobío; en efecto, asumimos que Bulnes, Chillán y Los Ángeles tendrán un 10% adicional de participación. Además, haremos que los puertos del Biobío compitan con los de Valparaíso en dicho mercado.

ESCENARIO FRUTA

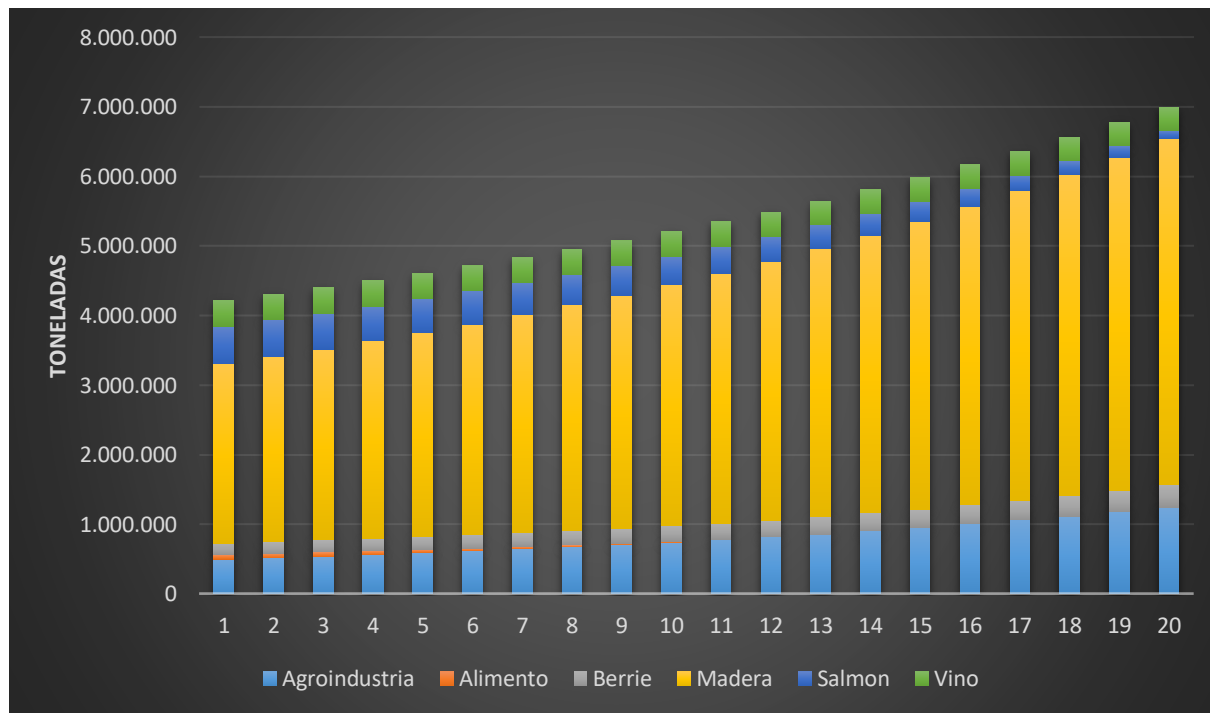
Proyecciones Econométricas

Proyecciones Variables explicativas (tasa de variación anual)

	PUEL	IPE	PUB	TMEr	IMPb	PIBm	PM	PROD	TCR	CONi	IMPα	PFANDB	PRAWM	PLANTv	Puv
Agroindustria												7%	6%		
Alimentos con valor agregado	2%	5%													
Berries		5%	2%	2%	2%										
Mitilidos						0.03%	2%								
Salmón		4%						5%							
Tableros		5%							3%	5%					
Madera Aserrada						0.03%					0.05%				
Vinos						0.03%								2%	2%

