

# La Complejidad Económica de las Provincias Argentinas

Francisco Gabriel Palmieri\*

Mayo de 2017

Tesis de Maestría en Economía

Universidad Torcuato Di Tella

## Resumen

En este trabajo calculo un índice de complejidad económica para las provincias argentinas, midiendo qué tan variados y únicos son los productos que exportan. En línea con la literatura sobre la relación entre complejidad y otras variables agregadas claves, encuentro que la complejidad de las provincias tiene una correlación positiva con el ingreso real per cápita, salario, valor de las exportaciones, porcentaje de empresas exportadoras, tamaño de empresas, variedad de bienes exportados y cantidad de destinos de exportación. Finalmente, si considero a una provincia como un país poblado por firmas heterogéneas, muestro que estos resultados son consistentes con el modelo intra-industrial de costos hundidos de Bernard et al. (2011).

Palabras Clave: Complejidad económica, Argentina, Exportaciones, Comercio Intra-Industrial.

---

\*Cualquier comentario es bienvenido a [franpalmieri291@gmail.com](mailto:franpalmieri291@gmail.com). Le estoy agradecido a la Universidad Torcuato Di Tella por todo el apoyo durante mis años de estudio, especialmente a mis tutores Marzia Raybaudi Massilia y David Kohn.

# I. Introducción

Según la teoría tradicional de la economía internacional, las ventajas comparativas y la especialización productiva explican los patrones del comercio y generan beneficios para los países. Los modelos de ventajas comparativas, como Heckscher-Ohlin, afirman que los países exportan (importan) bienes cuya producción es intensiva en el factor relativamente abundante (escaso). Estos modelos predicen que una reasignación de recursos en favor de la producción de bienes en los cuales un país tiene ventaja comparativa genera beneficios para el mismo. Luego, el camino hacia el desarrollo para los productores de materias primas sería el de crecimiento “aguas abajo” o de agregar valor, en el sentido de que si un país tiene árboles, le convendría exportar muebles en lugar de madera.

Sin embargo, la realidad empírica revela que los países no sólo exportan bienes en los que tienen ventaja comparativa, sino también una gama de productos en los cuales se usan los factores relativamente escasos. Conforme al enfoque de Hausmann e Hidalgo (2014), los conocimientos y las capacidades productivas interactúan generando combinatorias que llevan a un país no sólo a producir madera y muebles, sino también a fabricar celulares.

Siguiendo a Hausmann e Hidalgo (2014), el Índice de Complejidad Económica (ICE) procura capturar las capacidades productivas que existen en un país o región, a través de la observación de los productos que es capaz de exportar de forma competitiva. Si un país es capaz de hacer muchos productos (alta diversidad) que en promedio pocos son capaces de hacer (baja ubicación o alta unicidad del producto), se presume que el país posee una amplia gama de conocimientos y capacidades productivas. Por el contrario, si un país es capaz de producir pocas cosas (baja diversidad) que muchos son capaces de hacer (alta ubicación o baja unicidad del producto), cabe esperar que posea bajas capacidades productivas y posea un bajo nivel de complejidad. En este sentido, la “capacidad” de un país no sólo abarca activos o conocimientos productivos, sino también instituciones, bienes públicos e infraestructura.

El objetivo principal de la presente tesis es ampliar los resultados obtenidos por Hausmann e Hidalgo (2014) para las provincias de Argentina. En primer lugar, busco verificar si las provincias con mayor complejidad en las exportaciones son en general las más prósperas. En otras palabras, provincias que en general exportan productos que pocos países exportan (provincias con mayor ICE) son las más ricas, y por el contrario las que exportan bienes que en general muchos países exportan (provincias con menor ICE) son las menos prósperas. Los autores encuentran que los países más complejos tienen un nivel de ingreso per cápita más elevado y un crecimiento más alto y sostenido que las menos complejas.

Con datos del comercio mundial y de las provincias argentinas construyo el ICE para cada una de estas en el período 2003-2015. Mostraré que las provincias más

complejas tienen un nivel de ingreso per cápita más alto que las menos complejas. Asimismo, controlando por la participación relativa del sector primario o extractivo en el Producto Bruto Geográfico (PBG) de las provincias, la relación entre complejidad e ingreso per cápita es mucho mayor, evidenciando que las provincias con mayor peso relativo de estos sectores en el PBG tienen un nivel de complejidad menor al que se esperaría para su nivel de ingresos.

Amplíe estos resultados re-interpretando el modelo de comercio intra-industrial de Bernard et al. (2011). El mismo es una extensión de Melitz (2003), donde a diferencia de este último, considera la interacción de firmas multi-prодукto y multi-destinos, permitiendo heterogeneidad en habilidades y en atributos de productos entre firmas. Esto me permite diferenciar la cantidad de productos y destinos que exporta cada provincia, lo que está relacionado con el núcleo de este trabajo: costos hundidos de entrada altos (acumulación de conocimiento necesario para producir un cierto producto) generan que las firmas de las provincias con la misma productividad produzcan y exporten una canasta menos diversificada de bienes. Luego, provincias con firmas más hábiles producen bienes que las menos hábiles no pueden, que a su vez producen y exportan una canasta más diferenciada de productos, capturando la definición de complejidad económica.

En consecuencia, las provincias con firmas más productivas serán las más complejas. Encuentro evidencia que las provincias más complejas pagan salarios más altos, poseen empresas más grandes y, si bien todas las provincias tienen pocas empresas exportadoras, tienen un porcentaje mayor de empresas que venden al resto del mundo que las menos complejas. Esto último relacionado con los hallazgos de Bernard y Jensen (1999), Clerides et al. (1998), Aw et al. (2000) y Bernard et al. (2007): firmas productivas se hacen exportadoras, y estas pagan salarios más altos y tienen un tamaño mayor. Asimismo, las provincias más complejas exportan a un número mayor de destinos, exportan un mayor valor y son más diversificadas que las menos complejas, relacionado con lo hallado por Bernard et al. (2011).

En particular, por cada aumento de 0.1 puntos de complejidad (ICE), el valor de las exportaciones de las provincias es un 16%-27% mayor, el porcentaje de empresas exportadoras aumenta en un 3%, la cantidad de destinos de exportación se incrementa en un 3.8%-4.5%, como así también la cantidad de productos exportados aumentan en un 4.9%. Asimismo, por cada aumento de 0.1 del ICE encuentro que el tamaño de las empresas de provincias se incrementa un 0.03% y los salarios aumentan un 1.3%.

En cuanto a la literatura sobre complejidad económica, las investigaciones de Hausmann, Hwang y Rodrik (2007) y de Hausmann e Hidalgo (2009) fueron las primeras basadas en los bienes que exportan los países. Encuentran que el grado de sofisticación de la canasta exportadora es informativa con respecto al crecimiento de los países. Asimismo, Hausmann e Hidalgo (2011) profundizan el análisis estudiando hechos estilizados de la complejidad económica, como relaciones entre diversificación

y ubicación, y la distribución de ambas. Asimismo, Hausmann e Hidalgo (2014) definen explícitamente a la complejidad y hallan relaciones positivas entre ICE y PBI per cápita, como así también que el ICE es más informativo a la hora de medir el crecimiento económico que otras variables (estabilidad política, control de la corrupción y calidad regulatoria).

Si bien el estudio de la complejidad de los países en base a los productos exportados se basa principalmente en relaciones con variables macroeconómicas, en los últimos años han cobrado importancia trabajos de causalidad entre complejidad, desigualdad y desarrollo económico, como así también estudios de la relación entre complejidad y diversificación de la matriz productiva.

Por ejemplo, Levy et al. (2015) analiza el desarrollo económico de Chiapas, el estado más atrasado de México. Con análisis de complejidad económica de las exportaciones y de la industria, estudian factores asociados a las diferencias en ingresos entre dicho estado y el resto de México, como años de escolaridad y calidad de la enseñanza. Asimismo, Hartman et al. (2017) muestran que países que exportan productos complejos tienen menos desigualdad en el ingreso que países que exportan productos más simples. También encuentran evidencia de que incrementos en la complejidad económica reduce la desigualdad en el ingreso, sugiriendo que las políticas sociales carecen de la fuerza necesaria para modificar la desigualdad en el ingreso cuando no se registran de cambios en la complejidad productiva.

Por otro lado, encontré evidencia de estudios aplicados a países donde, en un contexto de complejidad económica, se muestran las potenciales oportunidades de diversificación de la matriz productiva. Hausmann y Chauvin (2015) encuentran que más de 100 bienes comercializables en la frontera de conocimiento de Rwanda no son intensivos en sus recursos escasos, y son relativamente baratos en costos de transporte. Este análisis produce una visión más diversificada de Rwanda, usado como guía de promoción de inversiones. Estos resultados están en línea con el trabajo de Morales et al. (2016), que estudian las potenciales oportunidades de diversificación para Panamá en cuanto a bienes y servicios exportables.

En la sección II destaco los distintos abordajes que se le dio a la complejidad económica en estos últimos años, como así también su relación con los productos y sectores que exporta cada país. Seguidamente planteo el panorama de la complejidad en Argentina y su relación con el producto per cápita. En la sección III detallo el modelo de Bernard et al. (2011) para luego interpretar la complejidad económica. Luego, en la sección IV, remarco hechos empíricos del ICE para las provincias de Argentina relacionados con el modelo y otros trabajos empíricos. En particular, muestro relaciones positivas entre ICE y salario, tamaño de las empresas, valor de las exportaciones, porcentaje de empresas exportadoras, cantidad de destinos de exportación y cantidad de productos exportados por provincias. Por último, en la sección V señalo las conclusiones y potenciales investigaciones sobre la complejidad a partir de lo hallado en el trabajo.

## II. Acerca de la Complejidad

Dado que el concepto de “complejidad económica” es de aparición reciente en el campo de investigación, considero oportuno hacer hincapié en los distintos abordajes dados a la complejidad económica a través de los años. Asimismo, como motivación, muestro un paneo de la complejidad económica en las provincias argentinas, como así también su relación con el ingreso per cápita de las mismas.

En el Anexo I describo las fuentes de datos, mientras que en el Anexo II detallo en mayor profundidad los cálculos utilizados por Hausmann et al. (2014) para obtener el índice de complejidad de los productos a partir de datos de comercio de los países.

