

Trabajo de Fin de Máster
Máster Universitario en Organización Industrial y
Gestión de Empresas

Análisis de la eficiencia productiva del Ecuador por
actividades económicas y por provincias mediante
análisis envolvente de datos (DEA)

Autor: Andrés Alejandro Quijia Anaguano

Tutor: Gabriel Villa Caro y Fernando Núñez Hernández

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas I
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



Trabajo Fin de Máster
Máster en Organización Industrial y Gestión de Empresas

Análisis de la eficiencia productiva del Ecuador por actividades económicas y por provincias mediante análisis envolvente de datos (DEA)

Autor:

Andrés Alejandro Quijia Anaguano

Tutor:

Gabriel Villa Caro

Fernando Núñez Hernández

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas I

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021

Trabajo Fin de Máster: Análisis de la eficiencia productiva del Ecuador por actividades económicas y por provincias mediante análisis envolvente de datos (DEA)

Autor: Andrés Alejandro Quijia Anaguano

Tutor: Gabriel Villa Caro

Fernando Núñez Hernández

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2021

El Secretario del Tribunal

A mis padres y abuelos

A mi familia

A mis amigos

A mis maestros

Agradecimientos

A Dios por mantenerme sano y guiarme a lo largo de mi vida, a mis padres por el apoyo y los sacrificios que realizaron para que pueda culminar con mis estudios, a mi hermana por su amor brindado y por ser mi motivación diaria, a mi tía por toda la ayuda brindada en este año. De igual forma, quiero agradecer a mis profesores y compañeros.

Un agradecimiento específico a Gabriel y Fernando por la ayuda brindada en el desarrollo de este trabajo.

Andrés Alejandro Quijia Anaguano

Sevilla, 2021

Resumen

En el siguiente trabajo de fin de máster se ha medido la eficiencia de las 24 provincias del Ecuador, además de 17 actividades económicas estratégicas del país del año 2018 usando la metodología DEA. Cabe mencionar que se usa modelos tanto VRS como CRS enfocados en la salida, que para los modelos resueltos se utilizó como salidas al valor agregado y a la producción total de cada provincia y de cada actividad económica. De igual forma, debemos mencionar que los datos que se usaron para este estudio fueron obtenidos del Instituto Nacional de estadística y Censo (INEC), del Banco Central del Ecuador y de la diferente literatura investigada para este caso.

Una vez establecidos los parámetros y los modelos a usar, que, en este caso son: 4 modelos por provincias y 4 modelos por actividades económicas. Se usa retornos de escala constante y variable para las provincias y actividades económicas, tanto para la producción total y para el valor agregado.

Abstract

In the following master's thesis, the efficiency of the 24 provinces of Ecuador, in addition to 17 strategic economic activities of the country in 2018, has been measured, using the DEA methodology. It is worth mentioning that both VRS and CRS models focused on output are used, which for the exposed models were used as outputs to the added value and total production of each province and each economic activity. Similarly, we must mention that the data used for this study was obtained from the National Institute of Statistics and Census (INEC), the Central Bank of Ecuador and the different literature investigated for this case.

Once the parameters and models to be used have been established, which, in this case, are: 4 models by provinces and 4 models by economic activities. Constant and variable scale returns are used for provinces and economic activities, both for total production and for value added.

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice	xv
Índice de Tablas	xviii
Índice de Figuras	xix
1 Objetivo del Trabajo	1
2 Introducción	3
2.1 <i>Actividades Económicas.</i>	3
2.2 <i>Provincias.</i>	7
2.3 <i>Descripción del problema.</i>	9
3. Estado del Arte	12
3.1 <i>Producción.</i>	12
3.1.1 <i>Función de Producción.</i>	12
3.1.2 <i>Productividad.</i>	14
3.1.3 <i>Capital Físico.</i>	14
3.1.4 <i>Capital Humano.</i>	14
3.1.5 <i>Recursos Naturales.</i>	15
3.1.6 <i>Tecnología.</i>	15
3.1.7 <i>Ahorro e Inversión.</i>	15
3.2 <i>DEA (Análisis envolvente de datos).</i>	16
3.2.1 <i>Productividad en DEA.</i>	16
3.2.2 <i>Eficiencia en DEA.</i>	18
3.2.3 <i>Modelos DEA.</i>	21
3.3 <i>Retorno de escala constante (CRS).</i>	21
3.3.1 <i>Modelo Ratio.</i>	22
3.3.2 <i>Modelo CCR-INPUT.</i>	23
3.3.3 <i>Modelo CCR-OUTPUT.</i>	25
3.4 <i>Retorno de escala variable (VRS).</i>	26
3.4.1 <i>Modelo BCC-INPUT.</i>	26
3.4.2 <i>Modelo BCC-OUTPUT.</i>	27
3.5 <i>Entradas y salidas no discrecionales</i>	28
3.6 <i>Aplicaciones DEA en países (eficiencia productiva).</i>	29
4 Aplicación DEA en Ecuador	32
4.1 <i>Introducción</i>	32
4.2 <i>Aplicación DEA por provincias.</i>	32
4.2.1 <i>Variables a utilizar en el primer y segundo modelo por provincias.</i>	33
4.2.2 <i>Formulación del primer y segundo modelo por provincias.</i>	37
4.2.3 <i>Variables a utilizar en el tercer y cuarto modelo por provincias.</i>	39
4.2.4 <i>Formulación del tercer y cuarto modelo por provincias.</i>	40
4.3 <i>Aplicación DEA por actividades económicas.</i>	41

4.3.1	Variables a utilizar en el quinto y sexto modelo por actividades económicas.	41
4.3.2	Formulación del quinto y sexto modelo por actividades económicas.	45
4.3.3	Variables a utilizar en el séptimo y octavo modelo por actividades económicas.	46
4.3.4	Formulación del séptimo y octavo modelo por actividades económicas.	47
5	Resolución y análisis de resultados	50
5.1	<i>Resolución modelos por provincias.</i>	50
5.1.1	Resolución del primer modelo (CCR-OUTPUT).	50
5.1.2	Resolución del segundo modelo (BCC-OUTPUT).	54
5.1.3	Eficiencia de escala primer y segundo modelo	57
5.1.4	Resolución del tercer modelo (CCR-OUTPUT).	60
5.1.5	Resolución del cuarto modelo (BCC-OUTPUT).	64
5.1.6	Eficiencia de escala tercer y cuarto modelo	67
5.2	<i>Resolución modelos por actividades económicas.</i>	69
5.2.1	Resolución del quinto modelo (CCR-OUTPUT).	69
5.2.2	Resolución del sexto modelo (BCC-OUTPUT).	73
5.2.3	Eficiencia de escala quinto y sexto modelo.	77
5.2.4	Resolución del séptimo modelo (CCR-OUTPUT).	78
5.2.5	Resolución del octavo modelo (BCC-OUTPUT).	82
5.2.6	Eficiencia de escala séptimo y octavo modelo.	87
6	Conclusiones	89
	Referencias	93
	Anexos	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Clasificación Nacional de Actividades Económicas.....	4
Tabla 2-2. Clasificación de las empresas.....	5
Tabla 3-1. Aplicaciones DEA en países (eficiencia productiva).....	31
Tabla 4-1. Provincias del Ecuador.....	33
Tabla 4-2. DICE 2018 por condición.....	34
Tabla 4-3. Plazas y variación de empleo registrado 2006-2018.....	35
Tabla 4-4. Número y porcentaje de empresas por secciones de actividades económicas.....	42
Tabla 4-5. Número y porcentaje de empresas por secciones de actividades económicas.....	44
Tabla 5-1. Eficiencias globales provincias del Ecuador 2018 primer modelo (CRS).....	51
Tabla 5-2. Resultados y variación de la salida discrecional por provincias primer modelo (CRS).....	53
Tabla 5-3. Eficiencias técnicas provincias del Ecuador 2018 segundo modelo (VRS).....	54
Tabla 5-4. Resultados y variación de la salida discrecional por provincias segundo modelo VRS.....	55
Tabla 5-5. Eficiencias de escala por provincias del Ecuador 1 y 2 modelo.....	58
Tabla 5-6. Eficiencias globales provincias del Ecuador tercer modelo 2018 (CRS).....	60
Tabla 5-7. Resultados y variación de la salida discrecional por provincias tercer modelo (CRS).....	62
Tabla 5-8. Eficiencias técnicas provincias del Ecuador cuarto modelo 2018 (VRS).....	64
Tabla 5-9. Resultados y variación de la salida discrecional por provincias cuarto modelo (VRS).....	66
Tabla 5-10. Eficiencias de escala por provincias del Ecuador 3 y 4 modelo.....	68
Tabla 5-11. Eficiencias globales actividades económicas del Ecuador 2018 quinto modelo (CRS).....	70
Tabla 5-12. Resultados y variación de la salida por actividades económicas quinto modelo (CRS).....	72
Tabla 5-13. Eficiencias técnicas actividades económicas del Ecuador 2018 sexto modelo (VRS).....	73
Tabla 5-14. Resultados y variación de la salida por actividades económicas sexto modelo (VRS).....	75
Tabla 5-15. Eficiencias de escala por actividades económicas del Ecuador 5 y 6 modelo.....	77
Tabla 5-16. Eficiencias globales actividades económicas del Ecuador 2018 séptimo modelo (CRS).....	79
Tabla 5-17. Resultados y variación de la salida por actividades económicas séptimo modelo (CRS).....	81
Tabla 5-18. Eficiencias técnicas actividades económicas del Ecuador 2018 octavo modelo (VRS).....	83
Tabla 5-19. Resultados y variación de la salida por actividades económicas octavo modelo (VRS).....	85
Tabla 5-20. Eficiencias de escala por actividades económicas del Ecuador 7 y 8 modelo.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Número de empresas, según tamaño de empresa.	5
Figura 2-2. Producción total y variación, según actividades económicas.	6
Figura 2-3. Valor agregado por Actividad económica (millones de dólares).	6
Figura 2-4. Valor agregado bruto 2018 por provincias (porcentajes).	7
Figura 2-5. Producción bruta (millones de dólares) por provincias, Ecuador 2018.	8
Figura 2-6. Número de empresas por provincias 2018.	9
Figura 3-1. Función de producción.	13
Figura 3-2. Unidad productiva con entradas y Salidas.	16
Figura 3-3. Metodología DEA - la eficiencia global, técnica y de asignación.	20
Figura 3-4. La eficiencia de escala y eficiencia técnica pura.	20
Figura 4-1. DMU a utilizar con entradas y salidas. Modelo 1 y 2 por provincias.	34
Figura 4-2. Masa salarial por provincias.	36
Figura 4-3. DMU a utilizar con entradas y Salidas. Modelo 3 y 4 por provincias.	39
Figura 4-4. DMU a utilizar con entradas y Salidas. Modelo 6 y 7 por actividades económicas.	41
Figura 4-5. Horas trabajadas y porcentaje por secciones.	43
Figura 4-6. DMU a utilizar con entradas y Salidas. Modelo 7 y 8 por actividades económicas.	47
Figura 5-1. Eficiencias globales por provincias 2018 primer modelo CRS.	52
Figura 5-2. Variación de Eficiencias globales por provincias 2018 primero modelo CRS.	54
Figura 5-3. Eficiencias técnicas por provincias 2018 segundo modelo VRS.	55
Figura 5-4. Variación de eficiencias técnicas por provincias 2018 segundo modelo VRS.	57
Figura 5-5. Porcentaje de provincias con eficiencia de escala 1 y 2 modelo.	59
Figura 5-6. Eficiencias globales por provincias 2018 tercera modelo CRS.	61
Figura 5-7. Variación eficiencias globales por provincias 2018 tercer modelo CRS.	63
Figura 5-8. Eficiencias técnicas por provincias 2018 cuarto modelo VRS.	65
Figura 5-9. Variación eficiencias técnicas por provincias 2018 cuarto modelo VRS.	67
Figura 5-10. Porcentaje de provincias con eficiencia de escala 3 y 4 modelo.	69
Figura 5-11. Eficiencias globales por actividades económicas 2018 quinto modelo CRS.	71
Figura 5-12. Variación de eficiencias globales por actividades económicas 2018 quinto modelo CRS.	73
Figura 5-13. Eficiencias técnicas por actividades económicas 2018 sexto modelo VRS.	74
Figura 5-14. Variación de eficiencias técnicas por actividades económicas 2018 sexto modelo VRS.	76
Figura 5-15. Porcentaje de actividades económicas con eficiencia de escala 5 y 6 modelo.	78
Figura 5-16. Eficiencias globales por actividades económicas 2018 séptimo modelo CRS.	80
Figura 5-17. Variación de eficiencias globales por actividades económicas 2018 séptimo modelo CRS.	82
Figura 5-18. Eficiencias técnicas por actividades económicas 2018 octavo modelo VRS.	84
Figura 5-19. Variación de eficiencias técnicas por actividades económicas 2018 octavo modelo VRS.	86
Figura 5-20. Porcentaje de actividades económicas con eficiencia de escala 7 y 8 modelo.	88

1 OBJETIVO DEL TRABAJO

*Somos como la paja de páramo que se arranca y
vuelve a crecer y de paja de páramo sembraremos
el mundo*

Dolores Cacuango

En los últimos años la economía y la productividad en el Ecuador han sufrido importantes cambios, por tal motivo no se ha podido tener un crecimiento constante, ya sea por el desarrollo desacelerado Latinoamericano, los cambios de gobierno y las diferentes crisis que sufre el país, como por ejemplo el terremoto del 2016. Debido a esto se han realizado diversos trabajos en relación al producto interno bruto desde una visión económica y social, siempre enfocándose en los resultados económicos, financieros y productivos, pero no enfocándose en la eficiencia que estos puedan tener ni analizando a profundidad como interactúan los insumos, materias primas, capital humano, capital físico, inversiones, el stock de capital, entre otras variables importantes.

En consecuencia, en el Ecuador la economía y producción nacional han sido dominadas por dos provincias, Guayas y Pichincha, estas dos provincias se han catalogado como las más productivas del país, pero no precisamente son las más eficientes. De igual manera, existen actividades económicas que generan más producción a la economía del país, pero no precisamente son las más eficientes. Por tal razón, la problemática del país radica en la distribución inadecuada de los recursos por parte del gobierno tanto por provincias como por actividades económicas.

Por tal motivo, el objetivo de este trabajo es precisamente enfocar la eficiencia de las 24 provincias y de las actividades económicas del país en relación a su producción total y al valor agregado, teniendo como referencia el año 2018 y la variación de su eficiencia respecto al año 2017, y así poder proponer acciones que puedan ayudar a tener un país más eficiente, optimizando el uso de sus recursos, tecnología, capital físico, capital humano y el stock de capital, para de esta forma aumentar la producción total del país para poder tener una producción más sostenida y una mejor redistribución de los recursos.

Adicionalmente, podemos decir que existen varias técnicas para medir la eficiencia de una muestra de unidades productivas, como métodos paramétricos y los no paramétricos, que a su vez tienen otros subconjuntos de métodos y modelos. En este proyecto se trabajará con el Análisis Envolvente de Datos (DEA), debido a las ventajas que nos brinda esta metodología.

El proyecto está compuesto por 6 capítulos, Referencias bibliográficas y Anexos, el cual está desarrollado de la siguiente forma:

En primer lugar, comenzaremos nuestro estudio con una investigación introductoria del país, analizando datos relevantes económicos y productivos de sus 24 provincias, así como de sus 17 actividades económicas escogidas para el análisis posterior mediante DEA. De igual forma se describe el problema que será a tratado en el proyecto.

En segundo lugar, en nuestro estado del arte analizaremos como primer punto todos los factores que participan en la producción de un bien o servicio, teniendo como punto de partida la función de producción. Después haremos una revisión de todo lo relacionado a DEA, enfatizaremos el estudio de modelos CRS y VRS, compararemos ambos modelos, para finalmente analizar varios trabajos que tratan sobre eficiencia productiva en varios países del mundo. Debemos recalcar el extenso análisis bibliográfico que se ha hecho en esta sección, analizando la gran literatura que existe sobre esta temática.

Una vez analizado todo el marco teórico de nuestro estudio, procedemos a realizar el caso práctico de nuestro trabajo con la aplicación DEA por provincias y actividades económicas en el Ecuador, para posteriormente analizar los resultados del mismo.

Finalmente se realiza un breve resumen y se expone las conclusiones más relevantes. Adicionalmente se recogen las referencias bibliográficas y los anexos del estudio.

2 INTRODUCCIÓN

*Amarse a sí mismo es el comienzo de una
aventura que dura toda la vida*

Oscar Wilde

Ecuator es un país ubicado en Sudamérica, teniendo como fronteras a Colombia al norte del territorio, Perú al sur, el Océano Pacífico al este y Colombia y Perú al Oeste. Es un país formado por 24 provincias y 4 regiones, de las cuales 11 provincias se encuentran en la Sierra, 6 en la Costa, 6 en el Oriente y 1 en la región Insular o Galápagos. Con un aproximado de 18 millones de habitantes según el Instituto Nacional de Estadística y Censo, (n.d.), el país en los últimos años ha experimentado grandes cambios económicos, político y sociales, por lo que la productividad en el país ha variado y esto se ve reflejado en el PIB anual del país.

Por tal motivo, según (Camino-Mogro et al., 2018) el desarrollo de un país y la mejora del nivel de vida de sus habitantes están relacionados con la productividad y eficiencia de los diferentes sectores productivos que este puede generar. En Ecuador, principalmente la producción nacional se ha concentrado en el sector agrícola y sector petrolero, pero actualmente esto está terminando y se está apostando por otras actividades económicas, invirtiendo capital humano, infraestructura y capital económico para poder reforzar a más industrias y poder tener mayor producción.

2.1 Actividades Económicas.

Las actividades económicas están relacionadas directamente con los procesos de producción, distribución y financiación, con el objetivo de generar bienes o servicios que puedan satisfacer las necesidades humanas Dejuán (2017), es por eso, que son de vital importancia para el desarrollo de un país y para la toma acertada de decisiones de los diferentes sectores participantes en la economía nacional.

Para poder analizar la eficiencia de la producción total del Ecuador se debe empezar por segmentar a las diferentes actividades económicas que agregan valor y participan constantemente en el progreso del país, es por eso que, según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (2012) las economías de

los países en los últimos años han experimentado cambios drásticos que han revolucionado las actividades industriales debido a los avances científicos y tecnológicos, por tal motivo, cada país está obligado a plantearse nuevas estrategias que le permitan acoplarse exitosamente a las duras exigencias de la globalización. Es por eso, que el INEC ha elaborado la nueva clasificación Nacional de Actividades Económicas CIIU Revisión 4.0, que ordena y simplifica mediante agrupaciones diferenciadas los rasgos más relevantes de cada actividad, lo que facilita la recopilación, procesamiento y análisis de la información. La misma que será de uso y aplicación obligada entre todos los miembros del Sistema Estadístico Nacional SEN y demás organismos que generan estadísticas en el país.

En consecuencia, se han tomado las actividades, que abarcan a los sectores productivos de mayor importancia del país y así, poder tener un análisis preciso de la eficiencia productiva de la nación. De igual forma, para tener un mejor estudio, se analizan las medianas y grandes empresas, ya que estas son las que más producción generan y a su vez brindan más valor agregado a los productos finales. A continuación, se detallan las actividades económicas a estudiar.

Tabla 2-1. Clasificación Nacional de Actividades Económicas.

N.º	Sección CIIU Rev. 4.0	Descripción
1	B	Explotación de minas y canteras
2	C	Industrias manufactureras
3	D	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado
4	E	Distribución de agua; alcantarillado, gestión de desechos y actividades de saneamiento
5	F	Construcción
6	G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas
7	H	Transporte y almacenamiento
8	I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas
9	J	Información y comunicación
10	K	Actividades financieras y de seguros
11	L	Actividades inmobiliarias
12	M	Actividades profesionales, científicas y técnicas
13	N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo
14	P	Enseñanza
15	Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social
16	R	Artes, entretenimiento y recreación
17	S	Otras actividades de servicios

Fuente: Elaboración propia.