ESCENARIO FRUTA

Proyecciones Econométricas



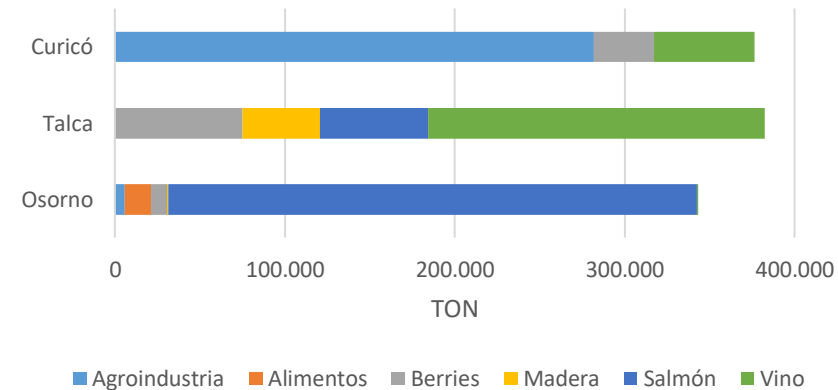
Al analizar las magnitudes de los flujos es posible observar un **aumento de la participación de la Agroindustria** dentro de las exportaciones Meso-regionales; para el año 20 en el escenario base se esperaba una participación del 14% en el escenario base, mientras este escenario proyecta un 18%. Al realizar la proyección gráfica es posible notar que en los últimos periodos (a contar del año 16), las toneladas producidas superan el millón anual, situación que en el escenario base no ocurre.

ESCENARIO FRUTA

Resultados

- Existe una **disminución del 2% de los costos del sistema** en comparación al escenario base. Ambos escenarios **no son comparables directamente** pues, de acuerdo a las proyecciones utilizadas, las toneladas movilizadas del escenario frutícola son mayores a las del escenario base, lo que encarece el sistema (el ahorro debiese haber sido mayor)
- Curicó pierde 144.335 ton/año (promedio) a causa de la reasignación de flujo (comunas sustituyen Valparaíso por Biobío)

Hubs abiertos	Osorno
	Talca
	Curicó
Período de Apertura	Año 0
Valor Actual de Costos (VAC 6%)	U\$ 458.042.000



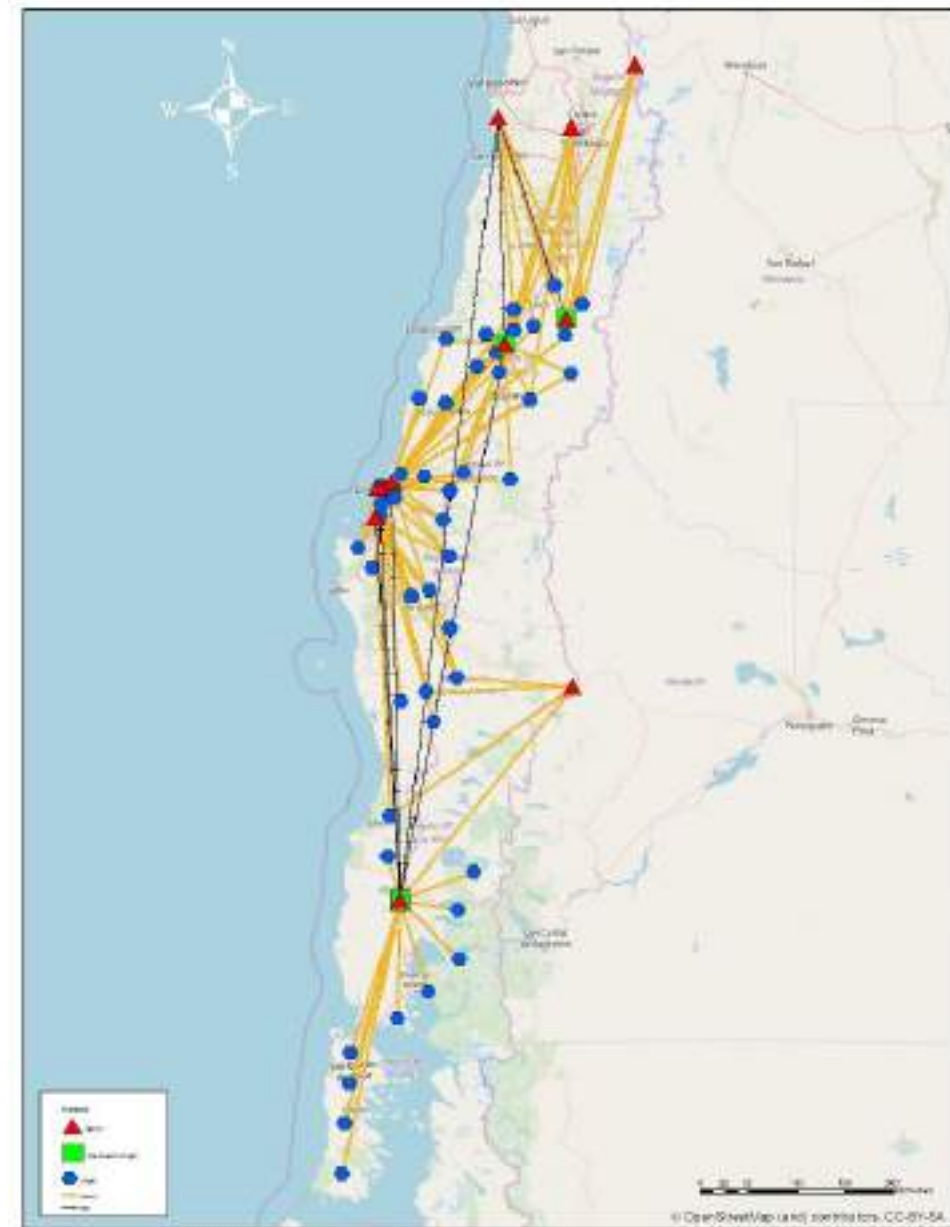
Hub	Inversión USD	Ton atendidas	Camión	Tren	Agroindustria	Alimentos	Berries	Madera	Salmón	Vino
Osorno	10.000.000	343.364	19%	81%	1%	5%	3%	0%	91%	0%
Talca	10.000.000	382.284	17%	83%	0%	0%	20%	12%	17%	52%
Curicó	10.000.000	376.459	0%	100%	82%	0%	7%	0%	0%	11%