### Historia de la Complejidad Económica

El primer acercamiento entre complejidad económica y exportación fue realizado por Hausmann et al. (2007). Con datos de comercio de países construyen un índice de productividad (s sofisticación) de las exportaciones y hallan una correlación con el crecimiento. Luego, Hausmann e Hidalgo (2009) determinan el nivel de complejidad de las economías a partir de la caracterización de productos exportados y países exportadores. Encuentran que países diversificados tienden a exportar productos menos ubicuos, y que las desviaciones de este comportamiento son informativas. Por ejemplo, mientras que Malasia y Pakistán exportan la misma cantidad de productos, los exportados por Malasia son vendidos por menos países que aquellos exportados por Pakistán. Asimismo, observan que los productos de Malasia son exportados por países más diversificados que los exportados por Pakistán. Esto sugiere que Malasia tiene una estructura productiva más compleja que la paquistaní, debido al mayor número de capacidades disponibles.

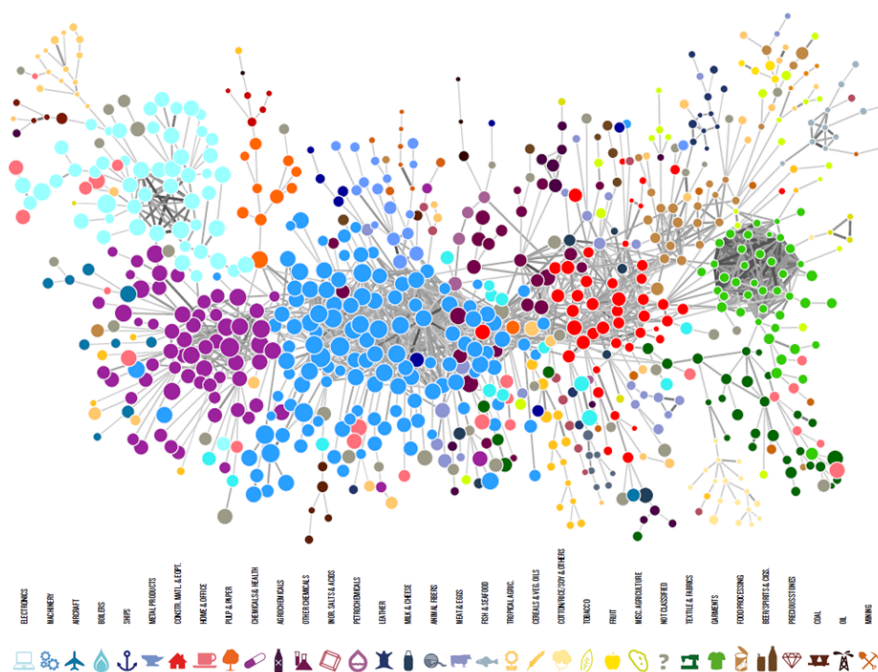
En la misma línea, Hausmann e Hidalgo (2011) introducen los términos **diversidad** de los países y **unicidad** de los productos exportados para poder estudiar hechos estructurales. Con modelos probabilísticos encuentran una gran heterogeneidad en la distribución de las capacidades a través de los países, como así también evidencia de que países con mayores habilidades tendrán “lo que se necesita” para hacer más productos (mayor diversidad del país). Bienes que requieran mayores capacidades en la producción van a ser accesibles para pocos países (menor ubicación del producto). ). Por lo tanto, países más complejos van a ser los que tengan canastas de exportación diversificadas y exporten, en promedio, productos que pocos países exportan.

No es sino hasta Hausmann et al. (2014) que se obtiene una definición explícita de complejidad económica. Primero definen el Índice de Complejidad de los Productos (ICP), como una medida de que tan complejo es elaborar un producto a partir de las capacidades productivas disponibles de los países. Un bien es complejo si es exportado por relativamente pocos países (unicidad) y, a su vez, estos exportan

una cantidad significativa de bienes (diversidad). Después, tomando un promedio simple de los ICP de los productos que cada país exporta bajo Ventaja Comparativa Revelada (VCR)<sup>1</sup>, obtienen el Índice de Complejidad Económica (ICE) para cada país.

A modo ilustrativo, dichos autores idearon el **espacio de productos**, donde agruparon a los bienes<sup>2</sup> dentro de distintas actividades económicas, con cada producto con su respectivo ICP (Figura 1). Cada circunferencia (producto) tiene asociada un color (sector) y un determinado tamaño (ICP). Por ejemplo, en general, los productos pertenecientes al sector químico (gama cromática del violeta) tienen un mayor nivel de complejidad que los del sector textil y confección (gama de verdes), dado el mayor tamaño de la circunferencia.

Figura 1: Espacio de productos



Fuente: Hausman et al. (2014): *Atlas of Economic Complexity*.

Nota: Tamaño de las circunferencias es proporcional al ICP.

Por lo tanto, países que exporten con VCR productos pertenecientes al sector químico, electrónico (gama de turquesas) o de maquinaria (gama de celestes) tendrán un mayor nivel de complejidad económica (ICE) en relación a los países que exporten con VCR productos relacionados al sector textil y confección, cereales y aceites (gama de naranjas), y minero (gama de marrones).

Luego, en base al ICE, los autores muestran que los países más complejos tienen un Producto Bruto Interno (PBI) per cápita más elevado que los menos comple-

<sup>1</sup>Medida propuesta por Balassa (1965) para tener en cuenta la especialización exportadora de un país. Para un mayor detalle ver Anexo III.

<sup>2</sup>En base a la Clasificación Uniforme para el Comercio Internacional (CUCI) revisión 2.

jos y crecen más rápido y sostenidamente. Asimismo, denotan la importancia de la complejidad económica como medida de crecimiento y desarrollo contrastándola con otras medidas alternativas, como estabilidad política, control de la corrupción y calidad regulatoria. Esto sugiere un gran potencial del ICE a partir de los complejidad de los productos exportados para medir el desarrollo futuro de las distintas regiones del mundo.

En los últimos 2 años se ha empezado a relacionar la complejidad con el desarrollo y desigualdad en el ingreso de países, como los trabajos de Levy et al. (2015) y Hartman et al. (2017). Si bien estas investigaciones son recientes, presentan una prometedora perspectiva a la hora de hablar de desigualdad y desarrollo económico.

## Complejidad Económica Argentina

Para la construcción del ICP, me basé en los datos de ICP nombrados en la Clasificación Uniforme para el Comercio Internacional (CUCI) revisión 2 para 128 países y para el período 1962-2015<sup>3</sup>. Luego, para obtener el ICP “general” calculé el promedio de los ICP que los países exportan con VCR por año.

Figura 2: Principales productos según su complejidad. 2015

CUCI rev. 2	Descripción	Rubro	ICP
7367	Otros instrumentos de máquinas para trabajar el metal	Maquinaria y equipos	5.23
7742	Aparatos y partes de rayos x	Maquinaria y equipos	4.47
7133	Motor de combustión interna para propulsión marítima	Automotor	4.42
8744	Instrumentos eléctricos y no mecánicos para análisis físicos y demás	Maquinaria y equipos	4.25
6954	Herramientas intercambiables para instrumentos mecánicos y manuales	Maquinaria y equipos	4.17

(a) Los 5 más complejos

CUCI rev. 2	Descripción	Rubro	ICP
2320	Caucho natural (latex)	Silvicultura	-3.10
3330	Petróleo crudo	Petróleo	-3.21
2815	Minerales de hierro y sus concentrados	Minería	-3.42
2876	Minerales de estaño y sus concentrados	Minería	-3.65
2225	Semillas de sésamo	Agricultura	-3.75

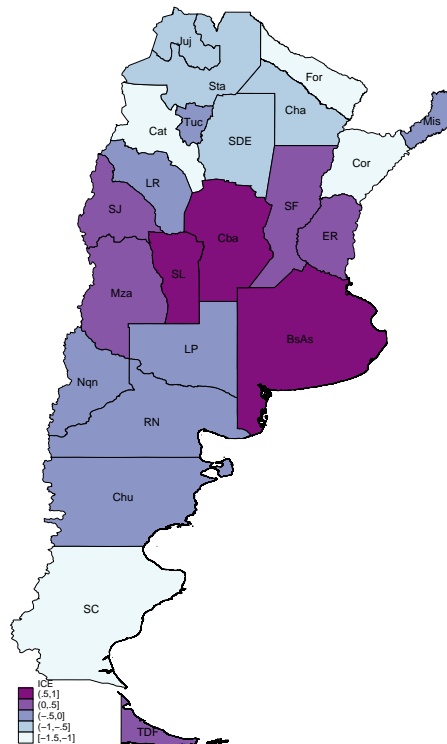
(b) Los 5 menos complejos

<sup>3</sup>Agradezco a Ricardo Hausmann y a Sebastián Bustos por su ayuda y buena predisposición.

Como se puede ver, y en consonancia con la Figura 1, los productos con un mayor nivel de complejidad pertenecen a los rubros de maquinaria y equipos, y automóviles. Por el contrario, los rubros de menor complejidad son los relacionados con el sector extractivo y agrícola .

Para aislar el efecto “tamaño” de las provincias y poder compararlas, uso la definición de Ventajas Comparativas Reveladas (VCR) propuesta por Balassa (1965) para tener en cuenta sólo a los productos que son exportados competitivamente. Luego, con datos de exportaciones de las provincias para el período 2003-2015, computé el ICE por provincia y para cada año tomando el promedio simple de los ICP (del promedio de países) de los productos que las provincias exportaron con VCR. Esto me da una medida de la complejidad económica de cada provincia, la cual se puede visualizar en el siguiente mapa:

Figura 3: Complejidad económica (ICE) de las provincias argentinas. 2015



Las provincias más complejas tienen una gama de violeta más oscuro, mientras que las menos complejas están coloreadas con un tono más claro. Como se puede apreciar, las provincias con un índice de complejidad más alto son las de la regiones Centro y Cuyo. Dentro de este grupo, Buenos Aires, Córdoba y San Luis son las provincias más complejas, dado que tienen un conjunto de exportaciones relativamente complejas (como surge del ranking de complejidad de los productos de la Figura 2), como las del sector maquinaria y equipos, químico, automotriz e instrumentos médicos.



Por otro lado, las provincias menos complejas están compuestas por las del Norte y parte de la Patagonia, las cuales principalmente están abocadas a la producción y exportación de bienes primarios, vinculadas a la actividad agrícola-ganadera, una de las actividades menos complejas.