Según datos aportados por el INEC (2020) en la Encuesta Estructural Empresarial 2018, las actividades anteriormente descritas son las que se toman para analizar y mediar la estructura dinámica de las grandes y medianas empresas en el país, donde tenemos un total de 6327 medianas empresas de tipo “A” que representan el 45% del estudio, 4431 medianas empresas de tipo “B”, que representan el 32% y 3240 grandes empresas con un 32%.

Tabla 2-2. Clasificación de las empresas.

Clasificación de las empresas	Volúmenes de ventas anuales	Personal ocupado
Mediana empresa "A"	De 1000001 a 2000000	50 a 99
Mediana empresa "B"	De 2000001 a 5000000	100 a 199
Grande empresa	De 5000001 en adelante	200 en adelante

Fuente: (INEC) - Encuesta Estructural Empresarial 2018.

El gráfico que observaremos a continuación, muestra el total de empresas según el tamaño de empresas, representando las grandes y medianas empresas tanto de tipo “A” y “B”.

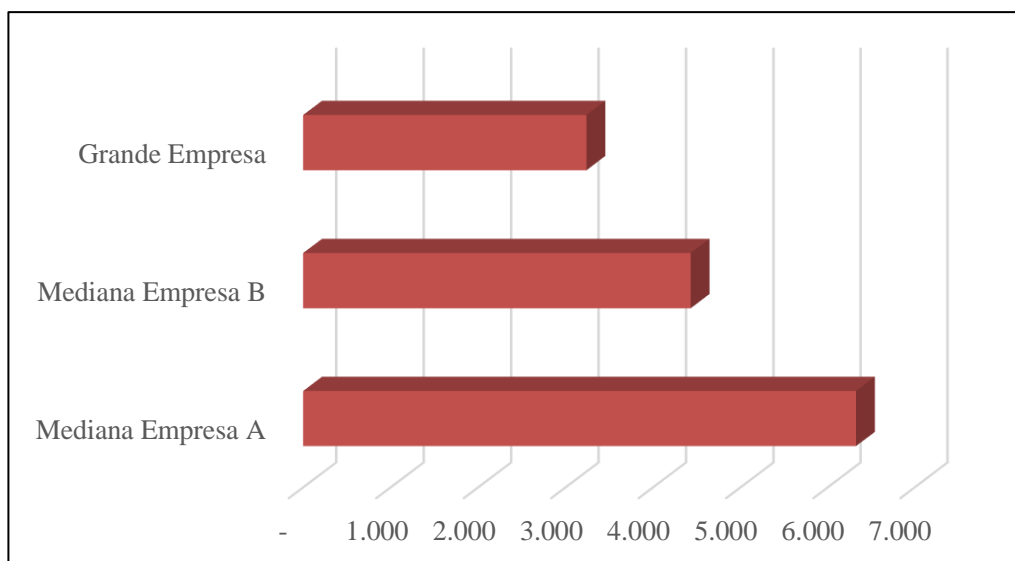


Figura 2-1. Número de empresas, según tamaño de empresa.

Fuente: Elaboración propia.

La producción de las empresas estudiadas en la Encuesta Estructural Empresarial INEC (2020) para el año 2018 se valoró en \$91356 millones, reportando un crecimiento del 4.7% con respecto al 2017. Es importante agregar que el 36.6% de la producción total de las empresas se obtuvo de la sección C (Industrias manufactureras) con un valor de \$9356 millones, por otro lado, la sección B (Explotación de minas y canteras) presenta una variación del 22% respecto al 2017, siendo la mayor variación. Por último, la sección F (Construcción) con una variación de -19.4% es el mayor descenso.

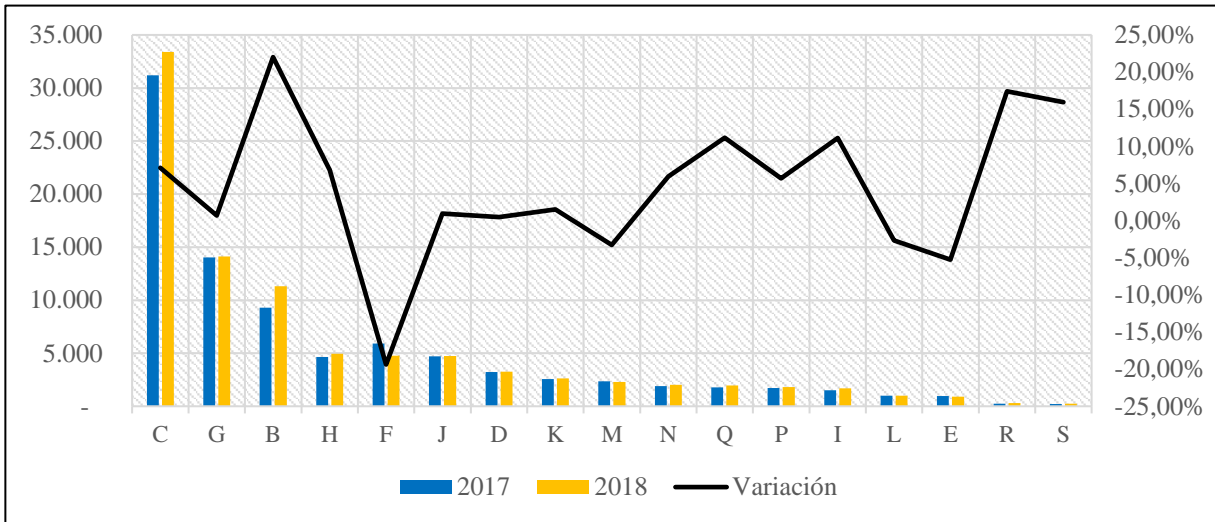


Figura 2-2. Producción total y variación, según actividades económicas.

Fuente: Elaboración propia.

El valor agregado por actividades económicas, que corresponde a la diferencia entre la producción y el consumo intermedio, en el año 2018 fue de \$31207 millones, dónde, el 63% corresponden a las secciones G (Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas), B (Explotación de minas y canteras) y C (Industrias manufactureras), estas tres industrias generaron \$6930 millones 22.2%, \$6.389 millones 20.5% y \$6274 millones 20.1% respectivamente.

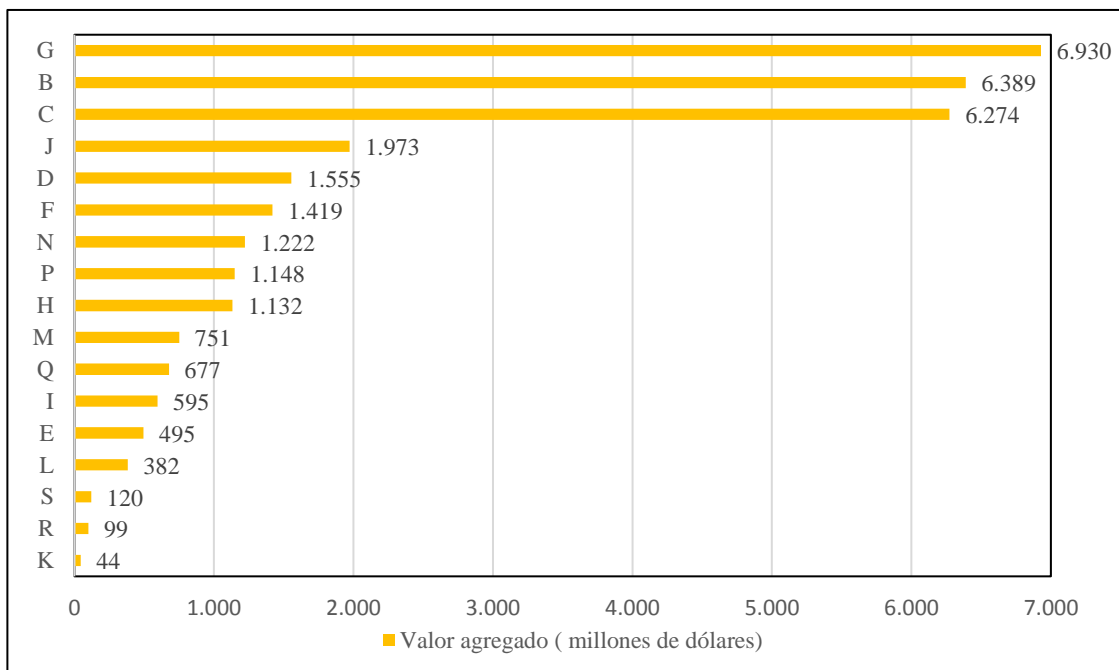


Figura 2-3. Valor agregado por Actividad económica (millones de dólares).

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Provincias.

Ecuador cuenta con 24 provincias distribuidas por todo el territorio Nacional, tanto en su región continental como en la peninsular, por esta razón, la producción por provincia y el valor agregado que estas generan dinamizan la economía del país, por lo que es importante tener información eficiente para la toma de decisiones.

El estado realiza varios análisis sobre la producción por provincias en el país, uno de estos análisis es el realizado por el Banco Central del Ecuador (n.d.), donde destaca que más de la mitad de la producción Nacional se encuentran distribuidas en dos provincias principales, según cifras del año 2018. La primera provincia es Guayas, que tiene como capital provincial a la ciudad de Guayaquil, esta urbe cuenta con el puerto más importante del país y es la segunda ciudad más poblada del Ecuador, mientras que la segunda provincia es Pichincha, que tiene como capital provincial a Quito, la capital del país y la ciudad más poblada con aproximadamente 2.8 millones de habitantes según proyecciones del INEC. Estas provincias aportan el (26.7%) y el (26.6%) del Valor agregado bruto del país respectivamente, les siguen Manabí (6.1%), Azuay (5.4%), Orellana (4.7%) y El Oro (3.6%).

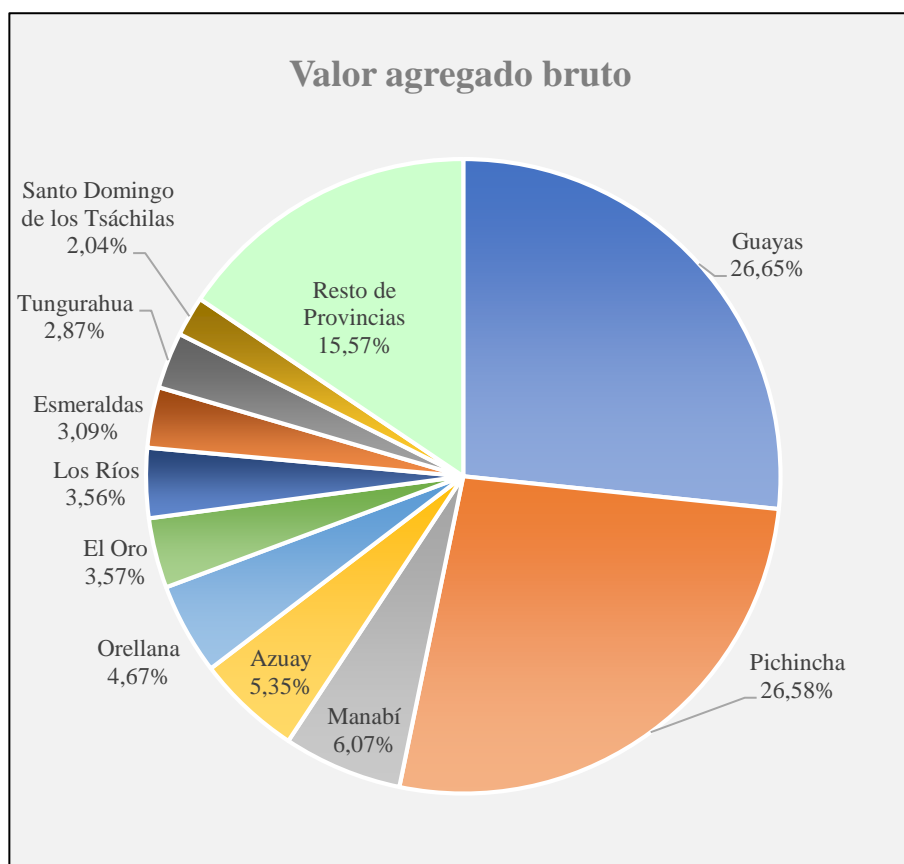


Figura 2-4. Valor agregado bruto 2018 por provincias (porcentajes).

Fuente: Elaboración propia.

La producción bruta nacional para el año 2018 fue de \$178033 millones, además, de la producción bruta total Nacional, cabe destacar que el 60% aproximado corresponde a las 3 provincias más grandes del Ecuador que son, las provincias de Guayas (27.5%) con 48939 millones de dólares, Pichincha (26%) con 46320 millones de dólares y Manabí (6.2%) con 10970 millones de dólares. Por lo tanto, las 21 provincias restantes generan el 40% de producción bruta total del país con un total de 71805 millones de dólares, siendo Morona Santiago, Zamora Chinchipe y Galápagos las provincias que menos producción bruta aportan 1698 millones de dólares entre las 3 provincias mencionadas. Las provincias de Sucumbios, Santa Elena y Orellana son las que mayor variación de crecimiento tuvieron 20.8%, 20% y 13.4% respectivamente, mientras que Los Ríos (-2.6%), Chimborazo (-3.8%) y Cañar (-4.5%) son las que experimentaron bajas en su producción bruta con respecto a los años 2017 y 2018.

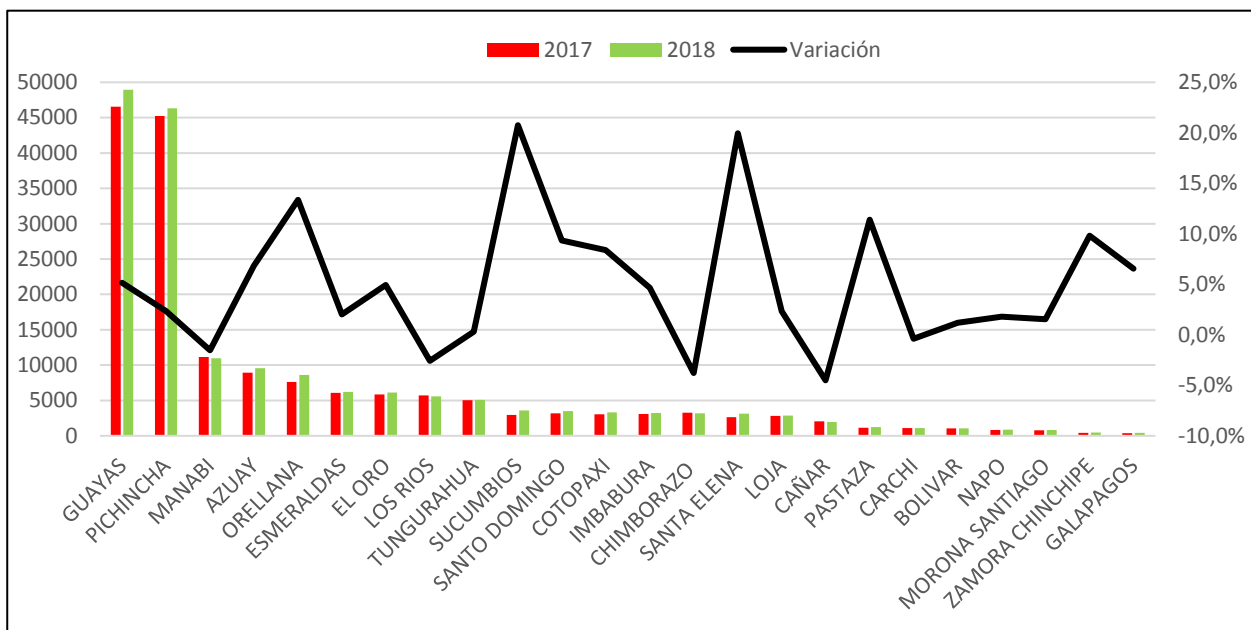


Figura 2-5. Producción bruta (millones de dólares) por provincias, Ecuador 2018.

Fuente: Elaboración propia.

También, podemos mencionar que según los resultados obtenidos del directorio de empresas y establecimientos, 2018 publicado por el INEC (2019), dónde se contabilizan a todas las empresas formalmente constituidas en el país (microempresa, pequeñas, medianas y grandes empresas) y que se encuentran registradas en el Servicio de Rentas Internas (SRI), además, teniendo en cuenta si registran movimientos económicos de ventas, plazas de empleo dentro del Instituto Ecuatoriano de Seguridad social (IESS) y declaración en el Régimen Impositivo Simplificado (RISE) en el periodo 2018.

Las provincias de Pichincha, Guayas, Manabí, Azuay, El Oro y Tungurahua concentran el 67% del total de las empresas Nacionales, mientras que el 33% restante corresponde a las otras 18 provincias, es decir, más del 50% de empresas se distribuyen en apenas 6 de 24 provincias.

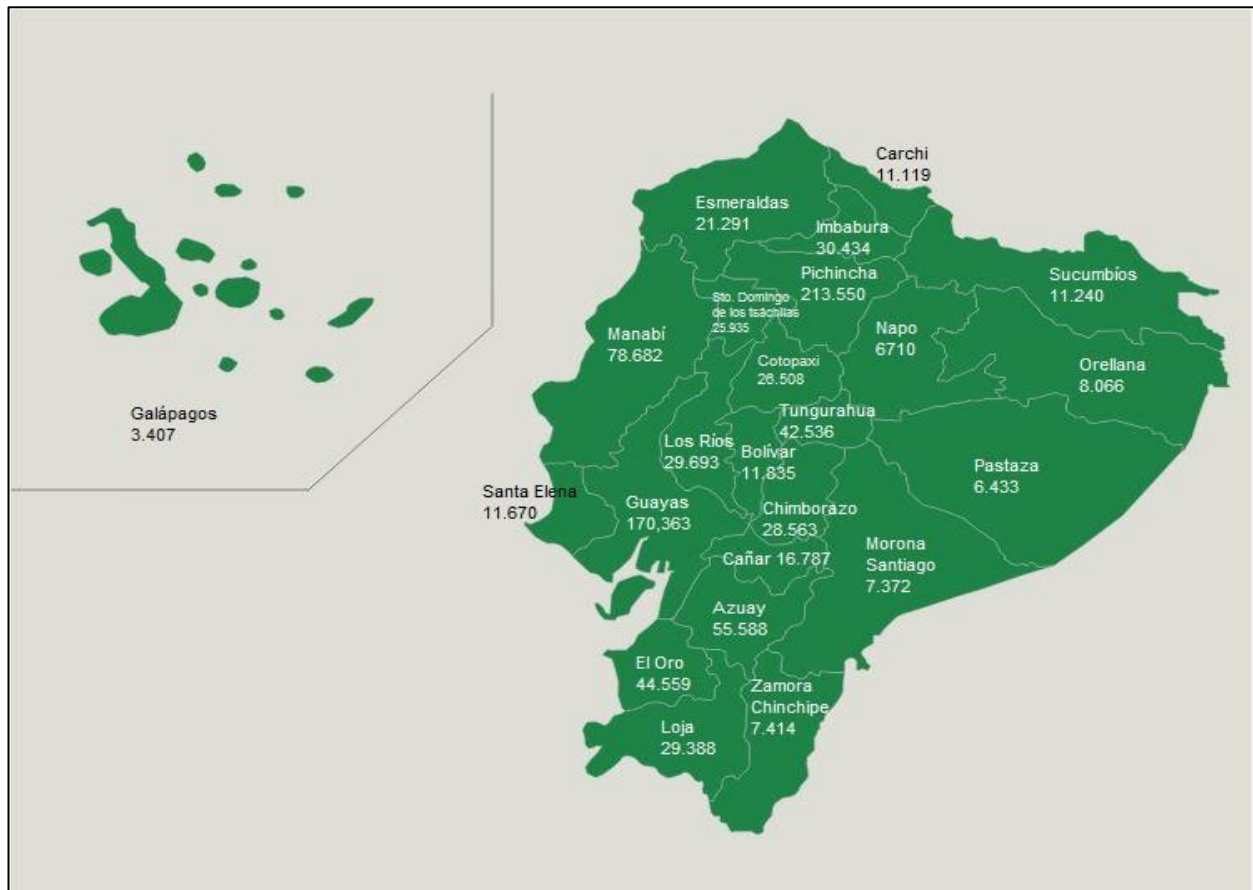


Figura 2-6. Número de empresas por provincias 2018.