ESCENARIO FRUTA

Resultados

Curicó: A igual que en el escenario base, este hub atiende prácticamente la producción total de la comuna de Curicó (99,9%), la cual es principalmente agroindustria. De este hub salen anualmente **574 trenes**, equivalente a la reducción de 14.346 camiones. A través de este análisis, es posible concluir que la disminución del tonelaje atendido por el hub es consecuencia de la nueva repartición del flujo de agroindustria; en el escenario base Curicó ostenta más del 60% de la participación, mientras que en este escenario se reparte 30% de esa participación en las nuevas comunas productoras. De esta manera, **la rentabilidad del nodo en Curicó depende fuertemente de la producción de su propia comuna, pues no atiende a ninguna comuna aledaña.**

Dado que el único mercado afectado en este escenario fue la Agroindustria, los flujos del resto de los mercados se comportan de la misma forma que el escenario base. Para el caso de la fruta, tenemos que las comunas de Romeral y Teno, envían su flujo directamente en camión hacia los puertos de Valparaíso, mientras que la comuna de Curicó lo hace a través del hub instalado en la misma comuna, haciendo uso exhaustivo de tren. Por otro lado, el resto de las comunas realizan envíos directos en camión hacia los puertos del Biobío, algunas de estas comunas son Chillán, Bulnes, Los Ángeles, Angol, Renaico, Maule, Talca, entre otras. El total de toneladas recibidas por los puertos de **Valparaíso** (en agroindustria) es de **201.168** anuales (periodo 1), mientras que los puertos del **Biobío** atienden **292.249**.



PRINCIPALES RUTAS DE TRANSPORTE

Meso Región Maule-Los Lagos

Localización y evaluación de centros multimodales para las cadenas logísticas



ESCENARIO SÚPER-CAMIÓN

Descripción

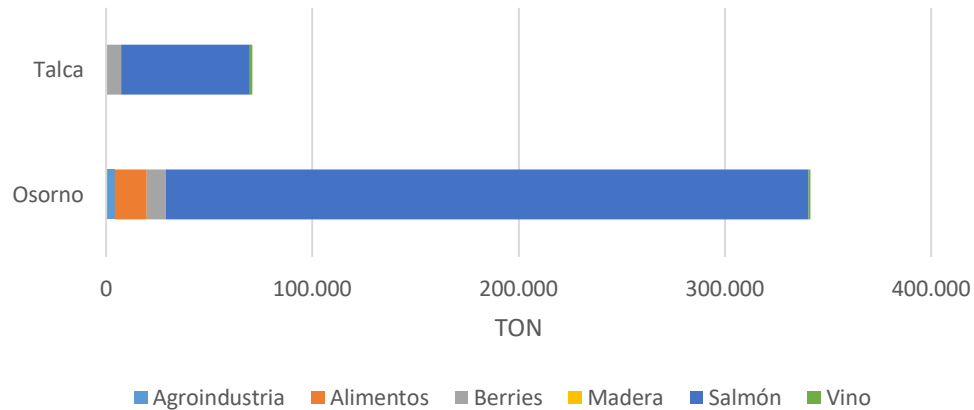
Asumiremos que se permitirá la circulación de súper camiones, con un tonelaje que dobla el de un camión normal, esto implicaría un costo unitario de transporte (en U\$/ton-km) un 20% más bajo. Las estructuras de costos utilizadas, según producto y modo se muestran en la tabla