## Relación entre ICE y PBG per cápita

Siguiendo a Hausmann et al. (2014), puedo mostrar una relación positiva entre el Producto Bruto (PBG) per cápita y el Índice de Complejidad Económica (ICE) tanto para las provincias<sup>4</sup> donde la proporción del sector primario (como petróleo, gas, minerales y relacionados al sector agrícola-ganadero) en relación al PBG es mayor al 15%, como para para aquellas donde es menor del 15%. La Figura 4 ilustra dicha relación, donde distingo en rojo a provincias con un alto porcentaje del PBG en la extracción y transformación de recursos naturales. Para las 13 provincias con una relativa limitada presencia del sector primario (en azul), la complejidad económica contempla el 72% de la varianza en el PBG per cápita.

Figura 4: Relación entre PBG per cápita e ICE para provincias argentinas con corte en 15% del sector primario en el ingreso



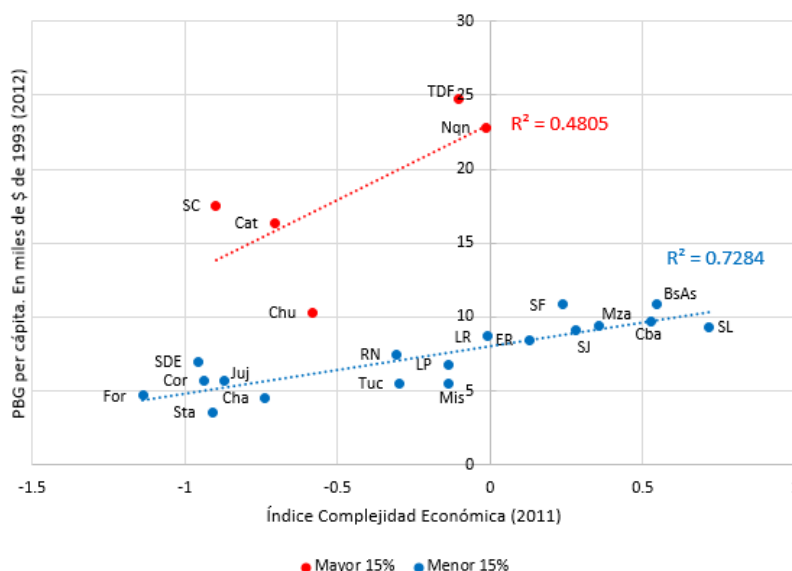
Si bien las provincias con gran importancia relativa del sector primario tienden a ser significativamente más ricas de lo que se esperaría dado el nivel de complejidad

<sup>4</sup>Como los nomencladores utilizados para rankear los productos son el Sistema Armonizado (SA) y la Clasificación Uniforme para el Comercio Internacional (CUCI), los cuales son netamente clasificadores de productos y no de actividades, removí a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires por ser una ciudad dedicada principalmente a los servicios, con más del 75% de su PBG abocado al sector terciario.

de sus economías, el ICE sigue correlacionando positivamente para este grupo, pero con un menor nivel del coeficiente de determinación (0.16).

Igualmente, puedo analizar la misma relación separando a las provincias en las que el aporte del sector explotación de minas y canteras en el PBG es más y menos del 5% (Figura 5). Como se puede apreciar, al discriminar a las provincias por su participación en el sector minero, sigue habiendo prácticamente la misma relación entre ingreso e ICE para provincias con menos del 15% de su PBG en el sector extractivo, sólo que ahora la correlación entre PBG e ICE para las provincias con más del 15% es mucho mayor ( $R^2 = 0.48$ ).

Figura 5: Relación entre PBG per cápita e ICE para provincias argentinas con corte en 15% del sector minero en el ingreso



Asimismo, armo un panel donde la unidad de análisis son las provincias y el período de tiempo el comprendido entre los años 2003 y 2015. Regresando al PBG per cápita contra el ICE bajo Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS por su sigla en inglés) obtengo resultados de regresiones dispuestos en la Tabla 1<sup>5</sup>.

Como se puede ver, el panel armado con el período 2003-2015 arroja una relación prácticamente nula entre PBG e ICE cuando no se controla por la importancia del sector primario o extractivo en el PBG (Columna 1 y 4). Por otro lado, dicha relación es más fuerte cuando controlo por provincias que tienen más del 15% de su ingreso en actividades extractivas (Columna 3 y 6) que cuando genero dummies con corte en 15% en el sector primario (Columna 2 y 5), en consonancia con las Figuras 1 y 2. Asimismo, las regresiones mejoran considerablemente haciendo efectos fijos por provincia y por año.

<sup>5</sup>En el Anexo IV muestro tests de raíz unitaria para datos de panel, donde no encuentro evidencia de raíz unitaria en ICE y PBG per cápita, como así tampoco con otras variables que más adelante se detallan.

Tabla 1: Relación entre PBG per cápita e ICE. 2003-2015

VARIABLES	(1) Ln PBG	(2) Ln PBG	(3) Ln PBG	(4) Ln PBG	(5) Ln PBG	(6) Ln PBG
Lag ICE	0.179** (0.0508)	0.391*** (0.0502)	0.401*** (0.0282)	0.169** (0.0491)	0.373*** (0.0488)	0.390*** (0.0250)
Sector primario		0.584** (0.0638)			0.561** (0.0623)	
Sector extractivo			1.142*** (0.0431)			1.133*** (0.0381)
EF provincia	No	No	No	Si	Si	Si
EF año	No	No	No	Si	Si	Si
Observaciones	276	276	276	276	276	276
R cuadrado	0.043	0.268	0.732	0.114	0.318	0.792

Errores standard entre paréntesis

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$

*Nota:* Sector primario es una variable dummy que toma el valor 1 si la provincia posee 15% o más de su PBG en el sector primario y 0 caso contrario. Sector extractivo es una variable dummy igual a 1 si la provincia tiene 15% o más de su PBG en el sector minero y 0 caso contrario. EF Provincia y EF años son variables binarias que identifican a cada provincia y año, respectivamente.

Al tener a la variable dependiente en logaritmo, el coeficiente de la regresión puede ser interpretado como el cambio porcentual en el PBG per cápita ante un cambio de una unidad en el ICE. Por ejemplo, observo que un aumento de 0,1 en el ICE produce un aumento cercano 4% del PBG per cápita (controlando por recursos naturales como por sector extractivo, como así también con o sin efectos fijos por provincia y año). Asimismo, como mostré en los gráficos anteriores, las provincias con más del 15% de su producto por habitante provenientes del sector extractivo son en promedio un 114% más ricas que las provincias con menos del 15% de su PBG en el sector minero, mientras que las provincias con más del 15% de su producción abocadas al sector primario son un 56% más ricas que las que no lo son.

### III. Modelo - Bernard et al. (2011)

En esta sección, reproduzco el modelo de firmas heterogéneas de Bernard et al. (2011), en el cual estas interactúan en un contexto de equilibrio general y comercio intra-industrial<sup>6</sup>. Considero un mundo compuesto por muchos países y productos, en el cual las firmas deciden si entrar, que productos producir y donde ofrecer dichos bienes. Los productos son sustitutos imperfectos en demanda y, entre cada producto, las firmas ofrecen variedades diferenciadas del producto. Permito a los países que

<sup>6</sup>Otro modelo podría haber sido contemplando ventajas comparativas. Ver Bernard et al. (2007).

sean asimétricos en términos de costos bilaterales de comercio (geográficos), tamaño (dotación de trabajo) y productividad.

## **Demanda: Dotaciones y Preferencias**

Los países están indexados por  $i \in \{1, 2, \dots, J\}$  y tienen dotaciones de  $L_i$  unidades de trabajo ofrecidas inelásticamente con cero desutilidad. El consumidor representativo en cada país deriva su utilidad del consumo de un continuo de productos simétricos normalizados en el intervalo  $[0, 1]$ . Hay una elasticidad de sustitución constante a través de productos, por lo que la función de utilidad del consumidor representativo en el país  $j$  toma la forma estándar de Dixit-Stiglitz (1977):

$$U_j = \left[ \int_0^1 (C_{jk})^\nu dk \right]^{1/\nu}, \quad \nu \in (0, 1)$$

donde  $k$  indexa productos. Dentro de cada producto, un continuo de firmas ofrecen variedades diferenciadas horizontalmente del producto. Luego,  $C_{jk}$  es el índice de consumo, que también toma forma de CES y depende de las variedades consumidas en cada país en el mundo:

$$C_{jk} = \left[ \sum_{i=1}^J \int_{\omega \in \Omega_{ijk}} [\lambda_{ijk}(\omega) c_{ijk}(\omega)]^\rho d\omega \right]^{1/\rho}, \quad \rho \in (0, 1) \quad (1)$$

donde  $i$  y  $j$  indexan países,  $\omega$  indexa variedades del producto  $k$  ofrecido del país  $i$  al  $j$ , y  $\Omega_{ijk}$  denota el conjunto endógeno de esas variedades. El parámetro  $\lambda_{ijk}(\omega) \geq 0$  captura atributos del producto<sup>7</sup>.

Si bien no afecta a los resultados, asumo que la elasticidad de sustitución entre variedades dentro de los bienes es más grande que la elasticidad de sustitución a través de los productos:  $\sigma = 1/(1 - \rho) > \kappa = 1/(1 - \nu) > 1$ . También asumo que la elasticidad de sustitución entre variedades,  $\sigma$ , es la misma para todos los productos. El correspondiente índice de precios a la ecuación (1) es:

$$P_{jk} = \left[ \sum_{i=1}^J \int_{\omega \in \Omega_{ijk}} \left( \frac{p_{ijk}(\omega)}{\lambda_{ijk}(\omega)} \right)^{1-\sigma} d\omega \right]^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (2)$$

---

<sup>7</sup>Si bien en esta sección modelo la fuerza de gustos del consumidor en el país  $j$  por una variedad del producto  $k$  ofrecida por la firma  $\omega$  en el país  $i$ , por el lado de la oferta lo re-interpreto como “atributos del producto”.

## Tecnología de Producción

Hay un continuo (no acotado) de potenciales firmas que son idénticas antes de entrar. Para entrar a producir, deben pagar un costo hundido de entrada de  $f_{ei} > 0$  unidades de trabajo en el país  $i$ . Incurrir en el costo hundido crea una marca de la firma, que puede ser usada para ofrecer una variedad diferenciada del continuo de productos. Asumo que las variedades se diferencian de otras por su marca, lo cual implica que una marca no puede ser usada para ofrecer más de una variedad de cada producto.