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Descripción del problema.

En el Ecuador históricamente, la economía y producción nacional han sido dominadas por dos provincias, Guayas y Pichincha, la primera con Guayaquil como capital que ha sido por varios años la capital económica del país, además de poseer el puerto más grande e importante del país anualmente contribuye con un 27% de la producción total nacional, mientras que la provincia de Pichincha, con Quito como capital provincial y nacional, que además concentra el 24% de todas las empresas nacionales y contribuyendo anualmente con un 26% de la producción total del Ecuador. Por tal motivo, estas dos provincias se han catalogado como las más productivas del país, pero no precisamente son las más eficientes, ya que no se tiene un análisis detallado de cómo están manejando sus recursos.

De igual manera, desde los años 80 donde hubo un crecimiento exponencial en la actividad económica de explotación de minas y canteras, gracias a la explotación petrolera, siendo esta la actividad más importante en el país, aportando de manera considerable al valor agregado y sobre todo al producto interno bruto del país, pero de igual forma como ocurrió con las provincias, existen actividades económicas que generan más producción a la economía del país, pero no necesariamente son las más eficientes, dejando a un lado a actividades económicas que tal vez no generan la misma producción, pero que pueden llegar a ser más eficientes a la hora de manejar sus recursos.

Por tal razón, la problemática del país radica en la distribución inadecuada de los recursos por parte del gobierno, ya que varias provincias y sus gobiernos autónomos reclaman una mejor distribución de los capitales y consideran que las provincias que generan más producción no están manejando adecuadamente sus recursos. Además, hay muchas actividades económicas olvidadas que de alguna manera son más eficientes con el manejo de sus capitales que no se han estudiado y que podrían tomarse como punto de partida para la estandarización y optimización de recursos, insumos, tecnologías y capitales en todos los sectores y actividades económicas del Ecuador.

Finalmente, una vez analizada la problemática de nuestro estudio y como mencionamos en el capítulo 1, este trabajo tiene como objetivo enfocarse en la eficiencia de las 24 provincias y de las actividades económicas del país en relación a su producción total y proponer acciones que puedan ayudar a tener un país más eficiente, optimizando el uso de sus recursos, tecnología, capital físico, capital humano y el stock de capital, para de esta forma aumentar la producción total del país, tener una producción más sostenida y una mejor redistribución de los recursos tanto por provincias como por actividades económicas.

3. ESTADO DEL ARTE

La razón es una antorcha que alumbra todo ser espiritual, que da colorido e ilumina a las operaciones del alma.

Eugenio Espejo

3.1 Producción.

La producción, en su forma más general, es una descripción de la relación entre entradas y salidas o producto producido, según Rasmussen (2012), que sirve para acercar un bien o servicio y satisfacer las necesidades de los clientes finales. La descripción técnica de producción se basa en la observación empírica de las relaciones entre entradas y salidas. A lo largo del tiempo se han desarrollado herramientas matemáticas y estadísticas para poder describir de forma correcta la relación entre producción técnica y economía, la función de producción se describió mediante relaciones de funciones matemáticas.

3.1.1 Función de Producción.

Varios especialistas, a menudo usan una función de producción para describir de mejor manera la relación entre la cantidad de insumos utilizados en la producción y la cantidad producida, esto menciona Mankiw (2012) en su libro, además, plantea el siguiente ejemplo de una función de producción, donde Y denota cantidad producida, L es la cantidad de trabajo, K la cantidad de capital físico, H la cantidad de capital humano y N la cantidad de recursos naturales. De igual forma, $F()$ es la función que muestra la unión de los insumos para generar producción y A es una variable que representa la tecnología disponible. Por lo tanto, a medida que mejore la tecnología, la variable A aumenta, de esta manera la economía genera más productos con cualquier combinación de insumos.

$$Y = A * F(L, K, H, N) \quad (3-1)$$

Varias funciones de producción tienen una propiedad llamada rendimientos constantes a escala, entonces si los insumos se duplican la cantidad de producción de igual forma se duplica. Matemáticamente se describe la función de producción para cualquier número positivo X . Donde el lado derecho muestra la duplicación de los insumos y el izquierdo la duplicación de la producción.

$$xY = AF(xL, xK, xH, xN) \quad (3-2)$$

Si, $x=1/L$ observaremos que, Y/L es la producción por trabajador, siendo esta una medida de la productividad, por lo tanto, la productividad del trabajo depende del capital físico por trabajador (K/L), del capital humano por trabajador (H/L) y de los recursos naturales por trabajador (N/L). Además, el estado de la tecnología representado con la variable A también influye en la productividad, según Mankiw (2012).

$$Y/L = AF(1, K/L, H/L, N/L) \quad (3-3)$$

La figura que veremos a continuación nos indica cómo influye la cantidad de capital por trabajador en la cantidad de producción por trabajador. El capital humano, recursos naturales y tecnología que son otros determinantes de la producción se mantienen constantes, por esta razón, la curva se hace más plana a medida que se incrementa la cantidad de capital, esto gracias a los rendimientos decrecientes del capital

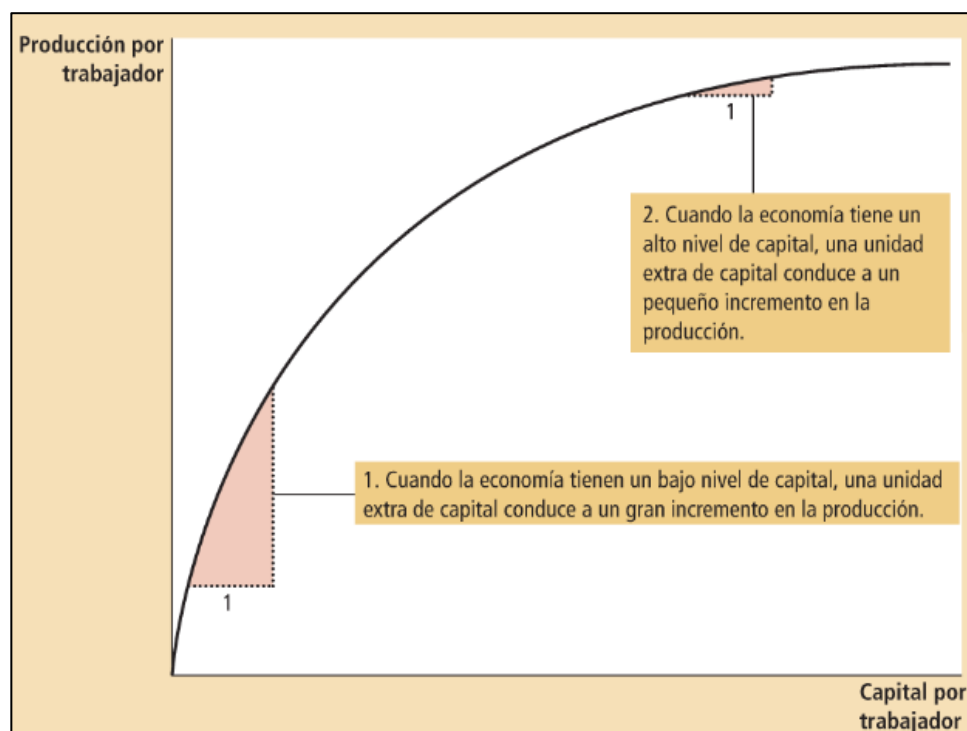


Figura 3-1. Función de producción.

Fuente: Mankiw (2012).

3.1.2 Productividad.

La productividad es la cantidad de bienes y servicios producidos por una organización o industria por cada unidad de trabajo, de igual forma, Herrera (2013) en su libro define que la productividad es la base para la competitividad entre personas, sociedades y países. La calidad de vida de la gente en un país, es directamente proporcional a la productividad que este genere de manera integral, donde cada nación debe prestar atención a sus procesos y procedimientos para fabricar productos y ofrecer servicios de calidad, involucrando sistemas de fabricación, reglamentos, normativas y leyes jurídicas implementadas por cada país.

La eficiencia productiva de cada país se basa en la administración integral de todos los recursos, que expresan un índice de capacidad, velocidad de trabajo en conjunto y un costo. De esta forma funcionan en equilibrio el sector empresarial, el sector público del estado y la sociedad civil, siendo estos tres, los sectores fundamentales para el crecimiento de un país y que además generan riqueza económica, política y social. La productividad tiene varios determinantes que participan en la economía de un país, a continuación, se describen estos factores.

3.1.3 Capital Físico.

Se define como aquellos recursos fabricados por el ser humano, como maquinarias e inmuebles. Básicamente son equipos y estructuras que sirven para la producción de bienes o servicios. El capital físico permite ser más productivos al trabajador (Krugman & Wells, 2007). Por ejemplo, los tractores y equipos de agricultura que se usan actualmente ayudan a que se produzca el doble o triple que lo que se producía 30 o 40 años atrás. Por ende, el capital físico es un factor importante en la producción, que además se encuentra presente en todas las etapas del bien o servicio desde la extracción o creación hasta el producto final.

3.1.4 Capital Humano.

El capital humano es la capacidad natural, las habilidades innatas y adquiridas, el conocimiento, la experiencia, el talento, la inventiva que cada ser humano desarrolla a lo largo de su vida. Todas estas características son componentes del capital humano. Para aumentar el valor y la eficacia del capital humano se debe invertir y los resultados se verán a largo plazo. Se trata de estas habilidades (conocimientos, habilidades y destrezas) que son específicas de cada persona para el desarrollo individual y que se deben mejorar para el progreso de la sociedad humana Kucharcíková (2011).

3.1.5 Recursos Naturales.

Son insumos que proporciona la naturaleza como tierras, ríos y depósitos minerales para la producción de bienes o servicios. Estos recursos pueden ser renovables y no renovables. Por ejemplo, la energía solar es un recurso renovable, ya que depende del sol, mientras que el petróleo es un ejemplo de no renovable, ya que con el paso del tiempo se va terminando y no se podrá crear más. Los recursos naturales son los responsables de que países como Estados Unidos con sus extensas tierras adecuadas para la agricultura, Arabia Saudita y Kuwait que se encuentran encima de los pozos petroleros más grandes del mundo, tengan una economía robusta y un estándar de vida mayor al del resto del mundo, esto nos expone Mankiw (2012) en su libro.

A todo esto, el hecho de tener varios recursos naturales no hace que la economía de un país sea altamente productiva. Países como Japón, que es uno de los más ricos del mundo, importa recursos naturales y los convierte en bienes manufacturados que exporta a las economías ricas en recursos naturales, por ende, el tener estos recursos de la naturaleza no garantiza una buena economía si no se tiene un buen capital físico, capital humano, inversiones y tecnología.

3.1.6 Tecnología.

Uno de los factores más importantes en la productividad es el progreso tecnológico, el cual se define como los medios técnicos con los que se cuenta para producir bienes y servicios. Por ejemplo, los trabajadores de hoy en día son capaces de producir más que los de hace un siglo, inclusive teniendo los mismos factores humanos y físicos que a los de hoy en día, esto gracias a que los avances tecnológicos avanzan a lo largo de los años. Económicamente hablando, todo avance es importante, por esta razón varios investigadores han observado que el crecimiento económico en el pasado no se ha debido solo a grandes inventos, como el ferrocarril, los ordenadores o los chips, sino a inventos pequeños que cambiaron la forma de ver el mundo como la bolsa de papel, en la cual se pudo empacar productos de mejor forma o el post-it que trajo inesperadas mejoras en trabajos de oficina (Krugman & Wells, 2007).

3.1.7 Ahorro e Inversión.

Para elevar la productividad futura en la economía de un país se debe invertir más recursos en la producción de capital. Según Rebeco (2007), las decisiones de ahorro e inversión están separadas, por lo tanto para todos los países del mundo sus tasas de inversión contra sus tasas de ahorro no deberían tener ninguna correlación.

3.2 DEA (Análisis envolvente de datos).

El DEA según Aparicio (2007) es una importante técnica de Investigación operativa, que se basa en la medición y posterior análisis de la eficiencia en la producción de bienes o servicios. El Análisis envolvente de datos (DEA) tiene un amplio campo de aplicación, ya sea en industria manufactureras de todo tipo a entidades sin ánimo de lucro dedicadas a proporcionar diversos servicios tanto en el sector público como en el privado. El factor de medición de la eficiencia se le denomina DMU (Decision Making Unit) con la finalidad de enfatizar su grado de independencia a la hora de modificar sus niveles de insumo y producción.

Además, Farrell (1957) propuso en su investigación una medida de la eficiencia en una empresa dividida en dos componentes: Eficiencia técnica y eficiencia de asignación que al mezclarse forman una eficiencia global denominada eficiencia económica. Para calcular una medida de eficiencia es necesario conocer la función de producción, por lo que Farrell propuso que esta función podría ser estimada a partir de una muestra de datos usando una herramienta no paramétrica lineal o una función de producción paramétrica. Gracias a este estudio en años posteriores existieron dos metodologías: DEA que usa programación matemática y las fronteras estocásticas que recurre a técnicas estadísticas y econométricas.

El análisis envolvente de Datos (DEA) es una técnica de programación matemática no paramétrica, que se usa para resolver la estimación de la frontera (Parra et al., 2009). Este análisis no paramétrico de eficiencia relativa fue expuesto (Charnes et al., 1978) y se utiliza para evaluar los niveles de eficiencia de unidades organizativas sobre diversos campos aplicables como menciona Charnes y Cooper (1997, 1999) en su trabajo.

3.2.1 Productividad en DEA.

La productividad de una definida unidad productiva según Farrell (1957), es la relación existente entre las entradas (inputs) que son los recursos o insumos y las salidas (outputs) que son los resultados obtenidos en la producción ya sea de un bien o un servicio. Básicamente esta es una forma de medir si el uso de estos recursos o insumos se aprovechan de una manera correcta.

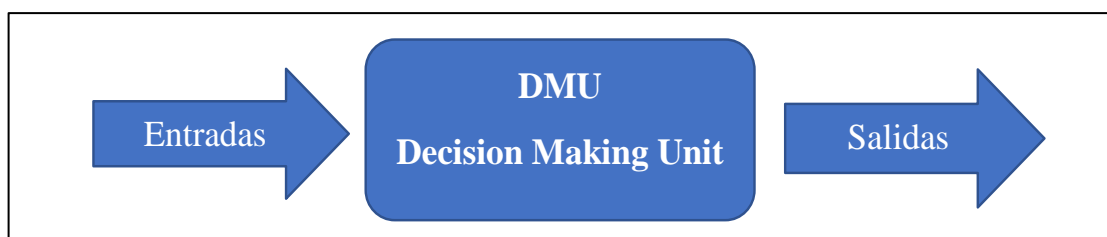


Figura 3-2. Unidad productiva con entradas y Salidas.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo mencionado anteriormente la expresión matemática de la productividad se la representa de la siguiente forma:

$$Productividad = \frac{Producción\ creada}{Recurso\ consumido} = \frac{Salida}{Entrada} \quad (3-4)$$

Evaluar de esta forma la productividad es útil, cuando la unidad productiva tiene la capacidad de modificar correctamente la cantidad de cada uno de los recursos que se usan en la producción o los resultados obtenidos. De tal forma, si consideramos unidades productivas (DMU) con un solo recurso que determine un solo resultado, la fórmula usada por Farrell sería suficiente para el análisis de la productividad, pero en la realidad existen muchos casos donde son varios los recursos y varios los resultados a obtener por lo que se estudian otras fórmulas para calcular la productividad Villa (2003).

Existen varios campos como la salud, que tienen varios recursos como, por ejemplo, las camas, hospitales, médicos, entre otros y salidas como altas hospitalarias, pacientes atendidos, etc. Analizando el ejemplo anterior caemos en cuenta que existen variables muy complejas de medir como la capacidad de respuesta de los doctores. Así existen una gran cantidad de variables que no son fácilmente mensurables y que pueden traer complicaciones, por lo que lo ideal es realizar un análisis previo para poder escoger los factores correctos a la hora de realizar el estudio.

La productividad de la DMU es un escalar según el trabajo realizado por Villa (2003), por lo tanto es indispensable una expresión que abarque todos los recursos (entradas) y todos los resultados (salidas) de la unidad relacionadas con la productividad. Por esta razón, agrupar entradas y salidas de distinta naturaleza, pueden generar unidades de medida diferentes. La solución a este problema es la agregación de entradas y salidas escaladas mediante un peso, así el resultado será adimensional e independiente de la escala utilizada como observaremos a continuación.

$$Productividad = \frac{Suma\ ponderada\ de\ salidas}{Suma\ ponderada\ de\ entradas} \quad (3-5)$$

Por esta razón, definimos a la siguiente expresión como entrada virtual, asumiendo a x_{ij} como la cantidad de entrada o recurso 'i' utilizado por la unidad 'j', u_{ij} como el peso correspondiente a la entrada y m es el número total de entradas consideradas.

$$Entrada\ Virtual_j = \sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij} \quad (3-6)$$

De igual forma, definimos a la siguiente expresión como salida virtual, asumiendo a y_{kj} como la cantidad de salida o resultado 'k' que produce la misma unidad 'j', v_{kj} como el peso correspondiente a la salida y s es el número de salidas de la unidad.

$$\text{Salida Virtual}_j = \sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj} \quad (3-7)$$

Después, de haber estudiado estos conceptos de entrada y salidas se define a la productividad de la siguiente manera:

$$\text{Productividad}_j = \frac{\text{Salida Virtual}_j}{\text{Entrada Virtual}_j} = \frac{\sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}} \quad (3-8)$$

Por último, podemos decir que la fórmula vista anteriormente sirve para calcular la productividad de una determinada unidad productiva cuando se engloba múltiples entradas y salidas de manera general, pero si queremos analizar estos datos por separado no tenemos referencia de como los recursos y los resultados obtenidos se están aprovechando en otras unidades similares.

3.2.2 Eficiencia en DEA.

Farrell (1957) visualiza a la eficiencia desde un punto real y no ideal, por lo cual, cada unidad de producción se evalúa en relación con otras unidades, tomadas de una muestra representativa y comparable. Así las medidas de eficiencia serían relativas y no absolutas, donde el valor que alcanza una unidad productiva, correspondería a la desviación observada respecto a las unidades consideradas como más eficientes. Por lo tanto, Farrell propone un concepto de referenciación.

La eficiencia según Cooper (2011) se da cuando una DMU logra una eficiencia total igual al 100% siempre y cuando ninguna de sus entradas o salidas puede mejorarse sin empeorar dichas entradas o salidas. Además, estos autores precisan que una DMU alcanza la eficiencia relativa, cuando una unidad de decisión debe ser completamente eficiente, es decir tener 100% si y solo si el desempeño de otras DMU no muestre mejora en sus entradas o salidas sin empeorar las mismas (entradas y salidas). Por tal razón, podemos expresar a la eficiencia relativa de la siguiente forma.

$$\text{Eficiencia relativa}_j = \frac{\text{Salida virtual}_j / \text{Entrada virtual}_j}{\text{Salida virtual}_o / \text{Entrada virtual}_o} \quad (3-9)$$

Donde el subíndice 'j' indica la unidad que se va a estudiar, y el subíndice 'o' la unidad que se toma como referencia. En función de la referencia que se utilice, se pueden definir los siguientes conceptos, que describe Villa (2003), en su trabajo.

- Eficiencia global es cuando se elige como unidad referente a la de mayor productividad de entre todas las unidades que se están estudiando.
- Eficiencia técnica es cuando se elige como unidad referente a la de mayor productividad de entre las unidades que tengan el mismo tamaño dentro de la muestra que se está estudiando.
- Eficiencia de escala se define como la fracción entre la eficiencia global y la eficiencia técnica.