Producto	Camión	Tren
Agroindustria	0,037	0,035
Alimento	0,034	0,032
Berrie	0,040	0,038
Madera	0,031	0,029
Salmón	0,037	0,035
Vino	0,036	0,034

ESCENARIO SÚPER-CAMIÓN

Resultados

Hubs abiertos	Osorno Talca
Período de Apertura	Año 0
Valor Actual de Costos (VAC 6%)	U\$ 409.697.000



- Existe una **disminución del 13% de los costos del sistema** en comparación al escenario base. Ambos escenarios son comparables pues, de acuerdo a las proyecciones utilizadas, las toneladas movilizadas son las mismas.
- Sólo 2 hubs abiertos (menos inversión)
- Osorno: Variaciones marginales
- Talca: Pierde más de 300.000 ton/año (promedio)

Hub	Inversión USD	Ton atendidas	Camión	Tren	Agroindustria	Alimentos	Berries	Madera	Salmón	Vino
Osorno	10.000.000	341.505	19%	81%	1%	5%	3%	0%	91%	0%
Talca	10.000.000	70.914	100%	0%	0%	0%	10%	0%	88%	2%

ESCENARIO SÚPER-CAMIÓN

Resultados

Talca: La Actividad de este nodo es muy diferente a la mostrada en el escenario base. En primer lugar recibe un bajo tonelaje anual, atendiendo principalmente salmón proveniente del hub Osorno. Este flujo llega en tren y es despachado hacia el paso fronterizo de Los libertadores y el aeropuerto Arturo Merino Benítez en camión, por lo que realiza un cambio modal. Por otro lado, atiende marginalmente flujo de las comunas de Chillán, Coihueco, Tomé y Bulnes, dicha carga viene en camión y es despachada hacia los puertos de Valparaíso y el paso fronterizo Los libertadores en el mismo modo, por lo que no existe inter-modalidad, sino que dichas comunas utilizan Talca como una zona de descanso producto que no cumplen con la restricción de tiempo de viaje impuesta. Este hub recibe 159 trenes provenientes del nodo Osorno, equivalente a 3.958 camiones en dicho tramo. Es importante destacar que el 100% de la carga movilizada en el nodo de Talca sale en camión, lo que es equivalente a 5.494 máquinas.

A partir del análisis del comportamiento de los flujos es posible concluir que la distancia juega un papel fundamental a la hora de realizar cambio modal. En efecto, este experimento sirve para demostrar que la estructura de costos de los modos de transporte es un dato clave a la hora de analizar la eficiencia del sistema. Fue posible observar como una rebaja en las tarifas del camión implicaba que, el hub de Curicó ya no fuese necesario pues no reporta ahorros en transporte (es más conveniente enviar directo en camión que pagar el cambio modal) y el hub de Talca no utilizara tren (no es un terminal intermodal por lo tanto). Para el caso de Osorno, dado que la distancia que se recorre en tren, ya sea hacia los puertos de Biobío, Valparaíso o hub Talca, es considerable; se reportan ahorros en transporte derivados del uso del ferrocarril en desmedro del camión. Para dicho caso, pagar el cambio modal es conveniente, y el cambio modal es realizado.



PRINCIPALES RUTAS DE TRANSPORTE
Meso Región Maule-Los Lagos
Localización y evaluación de centros multimodales para las cadenas logísticas



ESCENARIO TARIFA TREN

Descripción

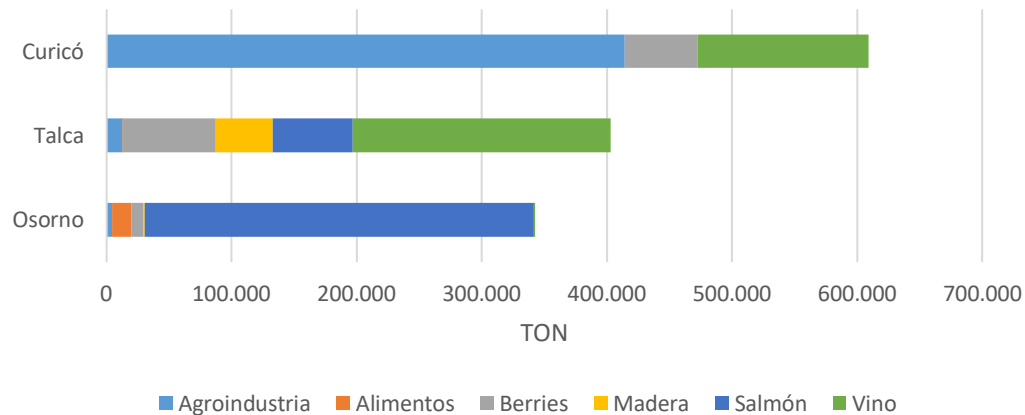
Evaluaremos el impacto de cambios en las estructuras de costos por unidad movilizada en el modo ferroviario, esto implicaría un costo unitario de transporte (en U\$/ton-km) un 20% más bajo para el tren. Las estructuras de costos utilizadas, según producto y modo se muestran en la tabla