La firma está definida por su tecnología de producción y por los atributos del producto. Ambas características son inciertas antes de entrar y sólo se revelan una vez pagado el costo hundido de entrada. Hay dos componentes de tecnología de producción y de características del producto que afectan la rentabilidad de la firma: una común a través de los productos y países (“habilidad de la firma”, capturado por  $\varphi$ ) y otro es idiosincrático a productos y países (“atributo del producto”, capturado por  $\lambda$ ), generando, respectivamente, heterogeneidad a través y entre firmas.

Una vez que el costo hundido de entrada se pagó, la firma observa su habilidad,  $\varphi$ , y su atributo de productos para cada país  $j$  y producto  $k$ ,  $\lambda_{jk}$ . Para capturar las diferencias entre países, dejo que la distribución de habilidad de la firma varíe a través de países. La habilidad de la firma  $\varphi \in [0, \infty)$  se extrae de una distribución continua  $g_i(\varphi)$  en el país  $i$ , con una distribución acumulada,  $G_i(\varphi)$ . Los atributos de los productos,  $\lambda \in [0, \infty)$ , se extraen de una distribución continua  $z(\lambda)$  con distribución acumulada  $Z(\lambda)$ . Tanto el rango de productos  $\varphi \in [0, 1]$  y la distribución de atributos son las mismas para todos los países.

Luego, una vez que el costo hundido se pagó, la habilidad de la firma y atributos de los productos se observaron, la firma decide si entra y que productos y en que países los ofrece. El trabajo es el único factor de la producción. Asumo que las firmas en el país  $i$  enfrentan un costo fijo de ofrecer en el país  $j$  de  $F_{ij} > 0$  unidades de trabajo. Este costo captura entre otras cosas, los costos de construcción de redes de distribución. También, asumo que las firmas en el país  $i$  enfrentan un costo fijo de ofrecer cada producto en el país  $j$  de  $f_{ij} > 0$  unidades de trabajo. Estos costos específicos por producto capturan los costos de estudio de mercado, publicidad y adecuarse al marco regulatorio para cada producto.

En adición a los costos fijos, también hay un costo marginal constante de producción para cada producto que depende del nivel de habilidad, tal que  $q_{ijk}(\varphi, \lambda_{ijk})/\varphi$  de unidades de trabajo son empleadas en el país  $i$  para ofrecer  $q_{ijk}(\varphi, \lambda_{ijk})$  unidades de producto  $k$  en el mercado  $j$ . Finalmente, existen costos variables de comercio, tales como costos de transporte, los cuales toman la forma standard de costo *iceberg*: una fracción  $\tau_{ij} > 1$  de la variedad debe ser enviada del país  $i$  para que una unidad llegue al país  $j$ <sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup>Asumo que  $\tau_{ii} = 1$ .

## Rentabilidad Producto-Firma

Si la firma está activa en un mercado en particular, ofrece una variedad de un continuo, por lo que la firma no puede influenciar el índice de precios de cualquier producto. Luego, el problema de maximización de beneficios de la firma se reduce a elegir el precio de cada variedad de producto separadamente de la maximización de beneficios derivada de esa variedad. El problema de optimización llega al resultado estándar de que el precio de equilibrio de una variedad es un *mark-up* constante sobre el costo marginal:

$$p_{ij}(\varphi, \lambda) = \tau_{ij} \frac{1}{\rho} \frac{w_i}{\varphi} \quad (3)$$

Como la tecnología de producción y la elasticidad de sustitución entre variedades es la misma para cada producto, todos los productos con la misma productividad  $\varphi$  tienen el mismo precio. Por lo tanto, de ahora en más, voy a obviar el subíndice  $k$ .

Usando la regla de precio, el ingreso y beneficio de equilibrio recibido por una firma en el país  $i$  que ofrece un producto en el país  $j$  son:

$$\begin{aligned} r_{ij}(\varphi, \lambda) &= w_j L_j (P_j \rho \varphi \lambda)^{\sigma-1} \\ \pi_{ij}(\varphi, \lambda) &= \frac{r_{ij}(\varphi, \lambda)}{\sigma} - w_i f_{ij} \end{aligned}$$

Como los atributos de los productos están independientemente distribuidos en un continuo de productos simétricos, la ley de los grandes números asegura que el ingreso esperado de la firma en el continuo de productos es igual al ingreso esperado de cada producto. Luego, el ingreso y beneficio total de la firma en cada mercado es:

$$r_{ij}(\varphi) = \int_{\lambda_{ij}^*(\varphi)}^{\infty} r_{ij}(\varphi, \lambda) z(\lambda) d\lambda \quad (4)$$

$$\pi_{ij}(\varphi) = \int_{\lambda_{ij}^*(\varphi)}^{\infty} \left( \frac{r_{ij}(\varphi, \lambda)}{\sigma} - w_i f_{ij} \right) z(\lambda) d\lambda - w_i F_{ij} \quad (5)$$

Como remarqué en el apartado anterior, a menor habilidad de las firmas, mayor es el nivel de corte de atributos de producto y menor es la probabilidad de obtener un valor para atributos suficientemente alto para que sea rentable ofrecerlo en el

mercado. Por lo tanto, firmas con habilidad baja ofrecen una menor fracción de productos en un mercado y tienen menores beneficios esperados de cada producto. Para valores suficientemente bajos de habilidad, el exceso de beneficios variables sobre los costos fijos de producción en el rango estrecho de productos rentables queda corto para cubrir los costos fijos de ofrecer en el mercado,  $w_i F_{ij}$ . Por lo tanto, existe un nivel de corte de habilidad,  $\varphi_{ij}^*$ , tal que la firma ofrece en el mercado si recibe un nivel de habilidad igual o mayor que  $\varphi_{ij}^*$ . Este umbral está definido por la condición de beneficio cero:

$$\pi(\varphi_{ij}^*) = 0 \quad (6)$$

Combinando los beneficios totales (5), *cutoff* de la firma (6) e ingresos relativos de variedades en el mismo mercado, puedo determinar el umbral para el valor más chico de habilidad de la firma de origen  $i$  que ofrece en el mercado de destino  $j$ ,  $\lambda_{ij}^*(\varphi_{ij}^*)$ :

$$\int_{\lambda_{ij}^*(\varphi_{ij}^*)}^{\infty} \left[ \left( \frac{\lambda}{\lambda_{ij}^*(\varphi_{ij}^*)} \right)^{\sigma-1} - 1 \right] f_{ij} z(\lambda) d\lambda = F_{ij} \quad (7)$$

## Libre Entrada y Mercado de Bienes

Las firmas deciden entrar comparando el valor esperado de entrada y el costo hundido de entrada. El valor esperado de entrada,  $V_i$ , es igual a la probabilidad ex-ante de entrada exitosa multiplicado por los beneficios esperados condicionales a entrar,  $\bar{\pi}_i$ . La condición de libre entrada toma la siguiente forma:

$$V_i = [1 - G_i(\varphi_{ii}^*)] \bar{\pi}_i = w_i f_{ei}, \quad \text{con } \bar{\pi}_i = \sum_{j=1}^J \frac{1 - G_i(\varphi_{ij}^*)}{1 - G_i(\varphi_{ii}^*)} \int_{\varphi_{ij}^*}^{\infty} \pi_{ij}(\varphi) \frac{g_i(\varphi)}{1 - G_i(\varphi_{ij}^*)} d\varphi$$

donde la probabilidad ex ante de entrada exitosa es  $[1 - G_i(\varphi_{ii}^*)]$  y el valor esperado de las firmas condicional a la entrada es  $\bar{\pi}_i$ .

Por otro lado, en el mercado de bienes, la masa de firmas productoras en cada país es una fracción constante de la masa de entrantes ( $M_{ei}$ ), que depende de la probabilidad en entrada exitosa:

$$M_i = [1 - G_i(\varphi_{ii}^*)]M_{ei} \quad (8)$$

De la masa de firmas productoras, una fracción constante ofrece cada mercado, que depende de la probabilidad de ofrecer en el mercado condicional a producir:

$$M_{ij} = \frac{1 - G_i(\varphi_{ij}^*)}{1 - G_i(\varphi_{ii}^*)}M_i \quad (9)$$

Para determinar la masa productora de cada producto en cada mercado ( $m_{ij}$ ), usamos la propiedad que la fracción  $[1 - Z(\lambda_{ij}^*(\varphi))]$  de la masa de firmas con habilidad  $\varphi$  en el país  $i$  oferta al país  $j$ :

$$m_{ij} = \left[ \int_{\varphi_{ij}^*}^{\infty} [1 - Z(\lambda_{ij}^*(\varphi))] \left( \frac{g_i(\varphi)}{1 - G_i(\varphi_{ij}^*)} \right) d\varphi \right] M_{ij} \quad (10)$$

Usando la regla de precios, el índice de precios para cada producto en el país  $j$  puede ser expresado en términos de las masas de firmas ofreciendo el producto y los precios cargados por las firmas con una productividad promedio ponderada en cada país  $i$ :

$$P_j = \left[ \sum_{i=1}^J m_{ij} \tau_{ij}^{1-\sigma} p(\tilde{\varphi}_{ij})^{1-\sigma} \right]^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (11)$$

donde la productividad promedio ponderada ( $\tilde{\varphi}_{ij}$ ) depende del umbral de habilidad de la firma ( $\varphi_{ij}^*$ ) y del atributo ponderado promedio de productos para cada habilidad ( $\tilde{\lambda}_{ij}(\varphi)$ ), que depende del umbral de atributo del producto de cada firma ( $\lambda_{ij}^*$ ).<sup>9</sup>

---


$$\tilde{\varphi}_{ij} = \left[ \frac{1}{1 - G_i(\varphi_{ij}^*)} \int_{\varphi_{ij}^*}^{\infty} (\varphi \tilde{\lambda}_{ij}(\varphi))^{\sigma-1} g_i(\varphi) d\varphi \right]^{\frac{1}{\sigma-1}}, \tilde{\lambda}_{ij}(\varphi) = \left[ \frac{1}{1 - Z(\lambda_{ij}^*(\varphi))} \int_{\varphi_{ij}^*}^{\infty} \lambda^{\sigma-1} z(\lambda) d\lambda \right]^{\frac{1}{\sigma-1}}$$



## IV. Hechos Empíricos Relacionados con el Modelo

En esta sección estableceré el *link* entre el modelo propuesto y la complejidad económica: costos hundidos y selección de firmas induce a que las provincias productivas exporten bienes que las menos productivas no pueden, y a su vez, exporten una canasta más diversificada. Esto cumple con la definición de complejidad económica, por lo que provincias más productivas serán las más complejas. Luego, en consonancia con diferentes trabajos teóricos y empíricos, muestro que provincias más productivas (complejas) pagan mayores salarios, tienen en promedio empresas más grandes y un mayor porcentaje de empresas exportadoras, exportan un mayor monto y cantidad de bienes, como así también a un mayor número de destinos.