Notamos que la eficiencia de cualquier unidad de decisión siempre será menor o igual que la unidad. Por lo tanto, la DMU que tenga como eficiencia a la unidad se le denominará eficiente, caso contrario será ineficiente y tendremos que seguir buscando a la DMU que tenga la mayor eficiencia. Entonces, tenemos la siguiente fórmula.

$$Eficiencia_j = \frac{\sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}} \quad (3-10)$$

$$Eficiencia_j = \frac{\sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj}}{\left[\frac{\sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}} \right]_o}$$

En la fórmula observamos infinitos pesos que al final nos dan la misma eficiencia. Con los pares de pesos (u_{ij}, v_{kj}) y $(\alpha u_{ij}, \beta v_{kj})$, siendo α y β números reales, se obtiene la misma eficiencia. Para disminuir el número de pesos que (u_{ij}, v_{kj}) que dan igual eficiencia relativa, se determina que la productividad de la unidad referentes es igual a uno.

Finalmente, indistintamente de cuál sea la definición de eficiencia en el denominador siempre aparecerá la unidad, esto se debe a que la DMU referente es eficiente y la expresión se define así:

$$Eficiencia_j = \frac{\sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}} \quad (3-11)$$

Según el DEA, el desempeño de una organización se calcula en una frontera eficiente que se forma a partir de la combinación lineal de todas las empresas estudiadas, por tal motivo, el procedimiento se basa en un modelo matemático complejo.

El gráfico que observaremos a continuación nos muestra la eficiencia global, técnica y asignativa, donde suponemos la existencia de dos entradas ($X_1; X_2$), una salida (Y) y tornos de escala (CRS). Además, suponemos que la tecnología es fija y que PP representa a los precios de las entradas, de esta forma, podremos interpretar de mejor manera cómo funcionan y como están relacionadas las eficiencias en el modelo.

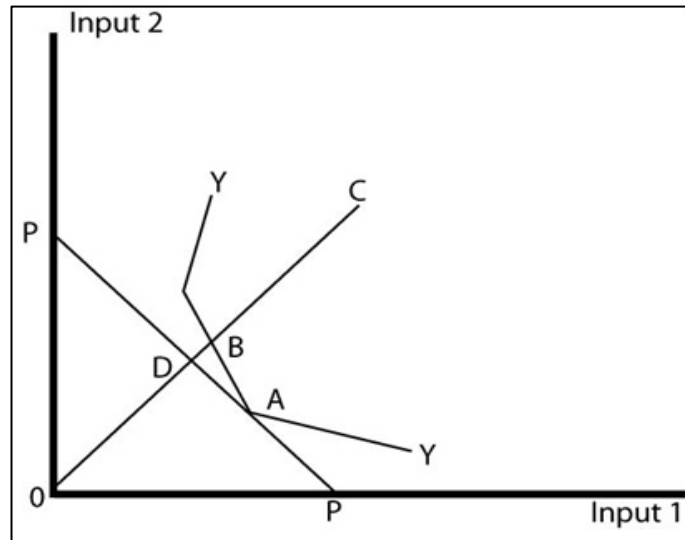


Figura 3-3. Metodología DEA - la eficiencia global, técnica y de asignación.

Fuente: Leal & Cepeda (2013).

La empresa A es eficiente, ya que se encuentra en el borde de salida Y, empleando el mínimo de recursos. Si suponemos que la empresa C produce el mismo nivel de salida a lo largo de Y, podemos decir que la empresa C utiliza más recursos que la empresa A, por lo tanto, esta sería ineficiente Leal & Cepeda (2013).

La eficiencia técnica tiene dos descomposiciones, la eficiencia técnica pura y la eficiencia de escala. Se dice que existe ineficiencia técnica pura, cuando encontramos desviaciones de la frontera de la eficiencia, esto se da por el uso ineficiente de los recursos siempre y cuando las empresas estén bajo rendimientos constantes de escala. Las ineficiencias de escala por otro lado, se dan cuando existen pérdidas debido a la falta de operar con rendimientos constantes de escala. A continuación, observaremos gráficamente estas medidas.

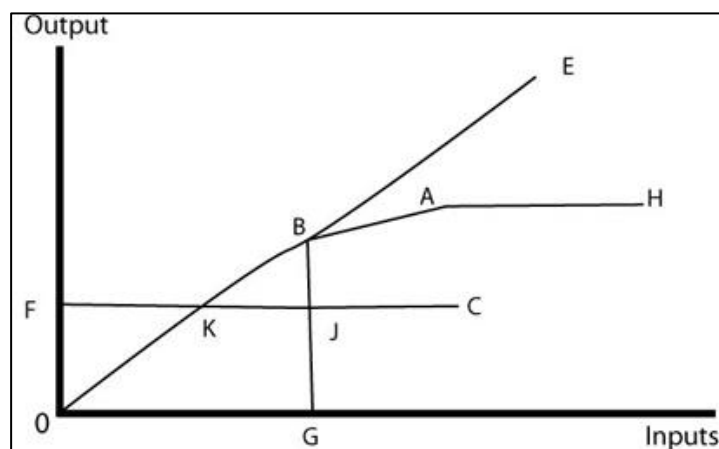


Figura 3-4. La eficiencia de escala y eficiencia técnica pura.

Fuente: Leal & Cepeda (2013).

El eje Y representa la salida y el eje X las combinaciones de entradas existentes que contienen una cantidad igual de entrada 1 y de entrada 2. Observamos dos fronteras una asumiendo rendimientos constantes a escala OE y la otra frontera supone rendimientos variables a escala, GBAH. Por ende, la eficiencia técnica pura se mide en relación a la frontera de rendimientos variables a escala. La empresa C, tiene como eficiencia técnica pura $PTE=FJ/FC$ y la eficiencia de escala FK/KJ .

3.2.3 Modelos DEA.

El primer modelo DEA, fue propuesto por Charnes et al (1978) y se lo llamo DEA-CCR en homenaje a sus autores, la cual tuvo una orientación de entrada con existencia de rendimientos constantes de escala (CRS) y determina la superficie envolvente o frontera de producción eficiente de una muestra de organizaciones. La distancia radial de una organización hacia la frontera denota la medida de su eficiencia. El segundo modelo DEA propuesto trata sobre rendimientos variables de escala (VRS), este modelo es conocido como DEA-BCC en honor a sus autores Banker et al (1984). Adicionalmente, existen otros modelos DEA propuestos por diferentes autores entre los cuales tenemos: Modelo aditivo Charnes et al (1985), el modelo multiplicativo Charnes et al (1982), el modelo DEA cone-ratio Charnes et al (1990), el modelo Assurance Region Thompson et al (1990), el modelo de supereficiencia Andersen & Petersen (1993), modelos DEA no radiales Wu & An (2013), modelos DEA con restricciones en los pesos Tone (2001), modelos FDH Soleimani et al (2006), Soleimani & Reshadi (2007), Podinovski (2004), modelos de retornos de escala en presencia de salidas no deseadas Sueyoshi & Goto (2011) y el modelo propuesto por Alirezaee et al (2018) de retornos tecnológicos a escala (TRTS) que utiliza los ángulos entre los hiperplanos para calcular la brecha entre los supuestos TRTS constante y variable. La brecha se calcula para las secciones creciente y decreciente de la frontera.

3.3 Retorno de escala constante (CRS).

Tiene esta denominación cuando se considera que cualquier unidad puede alcanzar la productividad de las unidades eficientes, independientemente de su tamaño, por tal motivo, cuando usamos retornos de escala constantes, se calcula la eficiencia global, debido a que las DMU pertenecientes al estudio se ven referenciadas por la de mayor unidad. Esta consideración reduce las DMUs posibles al siguiente conjunto:

$$T_{CRS} = \{(\vec{x}, \vec{y}) : \exists \vec{\lambda} \geq 0, \vec{\lambda}X \leq \vec{x}; \vec{\lambda}Y \geq \vec{y}\} \quad (3-12)$$

Donde $\vec{\lambda}$ es un vector con tantas componentes como DMUs tenga el problema. X e Y son las matrices de las entradas y las salidas respectivamente observadas. Ambas matrices tienen tantas filas como DMUs. Para X existen tantas columnas como entradas se consideren en el problema. De igual forma, para la matriz Y hay tantas columnas como salidas (Villa, 2003).

3.3.1 Modelo Ratio.

El análisis DEA generalmente se realiza con datos numéricos absolutos, que entre otras cosas reflejan el tamaño de las unidades. Hay varios casos reportados Emrouznejad et al (2008) en los que los autores utilizaron variables ratio en lugar de números absolutos como entradas(input-ratio) y / o salidas (output-ratio) Emrouznejad & Amin (2009). Por ejemplo, una base de datos de salud presenta casi en un 100% a todos sus indicadores en forma de datos ratios: gastos como porcentaje del PIB, tasas de alta hospitalaria por 100.000 habitantes y número anual de días perdidos por enfermedad por empleado. Hollingsworth & Smith (2003) explicaron que la formulación CCR de Charnes, Cooper y Rhodes no debería utilizarse; en cambio, han demostrado que la formulación BCC de Banker, Charnes y Cooper debe aplicarse cuando la entrada y/o la salida incluyen una variable ratio.

En DEA existe libertad para que cada unidad escoja los valores de los pesos que optimicen su eficiencia, una vez escogidos estos pesos, serán utilizados por las restantes unidades. De esta manera, cada unidad va a comparar su productividad con el resto de las que están en estudio utilizando en cada comparación los pesos con los que su eficiencia es la mejor. Este modelo se basa en lo anteriormente descrito.

Analíticamente se expresa de la siguiente forma:

$$MAX = \left[h_o = \frac{\sum_{k=1}^s v_{ko} y_{ko}}{\sum_{i=1}^m u_{io} x_{io}} \right] \quad (3-13)$$

s.a:

$$\frac{\sum_{k=1}^s v_{ko} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{io} x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (3-14)$$

$$v_{ko} \geq \varepsilon \quad k = 1, \dots, s \quad (3-15)$$

$$u_{io} \geq \varepsilon \quad i = 1, \dots, m \quad (3-16)$$

y_{ko} = Cantidad de output k producido por la undiad evaluada o

x_{io} = Cantidad de input i consumido por la undiad evaluada o

y_{kj} = Cantidad de output k producido por la unidad j

x_{ij} = Cantidad de input i consumido por la unidad j

v_{ko} = Ponderación asignada al outpu k por la unidad evaluada o

u_{io} = Ponderación asignada al input i por la unidad evaluada o

Además, ε es un número real positivo. Este valor representa una constante que debe ser menor que cualquier número real positivo, por esto en las restricciones donde aparece, los pesos son obligados a que nunca puedan ser nulos. A la variable que está en estudio se la denota con el subíndice o .

El modelo consiste en la resolución de n problemas de maximización, que son parte de las unidades cuya eficiencia se quiere evaluar. La función objetivo elige los pesos que hacen máxima la eficiencia h_o de la DMU que se estudia. Existe una restricción por cada unidad existente en el problema, que obliga a que ninguna unidad de decisión pueda tener una eficiencia mayor que uno. Cuando se registran pesos que garanticen una eficiencia grande, al mismo tiempo se debe asegurar de que ninguna DMU del problema tenga una eficiencia mayor que uno. El modelo describe que, si la unidad no consigue ser eficiente, aun eligiendo los mejores pesos posibles, es porque existe otra que con esos pesos ya es eficiente Villa (2003).

Este modelo estudiado anteriormente opera con retornos de escala constantes, ya que evaluar una determinada unidad se basa en la comparación entre DMUs que tiene la mayor eficiencia. Por tal motivo, todas las DMUs analizadas consideran a las mismas unidades como eficientes. El nombre del modelo RATIO proviene del hecho de que la función objetivo es un cociente. Esto complica su resolución, ya que no es un problema lineal.

3.3.2 Modelo CCR-INPUT.

El modelo CCR es la razón de la suma ponderada de las salidas a la suma ponderada de las entradas, como miramos anteriormente, el modelo busca encontrar el peso que maximiza la función objetivo. Este modelo maximiza la eficiencia de una empresa dentro de un conjunto de empresas, esto mediante la selección de pesos óptimos asociados a las medidas input y output, estando limitadas a las eficiencias máximas Herrera et al (2015).

Para resolver este modelo se opta por transformar el modelo ratio, estudiado anteriormente, en un problema lineal. De tal manera, que se reemplacen los ratios que se encuentran en el modelo por expresiones lineales. Maximizar un cociente es igual a hacer máximo su numerador si su denominador se mantiene constante, y cuando un cociente es menor que la unidad, el numerador es menor que el denominador. Con estas consideraciones el modelo anterior quedaría de la siguiente forma:

$$MAX = \sum_{k=1}^s v_{ko} y_{ko} \tag{3-17}$$

s.a:

$$\sum_{i=1}^m u_{io} x_{io} = 1 \tag{3-18}$$

$$\sum_{k=1}^s v_{ko} y_{kj} - \sum_{i=1}^m u_{io} x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3-19)$$

$$v_{ko}, u_{io} \geq \varepsilon \quad k = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m \quad (3-20)$$

Este modelo es conocido como forma multiplicadora (multiplicative form), dónde se consigue un problema lineal con $n+1$ restricciones y $s+m$ cotas. La primera restricción (3-18) establece una medida de referencia de la entrada virtual para asegurar que se maximiza la eficiencia cuando se hacen máximas las salidas. Igualmente, se consigue que el valor de la función objetivo sea la eficiencia de la unidad DMU_o, además se llega a reducir la cantidad de soluciones alternativas de los pesos. Para el modelo RATIO, los pesos son soluciones admisibles del problema, sin embargo, este tipo de soluciones alternativas se eliminan con la introducción de la restricción (3-18)

Las n restricciones (3-19) son una condición de que todas las unidades deben tener una eficiencia menor o igual que uno. Sin embargo, varios autores usan con más frecuencia las variables del dual de este modelo, que miraremos a continuación:

$$\text{Min } \theta_o - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m h_i^- + \sum_{k=1}^s h_k^+ \right) \quad (3-21)$$

s.a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = \theta_o x_{io} - h_i^- \quad i = 1, \dots, m \quad (3-22)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj} = y_{ko} + h_k^+ \quad k = 1, \dots, s \quad (3-23)$$

$$h_i^-, h_k^+ \geq 0 \quad i = 1, \dots, m; k = 1, \dots, s \quad (3-24)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3-25)$$

$$\theta_o \text{ libre} \quad (3-26)$$

A esta forma del modelo se lo llama como forma envolvente (envelopment form). Las n variables λ_j son las correspondientes a las n restricciones del problema primal, θ_o es la variable correspondiente a la restricción restante, mientras h_i^-, h_k^+ , denominadas variables de holgura, son las correspondientes a las $(s + m)$ cotas existentes. La resolución de este modelo consta de dos fases: radial y rectangular. La función objetivo intenta, que θ_o tenga un valor menor que la unidad. Las restricciones establecen una combinación lineal entre el punto (x_{io}, y_{ko}) y los restantes puntos en estudio (x_{ij}, y_{kj}) , cuyo resultado es la unidad virtual $(\theta_o, x_{io}, y_{ko})$. La solución siempre admisible expuesta, corresponde a

considerar que la DMU_o es combinación lineal de ella misma. Al minimizarse θ_o se reducen proporcionalmente las componentes de las entradas hasta llegar al punto que con las mismas salidas tiene la menor entrada admisible con la combinación lineal de las unidades en estudio. Esto corresponde a proyectar el punto sobre un hiperplano que pasa por el origen y por las unidades eficientes del problema, reduciendo de forma radial las entradas.

3.3.3 Modelo CCR-OUTPUT.

Al linealizar la función objetivo del modelo Ratio minimizando el denominador y manteniendo el numerador constante, obtendríamos un modelo lineal similar al anterior pero enfocado en las salidas o resultados, es así que tenemos varios trabajos enfocados en este modelo como el realizado por Elsayed & Shabaan Khalil (2017), Ebrahimnejad & Hosseinzadeh Lotfi (2012), Herrera et al (2015), entre otros más. A continuación, definiremos la función:

$$MIN = \sum_{i=1}^m u_{io}x_{io} \quad (3-27)$$

s.a:

$$\sum_{k=1}^s v_{kj}y_{kj} = 1 \quad (3-28)$$

$$\sum_{k=1}^s v_{ko}y_{kj} - \sum_{i=1}^m u_{io}x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3-29)$$

$$v_{ko}, u_{io} \geq \varepsilon \quad k = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m \quad (3-30)$$

En este caso la función objetivo representa ahora el inverso de la eficiencia relativa de la unidad O, de este modo, siempre será mayor o igual que uno. Es un problema con retornos de escala constante. Las consideraciones de este modelo son semejantes a los estudiados en el modelo CCR-INPUT, de tal manera que construyendo el problema en su forma dual observaremos las consideraciones gráficas.

$$MAX \quad \gamma_o + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m h_i^- + \sum_{k=1}^s h_k^+ \right) \quad (3-31)$$

s.a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = x_{io} - h_i^- \quad i = 1, \dots, m \quad (3-32)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj} = \gamma_o y_{ko} + h_k^+ \quad k = 1, \dots, s \quad (3-33)$$

$$h_i^-, h_k^+ \geq 0 \quad i = 1, \dots, m; k = 1, \dots, s \quad (3-34)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3-35)$$

$$\gamma_o \text{ libre} \quad (3-36)$$

Como en el anterior modelo (CCR-INPUT), las variables toman estos valores en caso de ser unidades eficientes. Como estudiamos anteriormente, las restricciones establecen una combinación lineal entre el punto (x_{io}, y_{ko}) y los demás puntos de la muestra (x_{ij}, y_{kj}) , dando como resultado la unidad virtual. Al maximizar, las salidas aumentan, llegando al punto donde utilizando la misma cantidad de entradas se tendrá una mayor salida con la combinación lineal de las unidades en estudio.

3.4 Retorno de escala variable (VRS).

Se dice que un modelo es de retorno de escala variable, cuando algunas unidades de tamaño diferente al de las eficientes, no son capaces de conseguir la productividad de las mencionadas. Se intenta acercar cada DMU a la unidad más eficiente de entre las de su tamaño, por lo tanto, el estudio se realizará mediante la eficiencia técnica. De la misma forma que analizamos el CRS, se puede definir el conjunto de los posibles puntos admisibles del problema:

$$T_{VRS} = \{(\vec{x}, \vec{y}) : \exists \vec{\lambda} \geq 0, \vec{\lambda} X \leq \vec{x}; \vec{\lambda} \vec{e}^T = 1\} \quad (3-37)$$

La diferencia con el anterior conjunto $TCRS$ es que la suma de las componentes del vector λ debe sumar la unidad.

3.4.1 Modelo BCC-INPUT.

Para que este modelo sea de retornos de escala variable, se parte del modelo ratio linealizado y se introduce alguna restricción o variable que le muestre al modelo que cada unidad DMU_o, debe ser comparada con aquellas unidades de su tamaño y no con todas las unidades que existen en el problema. De esta manera, modificando la forma envolvente del modelo CCR-INPUT tenemos lo siguiente:

$$\text{Min } \theta_o - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m h_i^- + \sum_{k=1}^s h_k^+ \right) \quad (3-38)$$

s.a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = \theta_o x_{io} - h_i^- \quad i = 1, \dots, m \quad (3-39)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj} = y_{ko} + h_k^+ \quad k = 1, \dots, s \quad (3-40)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (3-41)$$

$$h_i^-, h_k^+ \geq 0 \quad i = 1, \dots, m; k = 1, \dots, s \quad (3-42)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3-43)$$

$$\theta_o \text{ libre} \quad (3-44)$$

Observamos que la restricción adicional (3-62) que aparece en el dual de este modelo obliga a que la proyección de la unidad se realice sobre el hiperplano que forman las unidades más productivas de su tamaño. Para este caso, existirán unidades que no eran eficientes en el anterior modelo de retornos de escala constante, pero que en este nuevo modelo si son tomados como eficientes. Por esta razón, la frontera eficiente en BCC está formada por más unidades que en el modelo CCR.

Además, este modelo es considerado con orientación de entrada por que la reducción radial solo es permitida para las entradas. El conjunto de los puntos admisibles en el problema serán los elementos del conjunto T_{VRS} y su frontera eficiente que es cualquier punto perteneciente a la envolvente proyectándose sobre sí mismo.