<i>Producto</i>	<i>Camión</i>	<i>Tren</i>
<i>Agroindustria</i>	0,046	0,028
<i>Alimento</i>	0,042	0,026
<i>Berrie</i>	0,050	0,030
<i>Madera</i>	0,039	0,023
<i>Salmón</i>	0,046	0,028
<i>Vino</i>	0,044	0,027

ESCENARIO TARIFA TREN

Resultados

Hubs abiertos	Osorno
	Talca
	Curicó
Período de Apertura	Año 0
Valor Actual de Costos (VAC 6%)	US\$ 431.151.000



- Existe una **disminución del 8% de los costos del sistema** en comparación al escenario base. Ambos escenarios son comparables pues, de acuerdo a las proyecciones utilizadas, las toneladas movilizadas son las mismas.
- Curicó: Aumenta el tonelaje atendido en casi 90.000 ton/año (promedio). Aumenta la participación del vino y berries.
- Talca: Aumenta el tonelaje atendido en más de 20.000 ton/año (promedio). Aumenta parcialmente la participación del Agro.

Hub	Inversión USD	Ton atendidas	Camión	Tren	Agroindustria	Alimentos	Berries	Madera	Salmón	Vino
Curicó	10.000.000	609.011	0%	100%	68%	0%	10%	0%	0%	22%
Osorno	10.000.000	342.705	19%	81%	1%	5%	3%	0%	91%	0%
Talca	10.000.000	402.850	16%	84%	3%	0%	19%	11%	16%	51%

ESCENARIO TARIFA TREN

Resultados

Curicó: En este escenario el hub **recibe flujo proveniente de comunas aledañas**, estas son, Curicó, Molina, Romeral y Sagrada Familia. En el escenario base, solamente recibía flujo proveniente de la propia comuna de Curicó. El flujo llega en camión y sale en su totalidad en tren en dirección a los puertos de Valparaíso. De este hub salen anualmente **1.053 trenes, equivalente a la reducción de 26.318 camiones**.

Talca: Al igual que en el escenario base, este es el hub con la actividad logística más diversificada. Por una parte, atiende a comunas aledañas, estas son, Bulnes, Cauquenes, Chillán, Coihueco, Constitución, Linares, Maule, Pencahue, Río Claro, San Clemente, San Javier, San Rafael, Talca y Villa Alegre. **En comparación al escenario base, el hub atiende una comuna más.** La carga de estas comunas es enviada a través de camión hacia el nodo para luego salir de este en tren, con dirección a los puertos de Valparaíso. Además, también llega salmón proveniente del hub de Osorno, movilizado en ferrocarril, en el nodo realiza cambio modal a camión y sale en dirección al paso Los Libertadores y el Aeropuerto Arturo Merino Benítez. De este hub salen anualmente **625 trenes**, equivalente a 15.610 camiones en el tramo Talca-Valparaíso, además, su trabajo en conjunto con el hub Osorno implica que 5.135 camiones dejen de circular por la Ruta 5 en el tramo Osorno-Talca.

A partir del análisis del comportamiento de los flujos es posible concluir que **La diferencia en las tarifas de ambos medios de transporte induce a nuevas comunas a realizar cambio modal (siempre y cuando el cambio de las tarifas favorezca al tren)**. Este experimento sirve para demostrar que la estructura de costos de los modos de transporte es un dato clave a la hora de analizar la eficiencia del sistema. Fue posible observar como una rebaja en las tarifas del tren implicaba que, nuevas comunas accediesen al hub de Curicó y en menor medida a Talca



PRINCIPALES RUTAS DE TRANSPORTE
Meso Región Maule-Los Lagos
Localización y evaluación de centros multimodales para las cadenas logísticas