### Costos Hundidos, Selección de Firmas y Complejidad

Como la complejidad de productos (y luego complejidad económica) está definida por la **unicidad** y **diversidad** de productos exportados, en el sentido que un producto es complejo si lo exportan pocos países y estos, a su vez, producen muchos bienes, voy a utilizar el modelo descrito en la Sección III para re-interpretar el comportamiento del comercio de las provincias argentinas en base la definición de complejidad económica.

Para ello, voy a suponer que las provincias comercian con  $J$  países en el contexto del modelo de Bernard et al. (2011). Por simplicidad, cada provincia va a ser interpretada como un país, donde cada provincia tiene un continuo de potenciales firmas entrantes al mercado doméstico y exportador<sup>10</sup>.

Costos hundidos de entrada ( $f_{ei}$ ) altos, generan que el valor de entrada de las firmas de las provincias aumente, haciendo que el nivel de corte del atributo del producto ( $\lambda^*$ ) sea más alto. En términos de la complejidad económica, puede interpretarse al costo hundido como el costo de acumulación de capacidades y de conocimientos requeridos para la producción de un cierto bien. Por la definición de la cantidad de firmas (y luego de productos) productoras de una provincia, de la ecuación (10), se puede ver que un mayor nivel de corte del atributo de producto genera que existan menos firmas exportando un cierto producto, cumpliendo con la primera condición de complejidad (unicidad). Luego, se necesitan de firmas con mayor nivel de habilidad ( $\varphi$ ) para poder exportar productos más complejos, por lo que provincias con mayor función de distribución  $g_i(\varphi)$  y acumulada  $G_i(\varphi)$  de habil-

---

<sup>10</sup>Otra forma posible de abordar al modelo sería considerar de 1 a  $N$  provincias que pueden comerciar entre ellas (sin costos fijos de comercio entre ellas) y de  $N+1$  a  $J$  países (que pueden comerciar con las  $N$  provincias con costos comerciales positivos).

También se podría considerar a las provincias como países pequeños que comercian entre si con costos *iceberg* bajos, y exportan también con países grandes a costos más altos.

Estas 2 interpretaciones no cambian los resultados finales.

idades, además de exportar bienes que los de menor  $G_i(\varphi)$  no pueden, tendrán una canasta más diversificada de bienes, lo que cumple con la definición de diversidad<sup>11</sup>.

Por ende, dado que con mayores costos hundidos de entrada ciertos productos sólo son exportados por provincias con firmas más hábiles o productivas, generando además que tengan una canasta diversificada, se cumple la definición de **complejidad económica**.

## Complejidad, Productividad y Variables Claves

En consecuencia, dado que mayores costos hundidos y productividad explican a la complejidad económica de las provincias, puedo establecer relaciones entre estas últimas y ciertos *facts* que la literatura de las denominadas *teorías novísimas* han estudiado a lo largo de los últimos 30 años. En particular, analizaré la relación que tienen los costos hundidos y la productividad de las provincias argentinas en el contexto del modelo de Bernard et al. (2011) con las siguientes variables, a saber: salario real, tamaño de las empresas, monto de exportaciones, porcentaje de empresas exportadoras, cantidad de países con destinos de exportación y cantidad de bienes exportados.

Luego, puedo enunciar los siguientes lemas<sup>12</sup>:

**Lema 1:** Las provincias complejas exportan un mayor valor que las menos complejas.

**Lema 2:** Provincias más complejas tienen un mayor porcentaje de empresas exportadoras en relación al total.

**Lema 3:** A mayor complejidad económica de las provincias, mayor variedad de productos exportados y destinos de exportación.

**Lema 4:** Las provincias más complejas tienen empresas más grandes que las menos complejas.

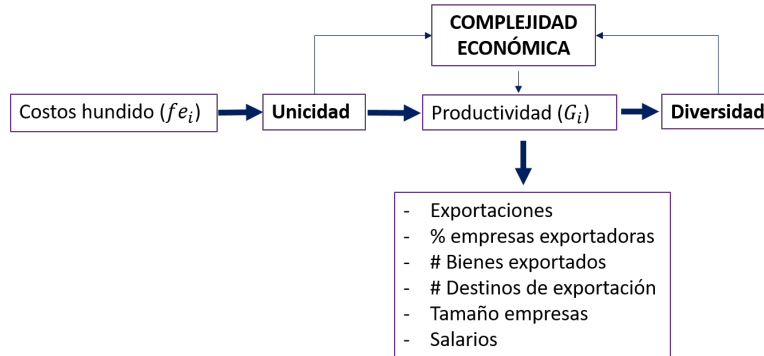
**Lema 5:** Provincias más complejas pagan salarios más altos.

En la Figura 6 resumo las relaciones descritas por el modelo y los variables de interés.

<sup>11</sup>Si dos provincias tienen el mismo nivel de habilidad, luego producen los mismos bienes. Si una 3ª tiene un mayor nivel de habilidad que éstas, producirá un conjunto mayor de productos, por lo que la diferencia de productos serán los bienes que las dos primeras no pueden producir.

<sup>12</sup>Prueba en Anexo V.

Figura 6: *Link* entre el modelo, productividad y variables claves



## Complejidad, Exportaciones y % de Empresas Exportadoras

Siguiendo al Lema 1, las provincias más complejas exportan un monto mayor que las menos complejas, por lo que puedo regresar al logaritmo del valor de las exportaciones contra el ICE. De acuerdo a la Tabla 2, los modelos sin ningún control sectorial (columnas 1 y 4) arrojan que por cada aumento de 0.1 puntos del ICE induce a que el monto de las exportaciones de las provincias aumenten entre un 13%-14%. Adicionando un control por sector primario (columnas 2 y 5), el porcentaje aumenta al 16% (con y sin control por año y provincia), mientras que controlando por el sector extractivo (columnas 3 y 6), el porcentaje alcanza el rango del 27%-28%.

Tabla 2: Relación entre valor de las exportaciones e ICE. 2003-2015

VARIABLES	(1) Ln X	(2) Ln X	(3) Ln X	(4) Ln X	(5) Ln X	(6) Ln X
Lag ICE	1.139*** (0.122)	1.163*** (0.138)	1.288*** (0.125)	1.128*** (0.121)	1.169*** (0.137)	1.278*** (0.123)
Sector primario		-0.0670 (0.175)			-0.112 (0.175)	
Sector extractivo			-0.767** (0.190)			-0.771** (0.188)
EF provincia	No	No	No	Si	Si	Si
EF año	No	No	No	Si	Si	Si
Observaciones	276	276	276	276	276	276
R cuadrado	0.241	0.241	0.283	0.263	0.264	0.306

Errores standard entre paréntesis

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$

*Nota:* Sector primario es una variable dummy que toma el valor 1 si la provincia posee 15% o más de su PBG en el sector primario y 0 caso contrario. Sector extractivo es una variable dummy igual a 1 si la provincia tiene 15% o más de su PBG en el sector minero y 0 caso contrario. EF Provincia y EF años son variables binarias que identifican a cada provincia y año, respectivamente.

Asimismo, las provincias “extractivas” exportan un 76%-77% menos que las que no lo son (columnas 3 y 6). Cuando se contempla a las provincias “primarias”, los coeficientes que acompañan a la variable dummy no son significativos (columna 2 y 5).

Por otro lado, dada la evidencia empírica de que las empresas más productivas se hacen exportadoras, demostrado por Bernard y Jensen (1999), y dado que las firmas exportadoras son más productivas que las no exportadoras, mostrado por Bernard et al. (2007), puedo estudiar la relación entre complejidad y % de empresas exportadoras (Lema 2).

Tabla 3: Relación entre % de empresas exportadoras e ICE. 2003-2015

VARIABLES	(1) Ln %EE	(2) Ln %EE	(3) Ln %EE	(4) Ln %EE	(5) Ln %EE	(6) Ln %EE
Lag ICE	0.320*** (0.0457)	0.303*** (0.0517)	0.292*** (0.0477)	0.337*** (0.0427)	0.327*** (0.0484)	0.311*** (0.0445)
Sector primario		-0.0462 (0.0658)			-0.0266 (0.0618)	
Sector extractivo			-0.142* (0.0729)			-0.132* (0.0680)
EF provincia	No	No	No	Si	Si	Si
EF año	No	No	No	Si	Si	Si
Observaciones	253	253	253	253	253	253
R cuadrado	0.164	0.165	0.176	0.279	0.280	0.290

Errores standard entre paréntesis

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$

*Nota:* Sector primario es una variable dummy que toma el valor 1 si la provincia posee 15% o más de su PBG en el sector primario y 0 caso contrario. Sector extractivo es una variable dummy igual a 1 si la provincia tiene 15% o más de su PBG en el sector minero y 0 caso contrario. EF Provincia y EF años son variables binarias que identifican a cada provincia y año, respectivamente.

Como surge de la Tabla 3, provincias más complejas tienen un mayor porcentaje de empresas exportadoras en relación al total provincial que las menos complejas. En particular, por cada aumento de 0.1 puntos en el ICE se produce un aumento entre 2.9%-3.3% en el porcentaje de empresas exportadoras, dependiendo de los controles asignados. Cabe destacar que las provincias extractivas tienen un 14% menos de porcentaje de empresas exportadoras que las no extractivas (al 10% de significancia). Discriminando a las provincias primarias, los coeficientes que acompañan a la variable dummy nuevamente son no significativos.