3.4.2 Modelo BCC-OUTPUT.

Este modelo fue desarrollado por Banker, Charnes y Cooper (1984). En la literatura podemos ver varios trabajos que se han realizado con este modelo como por ejemplo Londoño & Giraldo (2011), Caballero et al (2015), Da Silveira et al (2012), entre otros. El BCC relaja el supuesto de retornos constantes a escala considerado en el modelo CCR y brinda la posibilidad de que las DMU presenten retornos variables a escala. La formulación dual del modelo BCC orientado a entradas es similar al modelo CCR, pero incluye una restricción adicional que analizaremos a continuación.

$$MAX \quad \gamma_o + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m h_i^- + \sum_{k=1}^s h_k^+ \right) \quad (3-45)$$

s.a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = x_{io} - h_i^- \quad i = 1, \dots, m \quad (3-46)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj} = \lambda_o y_{ko} + h_k^+ \quad k = 1, \dots, s \quad (3-47)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (3-48)$$

$$h_i^-, h_k^+ \geq 0 \quad i = 1, \dots, m; k = 1, \dots, s \quad (3-49)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad (3-50)$$

$$\theta_o \text{ libre} \quad (3-51)$$

Se tiene como frontera eficiente la misma que en el ejemplo del modelo BCC-INPUT. Las proyecciones se realizan amplificando de forma radial las salidas y si es necesario como en el caso de la DMU_7 se proyectan de forma rectangular. Todas las consideraciones hechas en los modelos anteriores son similares.

3.5 Entradas y salidas no discretionales

Adicionalmente, es importante definir el concepto de entrada y salida no discrecional, partiendo de la definición de variables discretionales, que son las entradas o salidas que pueden modificarse para alcanzar la frontera eficiente. Las entradas y salidas no discretionales son variables que no pueden modificarse y serán los mismos valores al final del estudio, cabe destacar que para definir a una variable como no discrecional entre en juego la forma de medir dichas variables y el caso de estudio, por esta razón, el autor definirá si los datos son o no discretionales. Un ejemplo de dato no discrecional es la superficie de un país, ya que este no puede modificarse. En multitud de problemas reales ocurre que los recursos son extrínsecos a la unidad productiva, y ésta no puede controlar el nivel que se consume. De igual manera se encuentran problemas donde las salidas están fijadas y no pueden ser variadas. Sería deseable implantar este aspecto en los modelos. Una forma de realizarlo es la que se expone a continuación. Primero se divide el conjunto de entradas y salidas en otros dos subconjuntos de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} I &= I_D \cup I_{ND} \\ O &= O_D \cup O_{ND} \end{aligned}$$

El subíndice D indica el conjunto discrecional (en el cual se pueden variar las entradas o salidas) mientras que el subíndice ND indica el conjunto no discrecional (entradas o salidas invariables).

Introduciendo al modelo quedaría de la siguiente forma (para el caso CCR-INPUT)

$$\text{Min } \theta_o - \varepsilon \left(\sum_{i \in I_D} h_i^- + \sum_{k \in O_D} h_k^+ \right) \quad (3-52)$$

s.a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} = \theta_o x_{io} - h_i^- \quad \forall i \in I_D \quad (3-53)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj} = y_{ko} + h_k^+ \quad \forall k \in O_D \quad (3-54)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{io} \quad \forall i \in I_{ND} \quad (3-55)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj} \leq y_{ko} \quad \forall k \in O_{ND} \quad (3-56)$$

$$h_i^-, h_k^+, \lambda_j \geq 0 \quad (3-57)$$

$$\theta_o \text{ libre} \quad (3-58)$$

La variable θ_o no afecta a las entradas no discretionales. Como las únicas holguras que son maximizadas en la función objetivo son las del conjunto discrecional. Esto significa que no se hace proyección radial ni rectangular de los recursos o productos que no se pueden modificar.

3.6 Aplicaciones DEA en países (eficiencia productiva).

Se han realizado muchos estudios relacionados con la medición de la eficiencia productiva en varios países usando la metodología DEA. A continuación, analizaremos estos estudios y cuáles son las entradas y salidas que se utilizaron en los diferentes modelos.

Montoya & Soto (2010) muestran en su trabajo los resultados de la medición de la eficiencia técnica, evaluando el desempeño productivo dada la cantidad de insumos con que cuentan. Este estudio se realizó en los departamentos de la región del eje cafetero y los departamentos de Antioquia, Tolima y Valle del Cauca en Colombia, aplicando el modelo DEA Windows análisis O-V, orientado en salidas. Tenido como resultado que los 3 departamentos mencionados son más eficientes en relación a los del eje cafetero.

Por otra parte, Grilo & Santos (2015) desarrolla un modelo basado en la metodología de análisis envolvente de datos (DEA), usando específicamente el modelo BCC, que permite a las empresas de nuevas tecnologías evaluar y mejorar la eficiencia de su manejo, para poder elevar su productividad. El modelo se aplicó a una muestra de con 13 empresas de nuevas tecnologías. Donde, finalmente se concluyó que las empresas ineficientes invierten excesivamente en investigación y desarrollo, por otra parte, todas las empresas del estudio tienen un crecimiento de productividad en el periodo que se realizó el trabajo.

En el siguiente trabajo, realizado por Martínez et al (2003) propone un estudio de la eficiencia de las empresas de servicios avanzados ubicadas en el Principado de Asturias. En este estudio se midió la eficiencia técnica de estos servicios, ya que los servicios avanzados eficientes resultan ser fundamentales para el desarrollo y crecimiento económico. La técnica utilizada ha sido un análisis DEA en el que se ha empleado el modelo BCC orientada en salidas.

La siguiente investigación realizada por Martinez & Pico (2013) tiene como objetivo determinar la eficiencia y la productividad del comercio del sector manufacturero entre Venezuela y el Mercosur durante el 1999-2009. Las unidades de decisión (DMUs) fueron representadas por Venezuela, Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay. La técnica de análisis de datos utilizada, fue un modelo BCC con rendimientos de escala crecientes. Los resultados indican que Venezuela muestra ineficiencia técnica de insumos con tendencia descendente; Brasil y Paraguay se destacan debido al uso eficiente de recursos.

Din et al (2007) en su trabajo ha examinado la eficiencia del sector manufacturero a gran escala de Pakistán utilizando dos técnicas: el análisis de frontera estocástica y el análisis envolvente de datos. Los resultados son dispares a nivel desagregado: mientras que la mayoría de los grupos industriales

han ganado en términos de eficiencia técnica, algunas industrias han mostrado deterioro en sus niveles de eficiencia, incluyendo, por ejemplo, equipos de transporte, productos de vidrio, otros no metálicos, productos minerales y otros. Estos hallazgos están ampliamente respaldados por el análisis envolvente de datos, lo que brinda una medida de solidez.

El siguiente artículo realizado por Skuflic et al (2013), analiza el modelo de crecimiento económico en tres años diferentes con el fin de determinar los factores de crecimiento significativos en Croacia y los países de la UE más Turquía y Suiza (28 países Europeos) en los años 2000, 2004 y 2008. Los países que han aplicado un modelo de crecimiento eficiente y los que no lo han hecho se distinguen mediante DEA. Según los resultados obtenidos, Croacia tenía la peor clasificación en cuanto a eficiencia conseguida.

Pumisacho & Alvarado (2018) en su trabajo evalúan la eficiencia y productividad en pymes ecuatorianas pertenecientes a sectores de manufactura en el período 2010-2015. El análisis de eficiencia ha sido realizado a través del análisis envolvente de datos (DEA), usando el modelo BBC-INPUT y la evolución de la productividad ha sido evaluada mediante el índice de productividad de Malmquist (MPI). De acuerdo con los resultados alcanzados se observa ineficiencia en la mayoría de los sectores analizados y un cambio de productividad anual totalmente variable

El artículo realizado por Li et al (2010) establece el modelo C2 R y el modelo C2 GS2 de DEA, luego confirma los índices de entrada, transformación y salida de la evaluación de la eficiencia de la industria de alta tecnología utilizando el método DEA para tener una medida positiva de validez de la tecnología y escala a alta eficiencia input-output de la industria tecnológica en 30 provincias, ciudades y regiones. El resultado muestra que la eficiencia de insumo-producto de la industria de alta tecnología en la provincia de Hebei está por debajo de la eficiencia y los beneficios de escala son cada vez menores, por lo tanto, es urgente ajustar la estructura de insumos.

En el siguiente estudio presentado por Afonso & St. Aubyn (2013), para un conjunto de países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, que cubren el período 1970 a 2000, específicamente para 1970, 1980, 1990 y 2000. Se uso análisis envolvente de datos, con rendimientos variables a escala con orientación en salidas. Como resultado algunos países de la muestra, están cerca o en la frontera de la eficiencia (Portugal y España) y probablemente tengan perspectivas de crecimiento limitadas por su relativa escasez de capital humano.

El siguiente estudio realizado por Goto et al (2014) propone un nuevo uso de DEA como metodología para la evaluación unificada (operativa y ambiental). Una característica única del enfoque propuesto es que separa los productos en categorías deseables e indeseables. Para este estudio aplica las tres medidas de eficiencia a un conjunto de datos sobre industrias manufactureras y no manufactureras de

47 prefecturas de Japón, concluyendo que las industrias japonesas, examinadas en este estudio, deben realizar sus esfuerzos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y las sustancias contaminantes del aire mediante la inversión en activos de capital para la innovación tecnológica.

Tabla 3-1. Aplicaciones DEA en países (eficiencia productiva)

Referencia	País	Entradas	Salida
Montoya Suárez, O., & Soto Mejía, J. (2010).	Colombia	<ul style="list-style-type: none"> ○ Total, Activos ○ Consumo de energía ○ Consumo intermedio 	<ul style="list-style-type: none"> ○ PIB de los departamentos
Grilo, A., & Santos, J. (2015).	Portugal	<ul style="list-style-type: none"> ○ Costo de salarios ○ Inversión en investigación y desarrollo 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Total, de ventas ○ Portafolio de productos
Martínez Argüelles, S. R., Quindós Morán, M. P., & Rubiera Morollón, F. (2003)	España	<ul style="list-style-type: none"> ○ Número de empleados con titulación superior ○ Número de empleados sin titulación superior ○ Inversión realizada en la captación de nuevos clientes ○ Inversión en mejora de calidad 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Facturación de cada DMU
Martinez Caraballo, H., & Pico Ferrer, J. J. (2013)	Mercosur	<ul style="list-style-type: none"> ○ Capital ○ Mano de obra ○ Materia prima ○ Materiales y suministros ○ Insumos intermedios 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Total, Ventas ○ Cantidad de los productos o servicios generados ○ Valor agregado
Din, M., Ghani, E., & Mahmood, T. (2007)	Pakistán	<ul style="list-style-type: none"> ○ Stock de capital ○ Capital humano ○ Costos industriales ○ Costos no industriales 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Producción
Skuflic, L., Rabar, D., & Skrinjaric, B. (2013)	Croacia y Unión Europea	<ul style="list-style-type: none"> ○ Productividad ○ Exportaciones en el PIB 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Salarios brutos ○ Consumo personal en el PIB ○ PIB per cápita
Pumisacho, V. H., & Alvarado, K. M. (2018).	Ecuador	<ul style="list-style-type: none"> ○ Activos fijos ○ Gastos operacionales ○ Gastos de personal 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ingresos por ventas
Li, R., Wu, J., & Cui, H. (2010).	China	<ul style="list-style-type: none"> ○ Número medio de empleados ○ Precio de los activos fijos al final del año ○ Proporción de cobertura de equipos de control ○ Intensidad de entrada de técnicos ○ Densidad de entrada de fondos de la actividad científica 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Volumen fiscal de la persona promedio ○ Productividad laboral ○ Total, del valor de exportación ○ Número de patentes ○ Ventas de nuevos productos
Afonso, A., & St. Aubyn, M. (2013).	OECD countries	<ul style="list-style-type: none"> ○ Capital Público ○ Capital privado ○ Capital Humano 	<ul style="list-style-type: none"> ○ PIB por empleado
Goto, M., Otsuka, A., & Sueyoshi, T. (2014)	Japón	<ul style="list-style-type: none"> ○ Stock de Capital ○ Capital humano ○ Energía 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Producción bruta ○ Emisiones de contaminantes

Fuente: Elaboración propia

4 APLICACIÓN DEA EN ECUADOR

Un hombre solo tiene derecho a mirar a otro hacia abajo, cuando ha de ayudarlo a levantarse

Gabriel García Márquez

4.1 Introducción

Una vez analizados los diferentes modelos del análisis envolvente de datos (DEA) y estudiar cada uno de ellos a detalle en el capítulo anterior, se ha decidido analizar las entradas y salidas mediante escala de retorno constante (CRS), con el modelo CCR-Output desarrollado por Charnes et al (1978) para continuar con un análisis de retorno de escala variable (VRS), usando el modelo BCC-Output, desarrollado por Banker et al (1984). Estos modelos nos servirán para medir y analizar la eficiencia global, técnica y a escala de la producción total del Ecuador por provincias y por actividades económicas en el año 2018 y posteriormente realizar una comparativa con el año 2017, tendiendo como salida a la producción bruta y al valor agregado, de esta forma, se podrá identificar qué sector y qué provincias son más y menos eficientes.

4.2 Aplicación DEA por provincias.

La primera parte de este trabajo consiste en analizar las diferentes eficiencias (global, técnica y a escala) usando como unidades de decisión a las 24 provincias del Ecuador con información del Directorio de Empresas y Establecimientos (DIEE) del año 2018 del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) que tiene como propósito brindar información estadística exhaustiva y actualizada sobre empresas y establecimientos que sirven como marco muestral para encuestas económicas y sociales, a partir de registros administrativos que proporcionan información sobre el total de unidades económicas que durante un período fiscal registraron movimientos económicos de ventas, personal ocupado través de plazas de empleo registrado en la seguridad social y/o realizaron una declaración al RISE, desde una perspectiva territorial.

Esta primera parte del trabajo se concentra en el estudio de la eficiencia productiva en las 24 provincias del Ecuador, con la información del DIEE 2018 y datos extraídos del banco Central del Ecuador. En la siguiente tabla podemos apreciar las provincias y la cantidad de empresas que cada una posee.

Tabla 4-1. Provincias del Ecuador.

N.º	Provincia	Nro. Empresas 2018
1	Azuay	55588
2	Bolívar	11835
3	Cañar	16787
4	Carchi	11119
5	Chimborazo	28563
6	Cotopaxi	26508
7	El Oro	44559
8	Esmeraldas	21291
9	Galápagos	3407
10	Guayas	170363
11	Imbabura	30434
12	Loja	29388
13	Los Ríos	29693
14	Manabí	78682
15	Morona Santiago	7372
16	Napo	6710
17	Orellana	8066
18	Pastaza	6433
19	Pichincha	213550
20	Santa Elena	11670
21	Santo Domingo de los Tsáchilas	25935
22	Sucumbíos	11240
23	Tungurahua	42536
24	Zamora Chinchipe	7414

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1 Variables a utilizar en el primer y segundo modelo por provincias.

Después de la investigación realizada en el estado del arte, basándonos en la función de producción y partiendo como referencia a la Tabla 3-1, hemos concluido que gran parte de los autores coinciden en la elección de las entradas y salidas al evaluar la eficiencia productiva en diferentes países, ya sea para medir el crecimiento económico en algún sector estratégico o para analizar el crecimiento del producto interno bruto. Por tal razón se ha decidido usar 4 variables de entradas no discretionales: Número de empresas (NE), Capital Humano (CH), masa salarial (MS), Gasto en investigación y desarrollo (ID) y una variable discrecional: consumo intermedio (CI), por otro lado, existe una sola variable de salida discrecional denominada producción total bruta (PT) para analizar la eficiencia productiva por provincias.



Figura 4-1. DMU a utilizar con entradas y salidas. Modelo 1 y 2 por provincias.

Fuente: Elaboración propia.

Número de empresas: Esta variable representa a todas las empresas formalmente constituidas en el país, que se encuentran registradas en el servicio de Rentas Internas (SRI), que además tengan inscritos sus movimientos económicos de ventas, plazas de empleo y que pertenecen al Directorio de Empresas y Establecimientos (DIEE). Se va a empezar estudiando el año 2018, dónde, se cuenta con un total de 899.208 empresas activas. Se consideraron estas empresas, ya que cumplieron con alguna de las siguientes condiciones: declararon ventas en el Servicio de Rentas Internas (SRI); registraron plazas de empleo en el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS); o pagaron impuestos bajo el Régimen Impositivo Simplificado (RISE).

Tabla 4-2. DIEE 2018 por condición.

Grupo	Total	Porcentaje
a. Empresas RISE	391149	43.50%
b. Empresas solo con plazas de empleo registrado	389781	43.35%
c. Ventas y plazas de empleo registrado en actividades productivas	88828	9.88%
d. Empresas que registran solo ventas	25001	2.78%
e. Venta y plazas de empleo registrado en actividades no productivas	4449	0.49%
Total	899208	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Las empresas del grupo (a) son las que declararon impuestos bajo el RISE y que no declaran ventas ni registran plazas de empleo. Las empresas del grupo (b) solo tienen plazas de empleo registrado, estas empresas en su mayoría son microempresas y pequeñas empresas cuyos ingresos no superan la base y por tanto no están obligadas a declarar el Impuesto a la Renta en el SRI. Las empresas del grupo (c) son aquellas que reportaron información de ventas y plazas de empleo, además que son parte de las

actividades productivas. Las empresas que pertenecen al grupo (d) presentan solo información de ventas, son microempresas y pequeñas empresas unipersonales o familiares, donde se registran ingresos de forma no constante y su flujo es irregular, como en los sectores de la construcción, comercio minorista e inmobiliarias, que por su naturaleza no necesariamente registran plazas de empleo. Por último, las empresas del grupo (e) cuentan con información de ventas y plazas de empleo registrado dentro de las actividades no productivas.

Plazas de empleo registrados: Esta variable hace referencia al total de empleo registrado que las empresas del universo DIEE declararon en el IESS en el año 2018, registrando un total de 3,01 millones de plazas de empleo registrado, 72.743 plazas de empleo registrado más en comparación al año 2017. En la siguiente tabla podremos observar cómo evoluciona esta variable desde el 2006 hasta el 2018.

Tabla 4-3. Plazas y variación de empleo registrado 2006-2018.

Año	Plazas registradas	Variación en plazas de empleo	Variación porcentual
2006	1360985	-	-
2007	1472494	111509	8.19%
2008	1676715	204221	13.87%
2009	1827293	150578	8.98%
2010	2055579	228286	12.49%
2011	2413635	358056	17.42%
2012	2718261	304626	12.62%
2013	2932753	214492	7.89%
2014	3085502	152749	5.21%
2015	3093463	7961	0.26%
2016	2936532	-156931	-5.07%
2017	2940439	3907	0.13%
2018	3013182	72743	2.47%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4-3 podemos apreciar que existe un incremento sostenido desde el 2006 al 2015, llegando a alcanzar las 3093463 plazas de empleo. Pero, en el año 2016 el número de plazas de empleo decreció en 156931 que representó un -5.07% en relación al 2015. Ya en el año 2017 se puede mirar que existe una recuperación del 0.13% que corresponde a 3907 plazas de empleo adicionales al año anterior. Ya para el año 2018 podemos observar que existe una tendencia al crecimiento con un 2.47% en relación al 2017, llegando a 3013182 plazas de empleo registradas.

Masa Salarial (dólares): Es la suma total de remuneraciones en dólares satisfechas por las empresas activas en el directorio de empresas a sus empleados en el año de estudio.