## Complejidad, Destinos de Exportación y Diversidad

Del Lema 3, surge que las provincias más complejas exportan a un mayor número de destinos y tienen canastas de exportación más diversificadas. Como surge de la Tabla 4, las provincias más complejas exportan a un mayor número de países: controlando por el sector extractivo, una suba del 0.1 en el ICE genera que las provincias exporten a un 4.5 % más de países (contemplando o no efecto fijo por provincia y año). Asimismo, si controlo por el sector primario las estimaciones disminuyen a 3.6%-3.8% por cada aumento del ICE en 0.1 puntos.

También observo que las provincias con fuerte presencia tanto en el sector primario como en el extractivo exportan a un número menor de países. Las provincias extractivas en relación a las que no lo son, tienen un 27 % menos de destinos de exportación, mientras que las del sector primario exportan un 34%-37% menos en relación a los mercados de exportación.

Tabla 4: Relación entre destinos de exportación (DE) e ICE. 2003-2015

VARIABLES	(1) Ln DE	(2) Ln DE	(3) Ln DE	(4) Ln DE	(5) Ln DE	(6) Ln DE
Lag ICE	0.504*** (0.0448)	0.369*** (0.0473)	0.450*** (0.0456)	0.505*** (0.0433)	0.381*** (0.0462)	0.452*** (0.0441)
Sector primario		-0.372** (0.0602)			-0.341** (0.0590)	
Sector extractivo			-0.279** (0.0697)			-0.272** (0.0673)
EF provincia	No	No	No	Si	Si	Si
EF año	No	No	No	Si	Si	Si
Observaciones	276	276	276	276	276	276
R cuadrado	0.316	0.400	0.354	0.367	0.436	0.403

Errores standard entre paréntesis

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$

*Nota:* Sector primario es una variable dummy que toma el valor 1 si la provincia posee 15% o más de su PBG en el sector primario y 0 caso contrario. Sector extractivo es una variable dummy igual a 1 si la provincia tiene 15% o más de su PBG en el sector minero y 0 caso contrario. EF Provincia y EF años son variables binarias que identifican a cada provincia y año, respectivamente.

En cuanto a la cantidad de productos exportados por cada provincia, encuentro una relación positiva entre complejidad y diversidad (Tabla 5). Aumentos de 0.1 puntos en el ICE generan un aumento del 5%-6% en la cantidad de productos exportados, independientemente del control utilizado. En consonancia con el caso anterior, las provincias con fuerte presencia del primario y extractivas son un 32% y 58% menos diversificadas que las que no lo son, respectivamente.

Tabla 5: Relación entre productos exportados (PE) e ICE. 2003-2015

VARIABLES	(1) Ln PE	(2) Ln PE	(3) Ln PE	(4) Ln PE	(5) Ln PE	(6) Ln PE
Lag ICE	0.610* (0.0402)	0.483*** (0.0422)	0.496** (0.0352)	0.611*** (0.0389)	0.494** (0.0412)	0.499** (0.0337)
Sector primario		-0.351** (0.0537)			-0.323** (0.0526)	
Sector extractivo			-0.585*** (0.0539)			-0.579*** (0.0514)
EF provincia	No	No	No	Si	Si	Si
EF año	No	No	No	Si	Si	Si
Observaciones	276	276	276	276	276	276
R cuadrado	0.456	0.530	0.620	0.497	0.558	0.658

Errores standard entre paréntesis

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$

*Nota:* Sector primario es una variable dummy que toma el valor 1 si la provincia posee 15% o más de su PBG en el sector primario y 0 caso contrario. Sector extractivo es una variable dummy igual a 1 si la provincia tiene 15% o más de su PBG en el sector minero y 0 caso contrario. EF Provincia y EF años son variables binarias que identifican a cada provincia y año, respectivamente.

## Complejidad, Tamaño de las Empresas y Salario

Por último, siguiendo al Lema 4, las provincias más complejas poseen empresas más grandes (Tabla 6). Únicamente controlado por provincias con más del 15% en el sector extractivo se logran resultados relativamente satisfactorios (columnas 3 y 6), donde por cada aumento de 0.1% en el ICE las empresas son casi un 0.4% más grandes. Asimismo, las provincias con más del 15% de su PBG en el sector minero tienen empresas un 23% más grandes que las provincias con menos de dicho porcentaje, independientemente del efecto fijo por provincia y año.

Asimismo, a mayor complejidad económica las provincias pagan mayores salarios (Lema 5). Como se desprende de la Tabla 7, si controlo por provincias con fuerte presencia en el sector primario y extractivo, por cada aumento de 0.1 puntos en el ICE se produce un aumento del salario del 2.1%. Si controlo por provincia y año, los coeficientes son menores y cercanos al 1.2%. Asimismo, las provincias extractivas pagan entre un 63 y % 67% (dependiendo del control por provincia y año) más en concepto de salarios que las que no lo son (31%-37% si considero a las provincias con más del 15 % de si PBG en el sector primario).

Tabla 6: Relación entre tamaño de empresas e ICE. 2003-2015, Argentina

VARIABLES	(1) Ln Tam	(2) Ln Tam	(3) Ln Tam	(4) Ln Tam	(5) Ln Tam	(6) Ln Tam
Lag ICE	-0.00697 (0.0219)	0.00208 (0.0247)	0.0389* (0.0209)	-0.00932 (0.0197)	-0.0102 (0.0224)	0.0356* (0.0185)
Sector primario		0.0248 (0.0315)			-0.00254 (0.0286)	
Sector extractivo			0.232*** (0.0320)			0.226*** (0.0282)
EF provincia	No	No	No	Si	Si	Si
EF año	No	No	No	Si	Si	Si
Observaciones	253	253	253	253	253	253
R cuadrado	0.000	0.003	0.174	0.196	0.196	0.362

Errores standard entre paréntesis

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$

*Nota:* Sector primario es una variable dummy que toma el valor 1 si la provincia posee 15% o más de su PBG en el sector primario y 0 caso contrario. Sector extractivo es una variable dummy igual a 1 si la provincia tiene 15% o más de su PBG en el sector minero y 0 caso contrario. EF Provincia y EF años son variables binarias que identifican a cada provincia y año, respectivamente.

Tabla 7: Relación entre salario (W) e ICE. 2003-2015, Argentina

VARIABLES	(1) Ln W	(2) Ln W	(3) Ln W	(4) Ln W	(5) Ln W	(6) Ln W
Lag ICE	0.0823 (0.0842)	0.217** (0.0935)	0.213** (0.0843)	0.00830 (0.0276)	0.120*** (0.0276)	0.132*** (0.0142)
Sector primario		0.371*** (0.119)			0.308*** (0.0353)	
Sector extractivo			0.674*** (0.129)			0.635*** (0.0217)
EF provincia	No	No	No	Si	Si	Si
EF año	No	No	No	Si	Si	Si
Observaciones	276	276	276	276	276	276
R cuadrado	0.003	0.038	0.094	0.894	0.917	0.975

Errores standard entre paréntesis

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$

*Nota:* Sector primario es una variable dummy que toma el valor 1 si la provincia posee 15% o más de su PBG en el sector primario y 0 caso contrario. Sector extractivo es una variable dummy igual a 1 si la provincia tiene 15% o más de su PBG en el sector minero y 0 caso contrario. EF Provincia y EF años son variables binarias que identifican a cada provincia y año, respectivamente.

Estos resultados no sólo están relacionados con el modelo de Bernard et al. (2011), sino también a diversos trabajos empíricos, como lo documentado por Clerides et al. (1998), Bernard y Jensen (1999), Aw et al. (2000) y Bernard et al. (2007): firmas exportadoras son más grandes, productivas y pagan mayores salarios que las no exportadoras. Dada la evidencia de que las firmas más productivas se hacen exportadoras, las provincias más complejas (productivas) pagan mayores salarios y tienen firmas más grandes que las menos complejas.

## V. Conclusiones

La complejidad económica –entendida como la capacidad de los países de producir y exportar bienes que pocos países pueden y, al mismo tiempo, tener una canasta diversificada de exportaciones– posee un alto potencial a la hora de estudiar procesos económicos. Las capacidades que tiene cada región pueden ser plasmadas en un índice de complejidad que se relaciona con diversos indicadores económicos.

Con datos de comercio mundial y de las provincias argentinas, construyo el Índice de Complejidad Económica (ICE) para cada provincia en el período 2003-2015. Luego, en consonancia con Hausmann et al. (2014), puedo mostrar que las provincias más complejas tienen un nivel de ingreso per cápita más alto, efecto que se amplifica cuando controlo por provincias con alta y baja participación de la producción del sector primario y extractivo en el Producto Bruto Geográfico (PBG).

Con el modelo de costos hundidos de Bernard et al. (2011), re-interpreto la complejidad en un contexto de comercio intra-industrial, donde las provincias con firmas más productivas son las que, al final del día, exportan bienes que otras no pueden y una mayor cantidad de productos. Con este resultado, y en base a otros trabajos empíricos de comercio intra-industrial, encuentro que las provincias más complejas exportan un mayor valor, tienen un mayor porcentaje de firmas exportadoras, exportan a un mayor número de destinos y son más diversificadas, poseen firmas más grandes y pagan mayores salarios.

En particular, cuando controlo por el sector primario (sector extractivo), como así también por efectos fijos por provincia y por año, encuentro que por cada aumento de 0.1 puntos del ICE, el valor de las exportaciones de las provincias es un 16% (27%) mayor, el porcentaje de empresas exportadoras aumenta en un 3.2% (3.1%), se incrementa en un 3.8% (4.5%) la cantidad de destinos de exportación y en un 4.9% (4.9%) la cantidad de productos exportados. La correlación entre complejidad, tamaño de empresas y salario de las provincias es un tanto menor: por cada aumento de 0.1 del ICE encuentro que el tamaño de las empresas se incrementa un 0.03% y los salarios aumentan un 1.3%.



El análisis de la complejidad económica de los productos exportados por una región brinda nuevos elementos y enfoques para comprender mejor su realidad económica y productiva. El campo de investigación de la complejidad es relativamente nuevo y se abren múltiples líneas de estudio. Para el caso de Argentina, una posibilidad sería vincular la complejidad económica con los modelos de desarrollo, sobre todo a nivel provincial. Esto permitiría entender mejor a las economías regionales e identificar oportunidades de desarrollo futuro.

## Referencias

Aw, B. Y., Chung, S., & Roberts, M. J. (2000). Productivity and turnover in the export market: micro-level evidence from the Republic of Korea and Taiwan (China). *The World Bank Economic Review*, 14(1), 65-90.