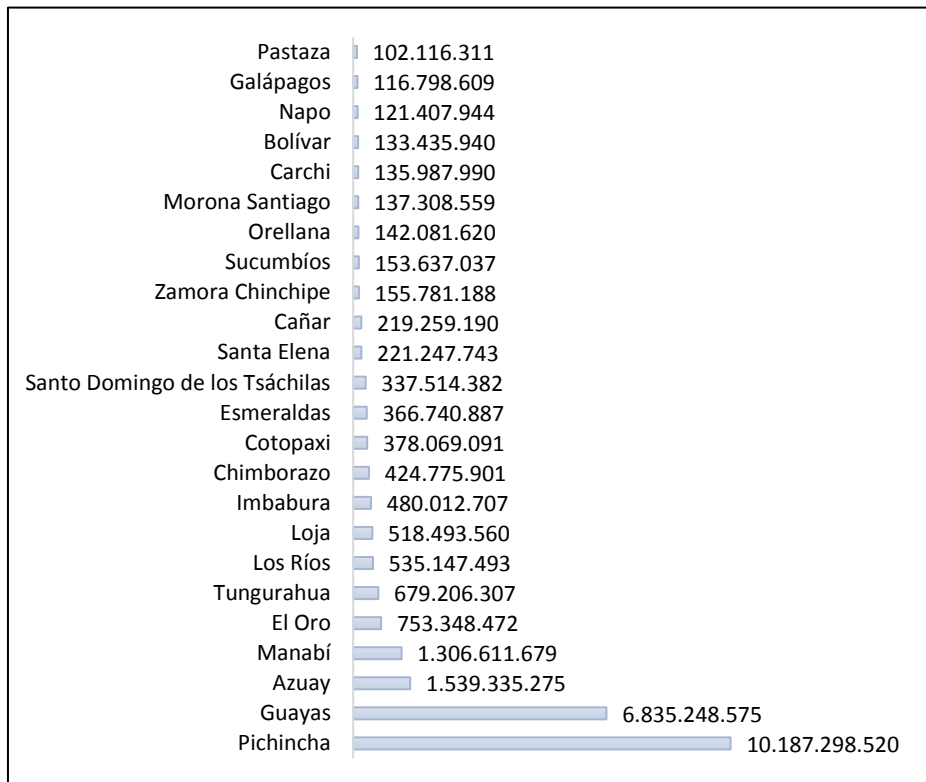


Figura 4-2. Masa salarial por provincias.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4-2 expuesta, podemos observar que las provincias que contienen la mayor masa salarial son las provincias de Pichincha, Guayas, Azuay, Manabí y El oro con un 79.36% del total del país.

Gasto en Investigación y desarrollo (dólares): Esta variable se refiere a los recursos que destina cada provincia a la investigación y planificación de nuevos conocimientos en los aspectos técnicos y científicos expresados en dólares. El gasto en I+D comprende solo el reportado por las unidades de análisis de la Encuesta de Ciencia y Tecnología del INEC. Estos gastos son todos aquellos relacionados con la investigación científica, es decir, en esta variable están incluidos los gastos relacionados a los proyectos de investigación y desarrollo, desarrollo de nuevos productos, gastos de personal en esta área, compras de materias primas y suministros y gastos de transportes y almacenamiento.

Consumo Intermedio (dólares): Esta variable se define como el valor de los bienes y servicios utilizados y usados como insumos en un procesos o línea de producción expresados en dólares. Estos bienes o servicios pueden transformarse o consumirse en el proceso productivo. Por esta razón, en Ecuador estas materias primas pueden pasar por varios procesos de transformación y se incorporan en los productos; por ejemplo, el grano de maíz puede transformarse en harina, que a su vez puede transformarse en pan. Otros insumos son consumidos o usados en su totalidad, por ejemplo, la electricidad y la mayoría de los servicios.

De esta forma para nuestro estudio usaremos la siguiente fórmula de consumo intermedio.

$$\text{Consumo Intermedio} = \text{total insumos} + \text{gastos operacionales} \quad (4-1)$$

Dónde, total de insumos corresponde a todos los bienes no duraderos que cada organización en cada provincia ha utilizado para elaborar productos o para la ejecución de servicios. Gastos operacionales, son costos que la empresa realiza en la obtención de servicios o insumos de oficina, para el buen funcionamiento de cada organización.

Producción Total (dólares): Esta variable hace referencia a la producción registrada en las cuentas provinciales, cuando se produce o se obtiene, no cuando la paga el comprador, y la venta de un activo se registra cuando se transfiere la propiedad del activo, no cuando se realiza el pago correspondiente, los datos de esta variable están representados en dólares. Como estudiamos en el punto 2.2 y según los datos del Banco central del Ecuador, más de la mitad de la producción Nacional se originan en dos provincias, Guayas y Pichincha. Gracias a estas cuentas, podemos conocer la participación de cada provincia en las actividades económicas más relevantes del país, de igual forma podemos conocer la estructura productiva, que nos servirá para analizar de mejor manera la eficiencia productiva en Ecuador.

La producción bruta nacional para el año 2018 fue de \$178033 millones, además, de la producción bruta total Nacional, cabe destacar que el 60% aproximado corresponde a las 3 provincias más grandes del Ecuador que son, las provincias de Guayas (27.5%) con 48.939 millones de dólares, Pichincha (26%) con 46.320 millones de dólares y Manabí (6.2%) con 10.970 millones de dólares. Por lo tanto, las 21 provincias restantes generan el 40% de producción bruta total del país con un total de 71805 millones de dólares. Véase figura 2-5.

4.2.2 Formulación del primer y segundo modelo por provincias.

Una vez establecidas las variables, procedemos a elaborar el modelo con su datos, variables y restricciones.

Datos:

n	Número de provincias (DMU)
$j = 1, 2, \dots, n$	Índice para las provincias
NE_j	Empresas consumidas por la <i>provincia</i> _{j}
CH_j	Capital humano consumido por la <i>provincia</i> _{j}
MS_j	Masa salarial consumida por la <i>provincia</i> _{j}
ID_j	Gasto en investigación y desarrollo consumido por la <i>provincia</i> _{j}
CI_j	Consumo intermedio consumido por la <i>provincia</i> _{j}

PT_j	Producción total producida por la <i>provincia</i> _{<i>j</i>}
Variables:	
λ_j	Vector proyección de la <i>provincia</i> _{<i>j</i>}
γ_o	Amplificación radial de las salidas para proyectarse a la frontera eficiente

Primer modelo CCR-OUTPUT con entradas y salidas discretionales y no discretionales

$$MAX \quad \gamma_o + \varepsilon(h_{CI}^- + h_{PT}^+) \quad (4-2)$$

s.a:

$$\sum_{j=1}^{24} \lambda_j NE_j \leq NE_o \quad (4-3)$$

$$\sum_{j=1}^{24} \lambda_j CH_j \leq CH_o \quad (4-4)$$

$$\sum_{j=1}^{24} \lambda_j MS_j \leq MS_o \quad (4-5)$$

$$\sum_{j=1}^{24} \lambda_j ID_j \leq ID_o \quad (4-6)$$

$$\sum_{j=1}^{24} \lambda_j CI_j = CI_o - h_{CI}^- \quad (4-7)$$

$$\sum_{j=1}^{24} \lambda_j PT_j = \gamma_o PT_o + h_{PT}^+ \quad (4-8)$$

$$h_{CI}^-, h_{PT}^+, \lambda_j \geq 0 \quad (4-9)$$

$$\gamma_o \text{ libre} \quad (4-10)$$

Segundo modelo BCC-OUTPUT con entradas y salidas discretionales y no discretionales.

Como observamos en el punto 3.6.2, para el modelo BCC-OUTPUT añadimos una restricción adicional al modelo anteriormente expuesto.

$$\sum_{j=1}^{24} \lambda_j = 1 \quad (4-11)$$

4.2.3 Variables a utilizar en el tercer y cuarto modelo por provincias.

Como mencionamos anteriormente y según la literatura revisada en el capítulo anterior, nuestro trabajo tiene como objetivo medir la eficiencia basándose en la producción total y el valor agregado, para de esta forma tener un mejor análisis de la productividad y del uso de recursos en el país. En este apartado analizaremos el modelo tanto CCR como BCC orientado a salidas referenciando al valor agregado como salida discrecional. Por tal razón se ha decidido usar 4 variables de entradas no discretionales: Número de empresas (NE), Plazas de empleo registrado (CH), masa salarial (MS), Gasto en investigación y desarrollo (ID), por otro lado, existe una sola variable de salida discrecional denominada Valor agregado (VA).



Figura 4-3. DMU a utilizar con entradas y Salidas. Modelo 3 y 4 por provincias.

Fuente: Elaboración propia.

Como las 4 variables de entrada ya se explicaron anteriormente, se describe la nueva variable de salida a continuación.

Valor agregado: Esta variable de salida se define como el valor de la producción, menos el valor de consumo intermedio. El valor agregado es una medida que contribuye al PIB en la economía de un país realizada por una unidad de producción, industria o sector. El 26% del valor agregado bruto del país proviene de la provincia de Guayas mientras que el 26% lo contribuye la provincia de Pichincha. Estas cifras son tomadas del Sistema de Estadísticas Regionales del BCE que contiene las cuentas de las 24 provincias. A partir de estas cuentas se podemos conocer la participación de cada provincia.

La fórmula del valor agregado se presenta a continuación.

$$\text{Valor agregado} = \text{Producción total} - \text{Consumo intermedio} \quad (4-12)$$

4.2.4 Formulación del tercer y cuarto modelo por provincias.

Datos:

n	Número de provincias (DMU)
$j = 1, 2, \dots, n$	Índice para las provincias
NE_j	Empresas consumidas por la <i>provincia</i> _{j}
CH_j	Capital humano consumido por la <i>provincia</i> _{j}
MS_j	Masa salarial consumida por la <i>provincia</i> _{j}
ID_j	Gasto en investigación y desarrollo consumido por la <i>provincia</i> _{j}
VA_j	Valor agregado producido por la <i>provincia</i> _{j}

Variables:

λ_j	Vector proyección de la <i>provincia</i> _{j}
γ_o	Amplificación radial de las salidas para proyectarse a la frontera eficiente.

Tercer modelo CCR-OUTPUT con entradas no discretionales y una salida discrecional

$$MAX \quad \gamma_o + \varepsilon(h_{VA}^+) \quad (4-13)$$

s.a:

$$\sum_{j=1}^{24} \lambda_j NE_j \leq NE_o \quad (4-14)$$

$$\sum_{j=1}^{24} \lambda_j CH_j \leq CH_o \quad (4-15)$$

$$\sum_{j=1}^{24} \lambda_j MS_j \leq MS_o \quad (4-16)$$

$$\sum_{j=1}^{24} \lambda_j ID_j \leq ID_o \quad (4-17)$$

$$\sum_{j=1}^{24} \lambda_j VA_j = \gamma_o VA_o + h_{VA}^+ \quad (4-18)$$

$$h_{VA}^+, \lambda_j \geq 0 \quad (4-19)$$

$$\gamma_o \text{ libre} \quad (4-20)$$

Cuarto modelo BCC-OUTPUT con entradas no discrecionales y una salida discrecional

Como observamos en el punto 3.6.2, para el modelo BCC-OUTPUT añadimos una restricción adicional al modelo anteriormente expuesto.

$$\sum_{j=1}^{24} \lambda_j = 1 \quad (4-21)$$

4.3 Aplicación DEA por actividades económicas.

La segunda parte de nuestro trabajo se basa en analizar las diferentes eficiencias (global, técnica y a escala) usando como unidades de decisión a 17 actividades económicas del Ecuador con información tomado de la Encuesta Estructural empresarial (ENESEM) del año 2018 realizado por el INEC. La ENESEM es una operación estadística de periodicidad anual, que permite medir la estructura y dinámica de las grandes y medianas empresas. De acuerdo con las recomendaciones y metodologías internacionales, muestra información relevante de los principales sectores económicos del país.

4.3.1 Variables a utilizar en el quinto y sexto modelo por actividades económicas.

Una vez realizada la investigación del estado del arte y teniendo como punto de partida la literatura de diferentes autores que observamos en el capítulo 3, se ha concluido que gran parte de los autores coinciden en la elección de las entradas y salidas al evaluar la eficiencia productiva en diferentes países, Por tal razón se ha decidido usar 5 variables de entradas no discrecionales: Número de empresas (NE), horas trabajadas mensuales (HT), Remuneraciones (MS), formación bruta de capital fijo (FBKF), stock de capital estimado (SCE) y 4 variables de entrada discrecionales: consumo intermedio (CI), valor total del combustibles y lubricantes (VCL), cantidad de energía eléctrica (CEE) y valor total de energía eléctrica (VEE), por otro lado, existe una sola variable de salida discrecional denominada producción total bruta (PT).



Figura 4-4. DMU a utilizar con entradas y Salidas. Modelo 6 y 7 por actividades económicas.

Fuente: Elaboración propia.

Número de empresas: Según la muestra realizada por el INEC y que consta en la ENESEM del año 2018 se registraron 13998 empresas grandes y medianas distribuidas por todas las actividades económicas a estudiar, también hay que destacar que existió un crecimiento del 2.2% con respecto al año 2017. Cabe destacar que la sección G (Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas) concentra el mayor número de empresas con el 51,8% del total. Mientras que; por tamaño, el 45.2% corresponde a las empresas medianas. La sección que tuvo un mayor crecimiento fue la sección E (Distribución de agua; alcantarillado, gestión de desechos y actividades de saneamiento), con una variación del 23.8%. La sección D (Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado) registro la disminución más relevante con 10%.

Tabla 4-4. Número y porcentaje de empresas por secciones de actividades económicas.

Sección	Número de empresas	Porcentaje
B	173	1.24%
C	1888	13.49%
D	36	0.26%
E	78	0.56%
F	790	5.64%
G	7251	51.80%
H	841	6.01%
I	328	2.34%
J	258	1.84%
K	55	0.39%
L	245	1.75%
M	716	5.12%
N	514	3.67%
P	347	2.48%
Q	332	2.37%
R	73	0.52%
S	73	0.52%

Fuente: Elaboración propia.

Total horas trabajadas mensuales (horas): Esta variable representa a las horas de trabajo en jornada normal más las horas extras que cada actividad económica, registro en sus cuentas, cabe destacar que esta es una variable no discrecional, ya que se pretende optimizar la producción Nacional con la misma cantidad de empleados registrados. Las empresas que forman parte de la investigación, emplean a un total de 1057286 personas en el año 2018, con un total de 230 millones de horas trabajadas y un promedio de 13 millones de horas trabajadas por secciones y mensualmente. La sección G y C son las actividades económicas que más horas han trabajado con 61 y 57 millones de horas respectivamente, representando el 26.5% y 21.1% del total de horas. Por otro lado, podemos acotar que las actividades económicas de las secciones K, R, L, S aportan con menos del 1% a las horas trabajadas nacionales.

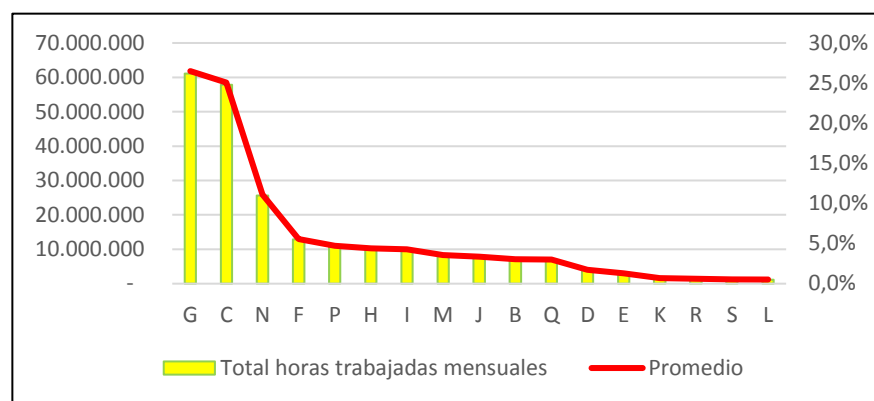


Figura 4-5. Horas trabajadas y porcentaje por secciones
Fuente: Elaboración propia.

Consumo intermedio (dólares): Esta variable se define como el valor de los bienes y servicios utilizados como insumos en un procesos o línea de producción expresados en dólares. Estos bienes o servicios pueden transformarse o consumirse en el proceso productivo. En el año 2018, el consumo intermedio tuvo un aumento de 4.5% con respecto al año anterior, llegando a \$ 60149 millones. Las empresas de la sección C tienen el mayor nivel de CI, con \$ 27131 millones, es decir, el 45.1% del total de todas las empresas; le siguió la sección G con \$ 7181 millones, una participación equivalente al 11.9%.

Formación bruta de capital fijo (dólares): La formación bruta de capital fijo (FBKF) es medida por el valor total de las adquisiciones menos las disposiciones de activos fijos efectuadas por la actividad económica durante el período contable, más otros gastos en servicios que pueden incrementar el valor de los activos no producidos en las empresas. En el 2018, la formación bruta de capital fijo (FBKF) fue de \$ 6.213 millones. Las secciones C y D son las que registran mayor formación bruta de capital fijo con \$ 3.623 millones, que representa el 58,3% del total y \$ 644 millones y una participación de 10,4% respectivamente. La FBKF está definida de la siguiente manera:

$FBCF = \text{Formación bruta de capital fijo.}$

$totadquisi = \text{Adquisición de activos fijos nuevos y usados.}$

$totdispos = \text{Disposición de activos fijos nuevos y usados.}$

$tcaf = \text{Total construcciones de activos fijos por cuenta propia.}$

$$FBCF = totadquisi - totdispos + tcaf \quad (4-22)$$

Stock de capital estimado (dólares): Esta es una variable no discrecional que se define como el valor el valor de los servicios provenientes de las fábricas, edificios, tecnología, equipos y otros capitales utilizados en el proceso de producción del PIB. Al no tener un valor referencial de esta variable, hemos analizamos el mismo mediante la depreciación, los años de amortización y tomando el FBKF del año en estudio.

Tabla 4-5. Número y porcentaje de empresas por secciones de actividades económicas.

Grupo de Activo fijo	Tiempo de vida útil estimado	% de depreciación deducible
Edificios	20 años	5%
Maquinaria y equipo	10 años	10%
Vehículos	5 años	20%
Instalaciones	10 años	10%
Muebles y máquinas de oficina	10 años	10%
Otros equipos	10 años	10%
Equipos de computación	3 años	33.33%

Fuente: Reglamento a la Ley de Régimen Tributario Interno. Art 25, N6, 2008.

Una vez analizado la tabla de amortización y depreciaciones, se procede a utilizar un valor (en años) medio estimado de amortización para todos los grupos de activos fijos, en este caso el valor promedio es de 9,7 años que redondeando nos da 10 años. Este valor de amortización será utilizado para todas las actividades económicas. A partir de esto, procedemos a usar la siguiente fórmula para el cálculo del stock de capital estimado:

SCE = Stock de capital estimado.

depr = depreciación.

amort = años de amortización

FBkF = Formación bruta de capital fijo

$$SCE = (depr * amort) + FBKF - depr \quad (4-23)$$

Las 3 últimas variables de entrada del modelo son discretionales y son las siguientes: **valor total del combustibles y lubricantes (dólares)**, **cantidad de energía eléctrica (Kwh)** y **valor total de energía eléctrica (dólares)**. Estas 3 variables son aportadas por el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y energías Renovables (INER) que utiliza la información de combustibles y lubricantes, así como la generación de energías renovables en el sector empresarial nacional, para consolidar anualmente el Balance Energético Nacional, herramienta fundamental para el monitoreo de la evolución de la generación y el consumo de energía en el Ecuador.

Producción total: Esta variable discrecional de salida nos muestra el grado de utilización de todos los factores que intervienen en el proceso de producción por actividades económicas. La producción de las empresas para el año 2018 se valoró en \$91356 millones, un 4.7% superior con respecto al 2017. Es importante agregar que el 36.6% de la producción total de las empresas se obtuvo de la sección C (Industrias manufactureras) con un valor de \$91356 millones, por otro lado, la sección B (Explotación de minas y canteras) presenta una variación del 22% respecto al 2017, siendo la mayor variación. Por último, la sección F (Construcción) con una variación de -19.4% es el mayor descenso. Se puede

observar en la Figura 2-2.

4.3.2 Formulación del quinto y sexto modelo por actividades económicas.

Una vez establecidas las variables, procedemos a elaborar el modelo con su datos, variables y restricciones.