Balassa, B. (1965). Trade liberalisation and “revealed” comparative advantage. *The Manchester School*, 33(2), 99-123.

Bernard, A. B., & Jensen, J. B. (1999). Exceptional exporter performance: cause, effect, or both?. *Journal of international economics*, 47(1), 1-25.

Bernard, A. B., Jensen, J. B., Redding, S. J., & Schott, P. K. (2007). Firms in international trade. *The Journal of Economic Perspectives*, 21(3), 105-130.

Bernard, A. B., Redding, S. J., & Schott, P. K. (2007). Comparative advantage and heterogeneous firms. *The Review of Economic Studies*, 74(1), 31-66.

Bernard, A. B., Redding, S. J., & Schott, P. K. (2010). Multiple-product firms and product switching. *The American Economic Review*, 100(1), 70-97.

Bernard, A., & Redding, S. P. Schott (2011). Multi-product Firms and Trade Liberalization\*. *Quarterly Journal of Economics*, 126(3), 1271-318.

Clerides, S. K., Lach, S., & Tybout, J. R. (1998). Is learning by exporting important? Micro-dynamic evidence from Colombia, Mexico, and Morocco. *Quarterly journal of Economics*, 903-947.

Dixit, A. K., & Stiglitz, J. E. (1977). Monopolistic competition and optimum product diversity. *The American Economic Review*, 67(3), 297-308.

Hartmann, D., Guevara, M. R., Jara-Figueroa, C., Aristarán, M., & Hidalgo, C. A. (2017). Linking Economic Complexity, Institutions, and Income Inequality. *World Development*, 93, 75-93.

Hausmann, R., & Chauvin, J. (2015). Moving to the Adjacent Possible: Discovering Paths for Export Diversification in Rwanda (No. rwp15-022).

Hausmann, R., Hwang, J., & Rodrik, D. (2007). What you export matters. *Journal of economic growth*, 12(1), 1-25.

Hausmann, R., & Hidalgo, C. A. (2011). The network structure of economic output. *Journal of Economic Growth*, 16(4), 309-342.

Hausmann, R., Hidalgo, C. A., Bustos, S., Coscia, M., Simoes, A., & Yildirim, M. A. (2014). *The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity*. MIT Press.

Hausmann, R., Morales-Arilla, J. R., & Santos, M. A. (2016). Economic Complexity in Panama: Assessing opportunities for productive diversification.

Hidalgo, C. A., & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *proceedings of the national academy of sciences*, 106(26), 10570-10575.

Levy, D., Hausmann, R., Angel, M., Santos, L. E., & Flores, M. (2015). ¿Por qué Chiapas es pobre?.

Melitz, M. J. (2003). The impact of trade on intra-industry reallocations and aggregate industry productivity. *Econometrica*, 71(6), 1695-1725.

Schäfer, A. (2013): *El Fantástico Viaje al Desarrollo*. Link: [complejidadeconomica.blogspot.com.ar](http://complejidadeconomica.blogspot.com.ar).

# Anexo

## I. Fuentes

Elegí trabajar con datos de Producto Bruto Geográfico (PBG) a precios constantes de 1993 provenientes de los institutos y direcciones de estadísticas de cada provincia. En caso de que la provincia no publicara hasta el último año de la serie (2015), empalmé el mismo en base al Indicador Sintético de Actividad de las Provincias-Federico Muñoz y Asociados (ISAP).

Datos de empresas totales, empleo formal y salario por provincia los relevé del Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial (OEDE).

En cuanto a las exportaciones y empresas exportadoras de las provincias, conté con una base del Instituto de Estadísticas y Censos (INDEC) y Aduana, respectivamente. Ambas estaban codificadas en el Sistema Armonizado (SA) según el año de la última revisión a 6 dígitos. Como Hausmann et al. (2014) calcula el Índice de Complejidad de los Productos (ICP) y el Índice de Complejidad Económica (ICE) en base a la Clasificación Uniforme para el Comercio Internacional (CUCI) revisión 2 a 4 dígitos, tuve que realizar la respectiva correspondencia entre SA y CUCI revisión 2 para cada año. Las exportaciones mundiales a 4 dígitos las relevé de *World Integrated Trade Solution* (WITS) del Banco Mundial.

Por último, conté con datos de población por provincia del censo 2001 y 2010, publicados por INDEC. Calculé la tasa de crecimiento acumulativa para cada provincia entre dichos años<sup>13</sup>, y supuse que la tasa de crecimiento de la población se mantuvo constante para todo el período y luego compute la población entre 2001-2015.

## II. Detalles sobre el Índice de Complejidad Económica

Defino a  $M_{cp}$ , como la matriz que toma el valor 1 si el país  $c$  produce el producto  $p$  y 0 caso contrario. Esta es la que sintetiza que país hace que producto, y es utilizada para medir el nivel de complejidad de los países y de los productos. Luego, se puede medir la diversidad y la ubicación simplemente sumando para todas las filas y columnas de la matriz. Formalmente:

---

<sup>13</sup>La tasa de crecimiento acumulativa de cada provincia entre  $y$  y  $y+t$  es calculada de la siguiente manera:

$$POB_y^c (1 + n^c)^t = POB_{y+t}^c \Rightarrow n^c = \left( \frac{POB_{y+t}^c}{POB_y^c} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

donde  $n^c$  representa la tasa de crecimiento de la población de la provincia  $c$ , POB a la población,  $y$  el año y  $t$  el período transcurrido entre  $y$  e  $y+t$ .

$$\text{Diversidad} = k_{c,0} = \sum_p M_{cp} \quad (12)$$

$$\text{Ubicación} = k_{p,0} = \sum_c M_{cp} \quad (13)$$

Para generar una medida más acertada del número de capacidades disponibles en un país, o requerimientos por un producto, se necesita corregir la información que la diversidad y ubicación cargan usando una para corregir la otra. Por países, requiere calcular la ubicación promedio que los productos que el país exporta, la diversidad promedio que los países hacen esos productos y así. Por productos, requiere calcular la diversidad promedio del país que lo hace y la ubicación promedio de los productos que estos países hacen. Recursivamente:

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,0}} \sum_p M_{cp} k_{p,N-1} \quad (14)$$

$$k_{p,N} = \frac{1}{k_{p,0}} \sum_c M_{cp} k_{c,N-1} \quad (15)$$

Introduciendo (15) en (14):

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,0}} \sum_p M_{cp} \frac{1}{k_{p,0}} \sum_{c'} M_{c'p} k_{c',N-2} \quad (16)$$

$$k_{c,N} = \sum_{c'} k_{c',N-2} \sum_p \frac{M_{cp} M_{c'p}}{k_{c,0} k_{p,0}} \quad (17)$$

$$k_{c,N} = \sum_{c'} \tilde{M}_{cc'} k_{c',N-2} \quad (18)$$

$$\text{con } \tilde{M}_{cc'} = \sum_p \frac{M_{cp} M_{c'p}}{k_{c,0} k_{p,0}}$$

Se puede ver que (18) se satisface cuando  $k_{c,N} = k_{c,N-2} = 1$ . Este es el autovector de  $\tilde{M}_{cc'}$  que está asociado con el autovalor más grande. Como este autovector es un vector de unos, no es informativo. Por lo tanto, se elegirá el autovector asociado con el segundo autovalor más grande. Este autovector captura la varianza más grande del sistema y es la medida de complejidad. Se puede definir al Índice de Complejidad Económica (ICE) como:

$$\text{ICE} = \frac{\hat{K} - \langle \hat{K} \rangle}{\text{stdev}(\hat{K})}$$

donde  $\langle \rangle$  representa un promedio,  $stdev$  la desviación standard y  $\hat{K}$  = autovector de  $\tilde{M}_{cc'}$  asociado al segundo autovalor más grande.

Análogamente, por la simetría del problema, se define el Índice de Complejidad de los Productos (ICP) intercambiando el índice de países ( $c$ ) por los de productos ( $p$ ) en las definiciones anteriores. Luego:

$$ICP = \frac{\hat{Q} - \langle \hat{Q} \rangle}{stdev(\hat{Q})}$$

donde  $\hat{Q}$  = autovector de  $\tilde{M}_{pp'}$  asociado al segundo autovalor más grande.

### III. Ventajas Comparativas Reveladas (VCR)

Cuando se asocian países con productos es importante tener en cuenta el tamaño del valor de las exportaciones de países y el comercio mundial de los productos. Esto es porque, para un mismo producto, se espera que el volumen de exportación de un país grande como China sea más grande que el de un país pequeño como Uruguay. En el mismo sentido, se espera que el volumen exportado de productos que representan una fracción grande del comercio mundial, tales como automóviles o indumentarias, represente un *share* grande en las exportaciones de los países que productos con una fracción más pequeña, como semillas de algodón o harina de papa.

Para hacer a los provincias y productos comparables, se usa la definición de Ventaja Comparativa Revelada (VCR) de Balassa (1965). La misma establece que si un provincia tiene VCR en un producto si exporta más que su *fair share*, es decir, un porcentaje que es igual a la fracción del comercio mundial que el producto representa.

Formalmente, sea  $X_{cp}$  la exportación de la provincia  $c$  del producto  $p$ , se puede expresar la VCR del país  $c$  en el producto  $p$  de la siguiente manera:

$$VCR_{cp} = \frac{X_{cp}}{\sum_c X_{cp}} / \frac{\sum_p X_{cp}}{\sum_{c,p} X_{cp}} = \frac{\alpha_{cp}}{\alpha_{wp}}$$

donde  $\alpha_{cp}$  es el porcentaje de exportación del producto  $p$  en la provincia  $c$  y  $\alpha_{wp}$  es la fracción de exportación del producto  $p$  del mundo ( $w$ ). Luego, voy a tener en cuenta productos exportados por la provincias cuando  $VCR_{cp} > 1$ .

## IV. Test Raíz Unitaria para Datos de Panel

En la siguiente tabla muestro los  $p$  valores de dos test de raíz unitaria para datos de panel para las 8 variables utilizadas en la sección de hechos empíricos usando el test de Levin-Lin-Chu (LLC). Como se puede apreciar, bajo un nivel de significancia del 5%, en ningún caso se acepta la hipótesis nula de que las variables tienen raíz unitaria -con excepción de la variable exportaciones, con  $p = 0.051$ , y de la variable salario con  $p = 0.074$ - por lo que las regresiones de dicha sección no son espúreas.

Tabla 8:  $p$  valores para test de raíz unitaria de test Levin-Lin-Chu (LLC)

Variable	LLC
ICE	6.49E-05
PBG	9.11E-05
Salario	0.073891
Tamaño empresa	1.51E-32
Exportaciones	0.050882
Empresa exportadora	4.13E-09
Productos exportados	3.88E-09
Destinos de exportación	1.47E-07

## V. Prueba

Siguiendo a Bernard et al. (2011), puedo mostrar la relación entre productividad y costo de entrada con las distintas variables de interés. Para esto, examino la simplificación dinámica del modelo de economía cerrada de Bernard et al. (2010) a una economía abierta. Si bien considero países simétricos y atributos específicos de los productos para cada país, es sencillo considerar países asimétricos y que cada uno tenga atributos comunes de productos.

Una vez que la firma incurre en el costo hundido  $f_e$ , la habilidad de la firma y el atributo del producto son extraídas de una función de distribución continua  $g(\varphi)$  y  $z(\lambda)$ , respectivamente, con distribución acumulada  $G(\varphi)$  y  $Z(\lambda)$ . Después que la firma observa los valores iniciales de habilidad y de atributo del producto, decide si producir o irse. Si la firma se va, el conocimiento del producto se pierde, y el costo hundido debe pagarse de nuevo para que la firma vuelva a entrar. Si la firma entra, enfrenta una probabilidad Poisson  $\theta > 0$  de shock a la habilidad  $\varphi$ , en caso de que un nuevo valor de la habilidad  $\varphi'$  es re-extraídos de la misma función de distribución  $g(\varphi')$ . La firma también enfrenta una probabilidad Poisson  $\varepsilon > 0$  de un shock idiosincrático al atributo del producto  $\lambda$  en su variedad para un producto y país dado, por lo que un nuevo valor del atributo  $\lambda'$  es sacado de la misma función  $z(\lambda')$ . Como en Melitz (2003), hay una probabilidad exógena de muerte de la firma de  $\delta > 0$ .

Mientras los atributos de los productos de una variedad de productos de cada firma cambian en el tiempo, los productos y mercados que antes eran rentables se hacen improductivos y se dejan de producir cuando  $\lambda$  cae por debajo de los cortes de los atributos de productos para el mercado doméstico y el foráneo  $\{\lambda_d^*(\varphi), \lambda_x^*(\varphi)\}$ , respectivamente. De la misma manera, los productos que antes eran inviables, ahora se hacen rentables en los mercados cuando  $\lambda$  sube por arriba de los cortes  $\{\lambda_d^*(\varphi), \lambda_x^*(\varphi)\}$ . Luego, distribución estacionaria para atributos del producto queda determinada por  $\gamma_z(\lambda) = z(\lambda)$ .

Asimismo, la distribución estacionaria de la habilidad de la firma,, condicional a ofrecer efectivamente en los mercados,  $\gamma_g(\varphi)$ , es una función truncada de la distribución  $g(\varphi)$  para los distintos cortes de habilidad es:

$$\gamma_g(\varphi) = \begin{cases} \frac{g(\varphi)}{1-G(\varphi_d^*)} & \text{Para } \varphi \geq \varphi_d^* \\ \frac{g(\varphi)}{1-G(\varphi_x^*)} & \text{Para } \varphi \geq \varphi_x^* \\ 0 & \text{Caso contrario} \end{cases}$$

A diferencia del modelo del trabajo, en esta extensión dinámica la combinación del costo hundido de entrada de la firma y los shocks estocásticos a la habilidad de la firma genera un valor de la opción de la firma a la entrada. Si una firma decide irse, no percibe ni el valor presente de los beneficios futuros ni la opción de experimentar los shocks estocásticos a la habilidad. Por lo tanto, el valor de una firma con habilidad  $\varphi$  está determinado por la siguiente ecuación de Bellman:

$$\begin{aligned} v(\varphi) &= \frac{\pi(\varphi)}{\delta + \theta} + \left( \frac{\theta}{\delta + \theta} \right) \int_{\varphi_d^*}^{\infty} v(\varphi') g(\varphi') d\varphi' \\ v(\varphi) &= \frac{\pi(\varphi)}{\delta + \theta} + \left( \frac{\theta}{\delta + \theta} \right) \left( \frac{1}{\delta + \theta G(\varphi_d^*)} \right) \left[ \int_{\varphi_d^*}^{\infty} \pi(\varphi') g(\varphi') d\varphi' \right] \end{aligned}$$

Luego, el valor de equilibrio del valor de la firma con habilidad  $\varphi$  es un promedio ponderado de los flujos de los beneficios de la firma con su shock a la habilidad. Sustituyendo lo anterior en la condición de libre entrada:

$$\begin{aligned} V &= \int_{\varphi_d^*}^{\infty} \left( \frac{\pi(\varphi)}{\delta + \theta G(\varphi_d^*)} \right) g(\varphi) d\varphi = f_e \\ V &= \int_{\varphi_d^*}^{\infty} \left( \frac{\pi_d(\varphi)}{\delta + \theta G(\varphi_d^*)} \right) g(\varphi) d\varphi + n \int_{\varphi_x^*}^{\infty} \left( \frac{\pi_x(\varphi)}{\delta + \theta G(\varphi_d^*)} \right) g(\varphi) d\varphi = f_e \end{aligned}$$

donde  $n$  es la cantidad de países. Como en el modelo general, este tiene una estructura recursiva y la determinación del equilibrio general es de manera directa<sup>14</sup>.

Planteado el modelo dinámico, se pueden demostrar los 5 lemas citados:

**Lema 1:** Las provincias complejas exportan un mayor valor que las menos complejas.

Las exportaciones de una firma con una habilidad  $\varphi$  y atributo  $\lambda$  a un mercado cualquiera puede escribirse como:

$$r_x(\varphi, \lambda) = \tau^{1-\sigma} (\lambda/\lambda_d^*(\varphi_d^*))^{\sigma-1} (\varphi/\varphi_d^*)^{\sigma-1} \sigma f_e$$

la cual es monótonamente creciente en  $\varphi$  ( $\frac{\partial r_x(\varphi, \lambda)}{\partial \varphi} > 0 \forall \sigma > 0$ ).

**Lema 2:** Provincias más complejas tienen un mayor porcentaje de empresas exportadoras en relación al total.

Defino al porcentaje de firmas de la provincia J1 que exportan como  $\chi = [1 - G(\varphi_x^*)]/[1 - G(\varphi_d^*)]$ . Luego, el porcentaje de firmas exportadoras de la provincia J2 es  $\chi' = [1 - H(\varphi_x')]/[1 - H(\varphi_d')]$ , con  $H > G \forall \varphi$ .

Luego puedo ver que:

$$\begin{aligned} \chi' &= \chi \\ \frac{1 - H(\varphi_x')}{1 - H(\varphi_d')} &= \frac{1 - G(\varphi_x^*)}{1 - G(\varphi_d^*)} \\ (1 - H(\varphi_x'))(1 - G(\varphi_d^*)) &= (1 - G(\varphi_x^*))(1 - H(\varphi_d')) \\ 1 - G(\varphi_d^*) - H(\varphi_x') + H(\varphi_x')G(\varphi_d^*) &= 1 - H(\varphi_d') - G(\varphi_x^*) + G(\varphi_x^*)H(\varphi_d') \end{aligned}$$

por lo que,

$$-G(\varphi_d^*) - H(\varphi_x') + G(\varphi_x^*) + H(\varphi_d') - G(\varphi_x^*)H(\varphi_d') - H(\varphi_x')G(\varphi_d^*) \geq 0$$

y reordenando:

---

<sup>14</sup>Ver *Technical Appendix: Multi-Product Firms and Trade Liberalization* de Bernard et al. (2011).



$$\underbrace{H(\varphi'_d) - G(\varphi_d^*)}_{>0} + \underbrace{G(\varphi_x^*)(1 - H(\varphi'_d))}_{>0} + \underbrace{H(\varphi'_x)(G(\varphi_d^*) - 1)}_{<0} ? 0$$

por lo que en general la expresión anterior tiene un signo ambiguo, que depende de las funciones acumulativas de las habilidades de las firmas de las provincias.

Dado que existe evidencia de que firmas más productivas se hacen exportadoras (Bernard y Jensen (1999)), asumo que el signo de la desigualdad se cumple en favor de las más productivas, por lo que provincias con firmas más productivas tienen un porcentaje de firmas exportadoras mayor a las menos productivas.

**Lema 3:** A mayor complejidad económica de las provincias, mayor variedad de productos exportados y destinos de exportación.

La proporción de productos exportados a un país por los exportadores existentes con  $\varphi \geq \varphi_x^*$  está dado por  $N = [1 - Z(\lambda_x^*(\varphi))]$ . En esta expresión  $\lambda_x^*(\varphi) = (\varphi_x^*/\varphi)\lambda_x^*(\varphi_x^*)$  es monótonamente decreciente en  $\varphi$  y  $Z(\lambda)$  es una función de distribución acumulativa continua que es creciente en  $\lambda$ . Luego,  $\partial N/\partial \varphi > 0$ .

En el caso de  $n$  países simétricos, la probabilidad de que un producto sea exportado todos los países disponibles está dada por  $[1 - Z(\lambda_x^*(\varphi))] = N$ . Luego, la cantidad de países que exportan un producto es  $M = nN$ . Como  $\partial N/\partial \varphi > 0 \Rightarrow \partial M/\partial \varphi > 0$

**Lema 4:** Las provincias más complejas tienen empresas más grandes que las menos complejas.

Si bien el tamaño de empresa no es una variable directamente relacionada con el modelo, Bernard y Jensen (1999) y Bernard et al. (2007) muestran que las empresas exportadoras son en promedio más grandes que las que no lo hacen. Dado que existe una relación positiva entre porcentaje de empresas exportadoras y productividad, se puede asumir indirectamente que las provincias más productivas tienen empresas, en promedio, más grandes que las menos productivas.

**Lema 5:** Provincias más complejas pagan salarios más altos.

Como  $\frac{\partial \bar{\varphi}}{\partial \varphi} > 0$ , de la ecuación (11) puedo ver que  $\frac{\partial P}{\partial \varphi} < 0$ . Luego, definiendo al salario real como  $W = w/P$ , se cumple que  $\frac{\partial W}{\partial \varphi} > 0$ .