Datos:

n	Número de provincias (DMU)
$j = 1, 2, \dots, n$	Índice para las actividades económicas
NE_j	Empresas consumidas por la <i>actividad económica</i> _{j}
HT_j	Horas trabajadas consumidas por la <i>actividad económica</i> _{j}
MS_j	Masa salarial consumida por la <i>actividad económica</i> _{j}
$FBKF_j$	Formación bruta de capital fijo consumido por la <i>actividad económica</i> _{j}
SCE_j	Stock de capital estimado consumido por la <i>actividad económica</i> _{j}
CI_j	Consumo intermedio consumido por la <i>actividad económica</i> _{j}
CEE_j	Cantidad de energía eléctrica consumida por la <i>actividad económica</i> _{j}
VEE_j	Valor total energía eléctrica consumida por la <i>actividad económica</i> _{j}
VCL_j	Valor total de combustibles y lubricantes consumido por la <i>actividad económica</i> _{j}
PT_j	Producción total producida por la <i>actividad económica</i> _{j}

Variables:

λ_j	Vector proyección de la <i>actividad económica</i> _{j}
γ_o	Amplificación radial de las salidas para proyectarse a la frontera eficiente

Quinto modelo CCR-OUTPUT con entradas y salidas discretionales y no discretionales

$$MAX \quad \gamma_o + \varepsilon(h_{CI}^- + h_{CEE}^- + h_{VEE}^- + h_{VCL}^- + h_{PT}^+) \quad (4-24)$$

s.a:

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j NE_j \leq NE_o \quad (4-25)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j HT_j \leq HT_o \quad (4-26)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j MS_j \leq MS_o \quad (4-27)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j FBKF_j \leq FBKF_o \quad (4-28)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j SCE_j \leq SCE_o \quad (4-29)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j CI_j = CI_o - h_{CI}^- \quad (4-30)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j CEE_j = CEE_o - h_{CEE}^- \quad (4-31)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j VEE_j = VEE_o - h_{VEE}^- \quad (4-32)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j VCL_j = VCL_o - h_{VCL}^- \quad (4-33)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j PT_j = \gamma_o PT_o + h_{PT}^+ \quad (4-34)$$

$$h_{CI}^-, h_{CEE}^-, h_{VEE}^-, h_{VCL}^-, h_{PT}^+, \lambda_j \geq 0 \quad (4-35)$$

$$\gamma_o \text{ libre} \quad (4-36)$$

Sexto modelo BCC-OUTPUT con entradas y salidas discretionales y no discretionales.

Como observamos en el punto 3.6.2, para el modelo BCC-OUTPUT añadimos una restricción adicional al modelo anteriormente expuesto.

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j = 1 \quad (4-37)$$

4.3.3 Variables a utilizar en el séptimo y octavo modelo por actividades económicas.

En este apartado analizaremos el modelo tanto CCR como BCC orientado a salidas referenciando al valor agregado como salida discrecional. Por ese motivo se ha decidido usar 5 variables de entradas no discretionales: Número de empresas (NE), horas trabajadas mensuales (HT), Remuneraciones (MS), formación bruta de capital fijo (FBKF), stock de capital estimado (SCE) y 3 variables de entrada discretionales: valor total del combustibles y lubricantes (VCL), cantidad de energía eléctrica (CEE)

y valor total de energía eléctrica (VEE), por otro lado, existe una sola variable de salida discrecional denominado Valor agregado (VA)



Figura 4-6. DMU a utilizar con entradas y Salidas. Modelo 7 y 8 por actividades económicas.

Fuente: Elaboración propia.

Como las variables de entrada ya se explicaron anteriormente, se describe la nueva variable de salida a continuación.

Valor agregado: Esta variable de salida discrecional corresponde a la diferencia entre la producción y el consumo intermedio con un valor de \$ 31207 millones en él 2018, un 5.1% mayor que el año 2017. Las actividades económicas Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas, Explotación de minas y canteras e Industrias manufactureras generaron el mayor valor agregado, con participaciones del 22.2%, 20.5% y 20.1% respectivamente. Véase Figura 2-3.

4.3.4 Formulación del séptimo y octavo modelo por actividades económicas.

Una vez establecidas las variables, procedemos a elaborar el modelo con su datos, variables y restricciones.

Datos:

n	Número de provincias (DMU)
$j = 1, 2, \dots, n$	Índice para las actividades económicas
NE_j	Empresas consumidas por la <i>actividad económica</i> _j
HT_j	Horas trabajadas consumidas por la <i>actividad económica</i> _j
MS_j	Masa salarial consumida por la <i>actividad económica</i> _j
$FBKF_j$	Formación bruta de capital fijo consumido por la <i>actividad económica</i> _j
SCE_j	Stock de capital estimado consumido por la <i>actividad económica</i> _j

CEE_j	Cantidad de energía eléctrica consumida por la <i>actividad económica</i> _{<i>j</i>}
VEE_j	Valor total energía eléctrica consumida por la <i>actividad económica</i> _{<i>j</i>}
VCL_j	Valor total de combustibles y lubricantes consumido por la <i>actividad económica</i> _{<i>j</i>}
VA_j	Valor agregado por la <i>actividad económica</i> _{<i>j</i>}
Variables:	
λ_j	Vector proyección de la <i>actividad económica</i> _{<i>j</i>}
γ_o	Amplificación radial de las salidas para proyectarse a la frontera eficiente

Séptimo modelo CCR-OUTPUT con entradas y salidas discretionales y no discretionales

$$MAX \quad \gamma_o + \varepsilon(h_{CEE}^- + h_{VEE}^- + h_{VCL}^- + h_{VA}^+) \quad (4-38)$$

s.a:

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j NE_j \leq NE_o \quad (4-39)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j HT_j \leq HT_o \quad (4-40)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j MS_j \leq MS_o \quad (4-41)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j FBKF_j \leq FBKF_o \quad (4-42)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j SCE_j \leq SCE_o \quad (4-43)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j CEE_j = CEE_o - h_{CEE}^- \quad (4-44)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j VEE_j = VEE_o - h_{VEE}^- \quad (4-45)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j VCL_j = VCL_o - h_{VCL}^- \quad (4-46)$$

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j VA_j = \gamma_o VA_o + h_{VA}^+ \quad (4-47)$$

$$h_{CE}^-, h_{VEE}^-, h_{VCL}^-, h^+, \lambda_j \geq 0 \quad (4-48)$$

$$\gamma_o \text{ libre} \quad (4-49)$$

Octavo modelo BCC-OUTPUT con entradas y salidas discretionales y no discretionales.

Como observamos en el punto 3.6.2, para el modelo BCC-OUTPUT añadimos una restricción adicional al modelo anteriormente expuesto.

$$\sum_{j=1}^{17} \lambda_j = 1 \quad (4-50)$$

5 RESOLUCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

*La mayor gloria no es nunca caer, sino levantarse
siempre*

Nelson Mandela

Una vez analizado todo el marco teórico de nuestro estudio, procedemos a resolver el caso práctico de nuestro trabajo, mediante la aplicación DEA, utilizando retornos de escala constantes (CRS) y variables (VRS) enfocados en las salidas. Así, obtendremos las eficiencias globales, técnicas y de escala, tanto por las 24 provincias como de las 17 actividades económicas estratégicas del Ecuador, para posteriormente analizar los resultados logrados del estudio.

5.1 Resolución modelos por provincias.

5.1.1 Resolución del primer modelo (CCR-OUTPUT).

Una vez obtenidos los datos de salidas y entradas como podemos ver en los Anexos Tabla A1, procedemos a ingresar los datos en la herramienta EMS (Efficiency Measurement Software), Obteniendo los siguientes resultados. En este primer modelo analizaremos la eficiencia de cada provincia, teniendo como referencia la producción total de cada una.

Tabla 5-1. Eficiencias globales provincias del Ecuador 2018 primer modelo (CRS).

DMUs	Eficiencia
Orellana	100.00%
Morona Santiago	100.00%
Los Ríos	100.00%
Zamora Chinchipe	100.00%
Cañar	98.90%
Carchi	98.77%
Santo Domingo de los Tsáchilas	94.87%
Galápagos	94.76%
Loja	94.40%
Bolívar	94.23%
Sucumbíos	92.80%
Pastaza	91.98%
El Oro	90.88%
Pichincha	90.84%
Guayas	90.11%
Imbabura	89.46%
Cotopaxi	88.52%
Esmeraldas	88.40%
Chimborazo	87.68%
Tungurahua	86.45%
Manabí	85.38%
Azuay	84.33%
Santa Elena	83.82%
Napo	81.11%
Promedio	91.99%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior y gracias a la herramienta EMS, podemos observar que existen 4 unidades eficientes. La provincia de Orellana es la provincia más eficiente seguida por las provincias de Morona Santiago, Los Ríos y Zamora Chinchipe, por lo tanto, estas provincias tienen una eficiencia del 100%. Por otro lado, las provincias de Azuay, Santa Elena y Napo, son las provincias que están por debajo del 85% de eficiencia global siendo la provincia del Napo la más ineficiente con 76.72%. Analizando la media de todas las provincias, Ecuador tiene un promedio de 91.99% de eficiencia global, donde solo el 16.7% de provincias son eficientes (4 provincias), mientras que el 83.3% restante de las provincias (20 provincias) se encuentra entre un 81% a 98% de eficiencia global. El punto de referencia más alto es la provincia de Los Ríos con 18 unidades que se acercan a este punto eficiente, como podemos ver en el Anexo Tabla A3.

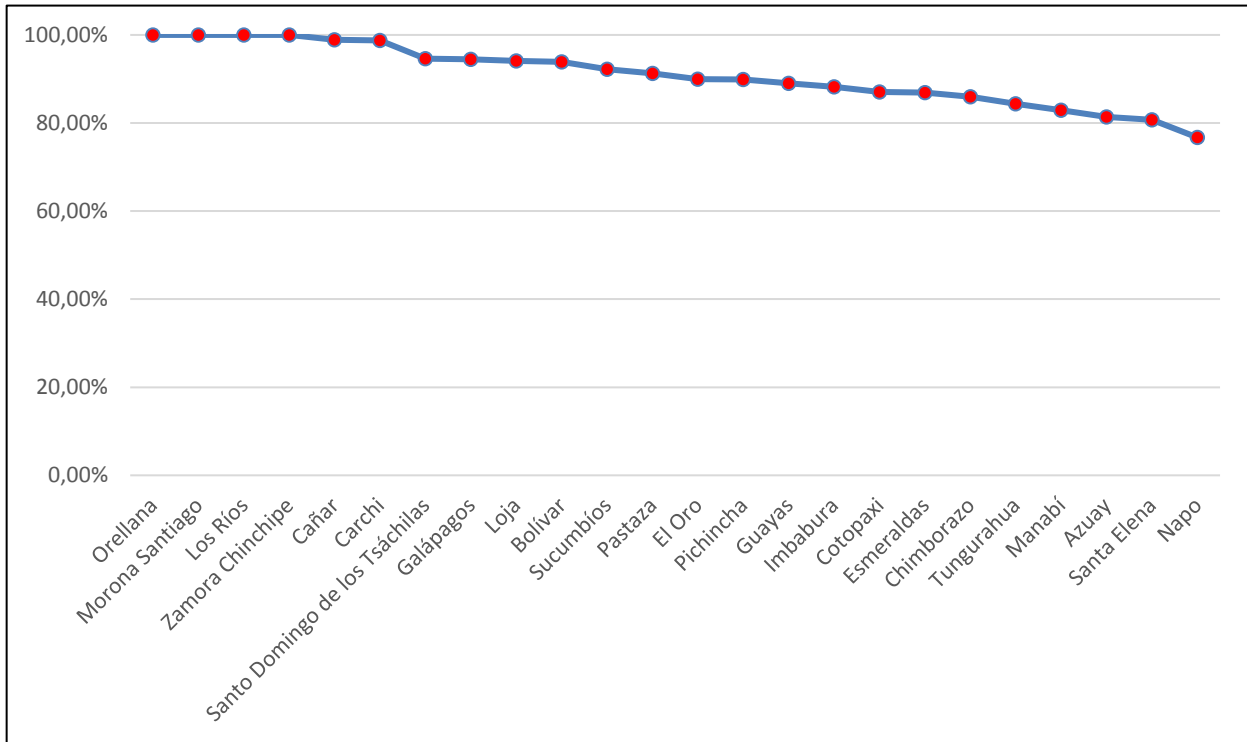


Figura 5-1. Eficiencias globales por provincias 2018 primer modelo CRS.

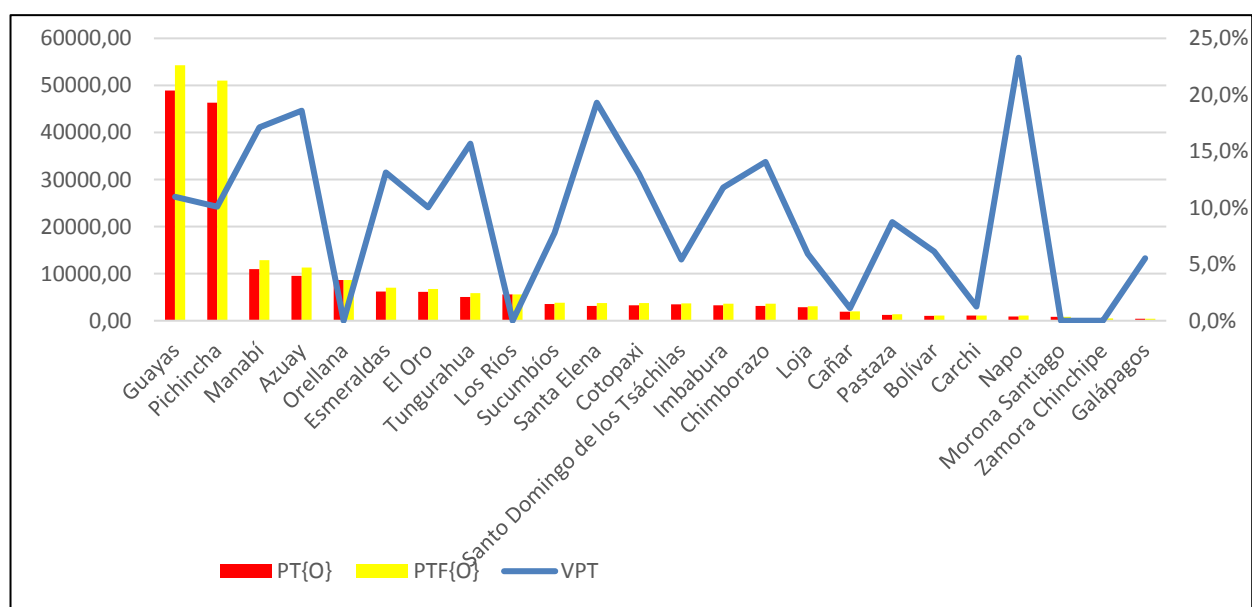
Fuente: Elaboración propia.

De igual forma, como estudiamos en el capítulo anterior en este modelo solo analizamos una entrada y una salida discrecional. Como este modelo es CRS y orientado a salidas, observamos que la variación en la entrada Consumo intermedio no cambia en ninguna provincia, excepto en la provincia de Cañar y Esmeraldas. En la primera reduciendo en un 8.7% y en la segunda en 1.2%. Esto se da para que cada DMU alcance la frontera eficiente.

En cuanto a la salida (producción total), podemos mirar que hay una variación promedio de 9.1% que representa un crecimiento de 18849 millones de dólares. Las variaciones en cuanto a porcentaje más representativas se dan en las provincias menos eficientes, Manabí, Azuay, Santa Elena y Napo con un 17.1%, 18.6%, 19.3% y 23.3% respectivamente. Por otra parte, las provincias que más aumentaron su salida en cantidad de dólares son las que más producen, pero no precisamente las más eficientes ni la menos eficientes: Guayas con un aumento de 5372 millones de dólares y variación de 11%, Pichincha con 4672 millones de dólares y variación de 10.1% y Manabí con 1877 millones y su variación de 17.1%.

Tabla 5-2. Resultados y variación de la salida discrecional por provincias primer modelo (CRS).

DMU	Inicial		Resultado		Variación	
	CI{I}	PT{O}	CI{I}	PTF{O}	VCI	VPT
Orellana	3965.82	8630.15	3965.82	8630.15	0.0%	0.0%
Morona	305.31	813.18	305.31	813.18	0.0%	0.0%
Los Ríos	2018.37	5575.47	2018.37	5575.47	0.0%	0.0%
Zamora	170.51	472.93	170.51	472.93	0.0%	0.0%
Cañar	874.45	1939.64	798.11	1961.28	8.7%	1.1%
Carchi	412.54	1076.51	412.54	1089.91	0.0%	1.2%
Santo Domingo	1446.01	3483.69	1446.01	3672.06	0.0%	5.4%
Galápagos	157.11	411.64	157.11	434.42	0.0%	5.5%
Loja	1101.51	2876.06	1101.51	3046.70	0.0%	5.9%
Bolívar	403.84	1042.81	403.84	1106.70	0.0%	6.1%
Sucumbíos	1682.02	3570.05	1682.02	3847.00	0.0%	7.8%
Pastaza	537.46	1251.30	537.46	1360.40	0.0%	8.7%
El Oro	2551.33	6122.18	2551.33	6736.75	0.0%	10.0%
Pichincha	19747.99	46319.63	19747.99	50991.86	0.0%	10.1%
Guayas	22301.56	48938.69	22301.56	54311.57	0.0%	11.0%
Imbabura	1310.73	3241.13	1310.73	3623.00	0.0%	11.8%
Cotopaxi	1351.06	3303.92	1351.06	3732.47	0.0%	13.0%
Esmeraldas	3131.39	6218.22	3093.92	7034.06	1.2%	13.1%
Chimborazo	1303.38	3157.83	1303.38	3601.60	0.0%	14.1%
Tungurahua	2204.90	5070.94	2204.90	5865.45	0.0%	15.7%
Manabí	4906.90	10969.52	4906.90	12847.18	0.0%	17.1%
Azuay	4201.75	9545.12	4201.75	11318.88	0.0%	18.6%
Santa Elena	1591.40	3139.28	1591.40	3745.34	0.0%	19.3%
Napo	400.04	863.41	400.04	1064.44	0.0%	23.3%
Total	78077.38	178033.34	77963.58	196882.80	-	-
Promedio	3253.22	7418.06	3248.48	8203.45	0.4%	9.1%



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-2. Variación de Eficiencias globales por provincias 2018 primero modelo CRS.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Resolución del segundo modelo (BCC-OUTPUT).

Una vez obtenidos los datos de salidas y entradas como podemos ver en el Anexo Tabla A1, procedemos a ingresar los datos en la herramienta EMS (Efficiency Measurement Software), obteniendo los siguientes resultados. Teniendo como referencia la producción total.

Tabla 5-3. Eficiencias técnicas provincias del Ecuador 2018 segundo modelo (VRS).

DMU	Promedio
Orellana	100.00%
Guayas	100.00%
Los Ríos	100.00%
Pichincha	100.00%
Cañar	100.00%
Carchi	100.00%
Bolívar	100.00%
Galápagos	100.00%
Morona Santiago	100.00%
Napo	100.00%
Pastaza	100.00%
Zamora Chinchipe	100.00%
Santo Domingo de los Tsáchilas	97.44%
El Oro	97.06%
Manabí	96.82%
Loja	94.49%
Sucumbíos	93.51%
Tungurahua	92.35%
Esmeraldas	91.97%
Azuay	91.77%
Imbabura	89.50%
Cotopaxi	88.87%
Chimborazo	87.69%
Santa Elena	84.13%
Promedio	96.07%

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar, en este modelo el 50% de las provincias son eficientes, aumentando considerablemente las DMUs eficientes con el modelo CRS anterior. En este caso la provincia de Orellana sigue siendo la provincia que presenta mayor supereficiencia, mientras que le acompañan las provincias de Guayas, Los ríos y Pichincha. Las provincias más ineficientes en este caso son Imbabura con 89.5%, Cotopaxi con 88.87%, Chimborazo con 87.69% y Santa Elena con un 84.13%. En este modelo BCC con orientación de salida se obtuvo un 96.7% de eficiencia como media general ya que 12 provincias se encuentran en la frontera eficiente. El punto de referencia más alto es la provincia de Los Ríos con 11 unidades que se acercan a este punto, como podemos ver en el Anexo Tabla A5.

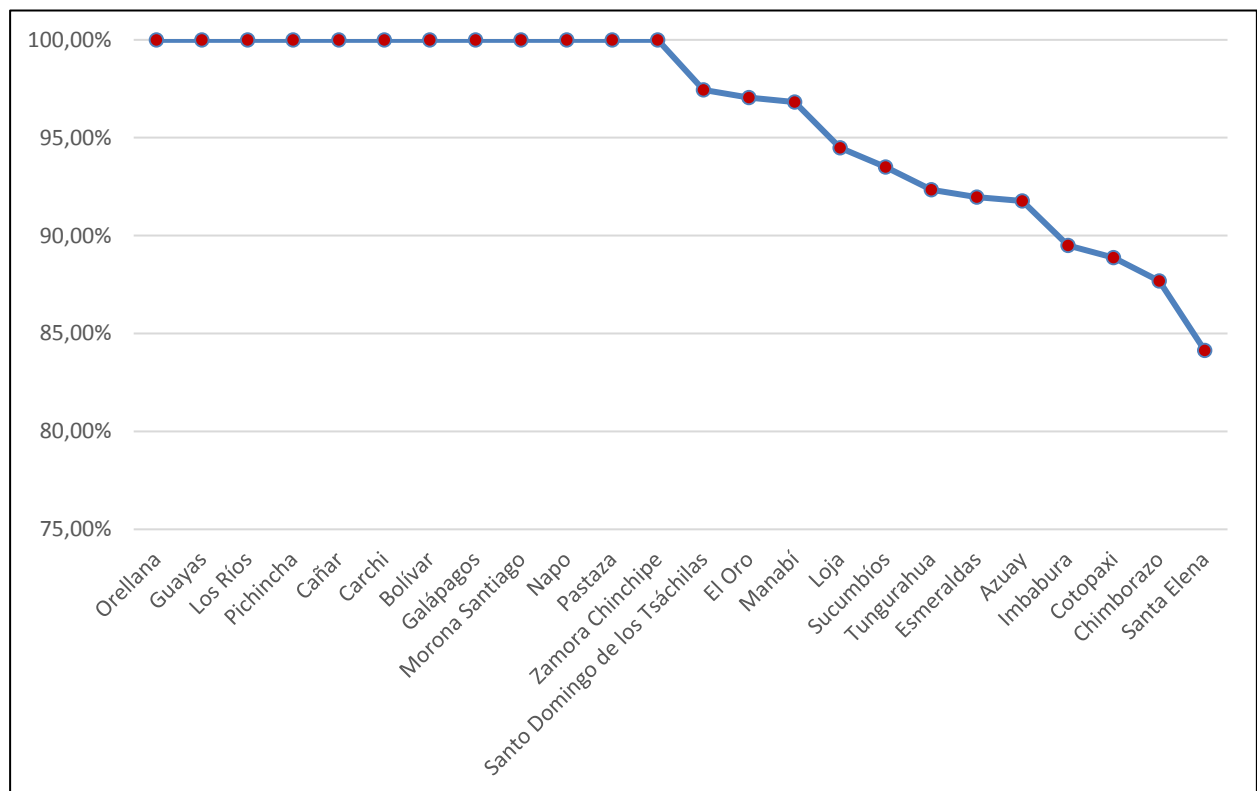


Figura 5-3. Eficiencias técnicas por provincias 2018 segundo modelo VRS.

Fuente: Elaboración propia.

Además, como estudiamos en el capítulo anterior en este modelo solo analizamos una entrada y una salida ya que están son discretionales. Al estudiar la entrada de Consumo intermedio, nos damos cuenta que no varían en cuanto a sus resultados, por otro lugar, la salida de producción total en este modelo BCC tiene un promedio de 4% en su variación., la cual representa 470145 millones de dólares.

Tabla 5-4. Resultados y variación de la salida discrecional por provincias segundo modelo VRS.

DMU	Inicial	Final	Variación
	PT{O}	PT{O}	PT{O}
Orellana	8630.15	8630.14	0.00%
Guayas	48938.69	48938.69	0.00%
Los Ríos	5575.47	5575.47	0.00%
Pichincha	46319.63	46319.63	0.00%
Cañar	1939.64	1939.64	0.00%
Carchi	1076.51	1076.51	0.00%
Bolívar	1042.81	1042.80	0.00%
Galápagos	411.64	411.64	0.00%
Morona Santiago	813.18	813.18	0.00%
Napo	863.41	863.41	0.00%
Pastaza	1251.30	1251.30	0.00%
Zamora Chinchipe	472.93	472.93	0.00%
Santo Domingo de los Tsáchilas	3483.69	3575.34	3.34%
El Oro	6122.18	6307.83	3.50%
Manabí	10969.52	11330.03	3.12%
Loja	2876.06	3043.72	6.08%
Sucumbíos	3570.05	3817.82	7.12%
Tungurahua	5070.94	5491.01	8.25%
Esmeraldas	6218.22	6761.14	9.07%
Azuay	9545.12	10400.98	9.23%
Imbabura	3241.13	3621.44	12.41%
Cotopaxi	3303.92	3717.57	13.90%
Chimborazo	3157.83	3601.13	14.10%
Santa Elena	3139.28	3731.34	19.03%
Total	178033.34	182734.78	-
Promedio	7418.06	7613.95	4,34%

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el análisis, en este modelo de retornos de escala variable orientado en salidas, podemos observar que las provincias que más producen Pichincha y Guayas se encuentran dentro de la frontera eficiente, es decir, para este modelo estas provincias, además de ser la quemas producen son consideradas eficientes. Las provincias de Santa Elena, Chimborazo y Cotopaxi son las que tienen una mayor variación con respecto al valor inicial. Tiene una variación de 19%, 14% y 13% respectivamente. En cuanto a dólares su variación es de 592.06 millones de dólares, 443.31 millones de dólares y 413.65 millones de dólares respectivamente.

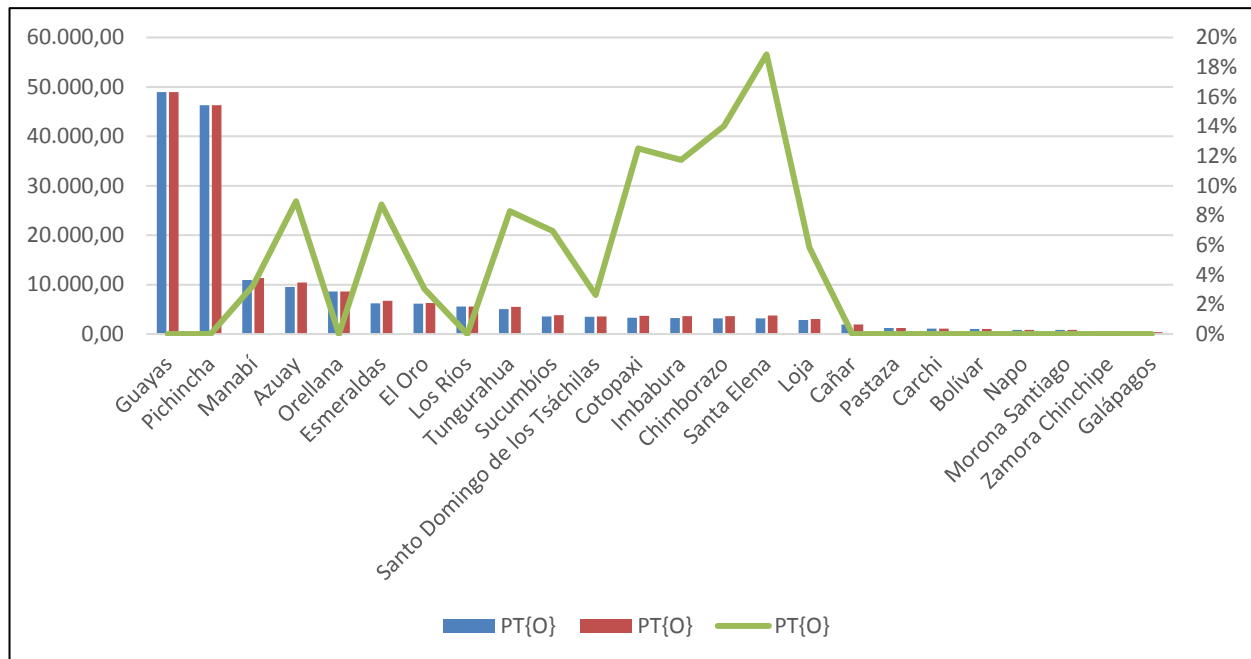


Figura 5-4. Variación de eficiencias técnicas por provincias 2018 segundo modelo VRS.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Eficiencia de escala primer y segundo modelo

La eficiencia de escala se calcula a través de la fracción entre la eficiencia global y la eficiencia técnica, de esta forma se determinará el tamaño óptimo de las DMUS en este caso de las provincias, teniendo como salida a la producción total, Una vez calculado este valor sabremos si las provincias con más capacidad son eficientes, teniendo en cuenta las economías de escala. Por lo tanto, sabremos si los recursos bajan a medida que aumentan la producción total.

Tabla 5-5. Eficiencias de escala por provincias del Ecuador 1 y 2 modelo.

DMUs	Eficiencia global	Eficiencia técnica	Eficiencia de escala
Los Ríos	100.00%	100.00%	100.00%
Morona Santiago	100.00%	100.00%	100.00%
Orellana	100.00%	100.00%	100.00%
Zamora Chinchipe	100.00%	100.00%	100.00%
Chimborazo	87.68%	87.69%	99.99%
Imbabura	89.46%	89.50%	99.96%
Loja	94.40%	94.49%	99.90%
Santa Elena	83.82%	84.13%	99.63%
Cotopaxi	88.52%	88.87%	99.60%
Sucumbíos	92.80%	93.51%	99.24%
Cañar	98.90%	100.00%	98.90%
Carchi	98.77%	100.00%	98.77%
Santo Domingo de los Tsáchilas	94.87%	97.44%	97.37%
Esmeraldas	88.40%	91.97%	96.12%
Galápagos	94.76%	100.00%	94.76%
Bolívar	94.23%	100.00%	94.23%
El Oro	90.88%	97.06%	93.63%
Tungurahua	86.45%	92.35%	93.62%
Pastaza	91.98%	100.00%	91.98%
Azuay	84.33%	91.77%	91.89%
Pichincha	90.84%	100.00%	90.84%
Guayas	90.11%	100.00%	90.11%
Manabí	85.38%	96.82%	88.19%
Napo	81.11%	100.00%	81.11%
Promedio	91.99%	96.07%	95.83%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla podemos observar que todas las unidades eficientes al 100%, analizadas en el primer modelo CRS, son de igual manera eficientes en el segundo modelo VRS, por lo que su eficiencia de escala es igual a uno, estas provincias son: Los Ríos, Morona Santiago, Orellana y Zamora Chinchipe. Trabajan tanto con eficiencia global como con eficiencia de escala. Por otro lado, las provincias de Cañar, Carchi, Bolívar, Pastaza, Pichincha, Guayas y Napo son provincias que tienen eficiencia técnica, pero no eficiencia de escala ya que están por debajo del 100%. Las provincias de Manabí y Napo son las que tienen la eficiencia de escala más baja, menor a 90%, por lo tanto, estas dos provincias son las que deben ajustarse al punto de referencia más eficiente que este caso es la provincia de Morona Santiago como podemos observar en los Anexos. El Ecuador tiene un promedio de 95,83% de eficiencia de escala, esto quiere decir que, en relación a la producción total del Ecuador, existe un buen uso de los recursos.

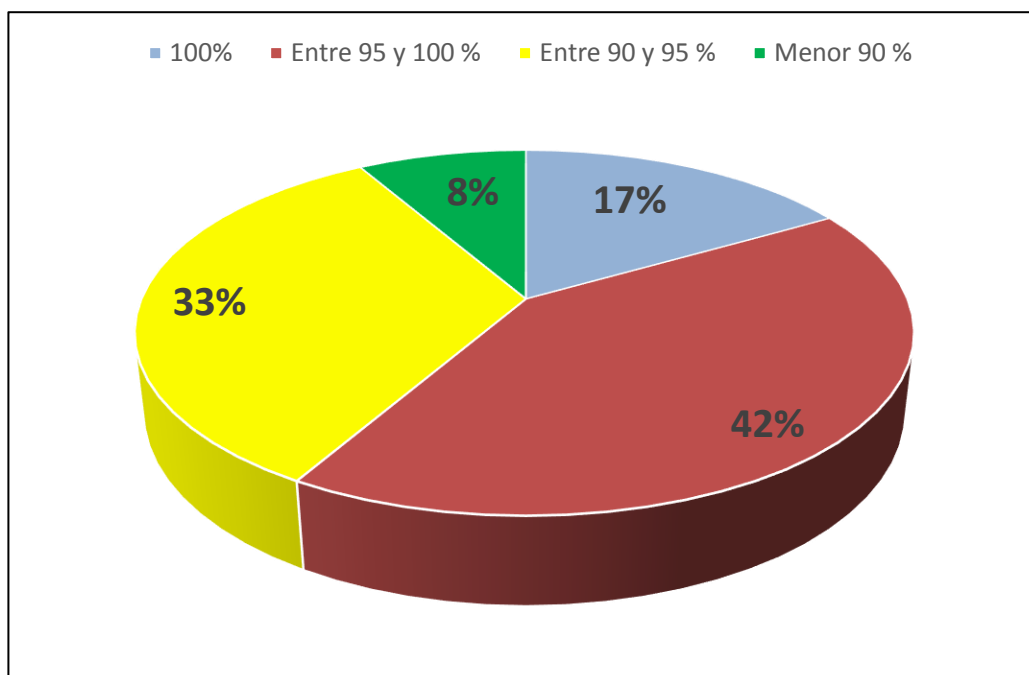


Figura 5-5. Porcentaje de provincias con eficiencia de escala 1 y 2 modelo.

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en el gráfico y como mencionamos anteriormente 4 provincias que representan el 17% del total de provincias del Ecuador tienen eficiencia de escala igual a 1, 10 provincias que representan al 42% tienen una eficiencia de escala entre 0.9 y 1, 8 provincias que representan el 33% del país, tienen una eficiencia de escala que oscila entre 0.9 y 0.95. Por último, existen dos provincias que tienen su eficiencia menor a 0.9 y estas representan al 8% de las 24 provincias existentes en Ecuador.

5.1.4 Resolución del tercer modelo (CCR-OUTPUT).

En este tercer modelo de escala constantes analizaremos la eficiencia de cada provincia, teniendo como referencia el valor agregado que cada una aporta al PIB.

Tabla 5-6. Eficiencias globales provincias del Ecuador tercer modelo 2018 (CRS).

DMU	Eficiencia
Morona Santiago	100.00%
Orellana	100.00%
Cañar	91.58%
Esmeraldas	78.34%
Sucumbíos	57.04%
Carchi	46.91%
Santa Elena	42.58%
Santo Domingo de los Tsáchilas	40.39%
El Oro	34.90%
Tungurahua	31.70%
Manabí	29.66%
Bolívar	29.06%
Los Ríos	27.21%
Guayas	27.04%
Napo	24.39%
Zamora Chinchipe	22.47%
Pichincha	21.52%
Pastaza	21.29%
Cotopaxi	19.05%
Azuay	16.62%
Chimborazo	13.30%
Galápagos	12.92%
Imbabura	12.25%
Loja	10.72%
Promedio	37.96%

Fuente: Elaboración propia.

Las provincias de Morona Santiago y Orellana son las provincias más eficientes, es decir, son las que mejor han sabido usar los recursos. Las provincias menos eficientes teniendo como salida al valor agregado, son las provincias de Loja con un 10.72%, Imbabura con un 12.25% y Galápagos con un 12.92%. El punto de referencia más alto es la provincia de Orellana con 22 unidades que se acercan a este punto eficiente, como podemos ver en el Anexo Tabla 7.

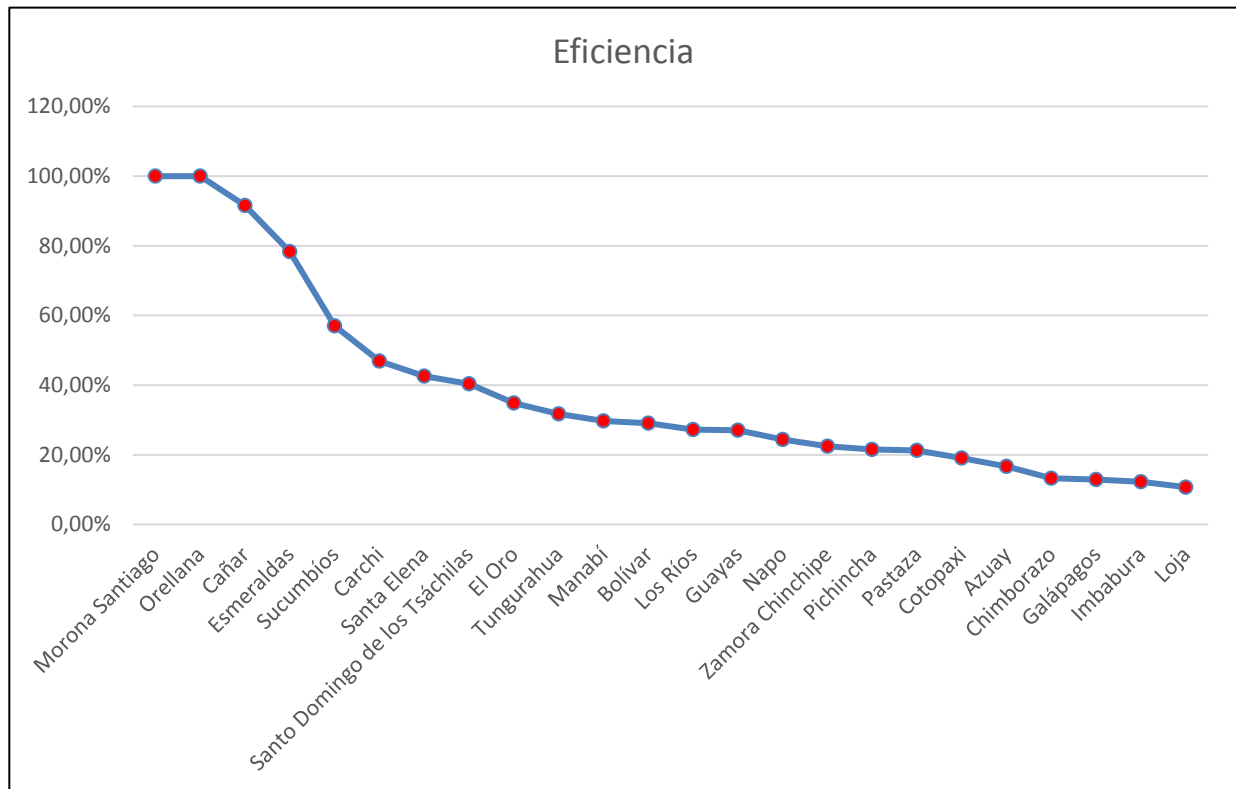


Figura 5-6. Eficiencias globales por provincias 2018 tercera modelo CRS.

Fuente: Elaboración propia.

En este modelo podemos darnos cuenta que el país se encuentra en promedio con un 37.96% que es un valor muy bajo, por lo que debemos decir que el Ecuador consume muchos recursos y no generan un valor agregado adecuado.

Tabla 5-7. Resultados y variación de la salida discrecional por provincias tercer modelo (CRS).

DMU	Inicial	Resultado	Variación (\$)	% Variación
	VA{O}	VA{O}		
Morona Santiago	507.87	507.87	0.000	0.00%
Orellana	4664.32	4664.32	0.000	0.00%
Cañar	1065.19	1163.16	97.977	9.20%
Esmeraldas	3086.83	3940.14	853.312	27.64%
Sucumbíos	1888.02	3310.03	1422.010	75.32%
Carchi	663.97	1415.29	751.317	113.15%
Santa Elena	1547.88	3635.13	2087.249	134.85%
Santo Domingo de los Tsáchilas	2037.68	5044.99	3007.319	147.59%
El Oro	3570.85	10232.61	6661.76	186.56%
Tungurahua	2866.04	9040.22	6174.18	215.43%
Manabí	6062.62	20437.28	14374.66	237.10%
Bolívar	638.97	2198.55	1559.58	244.08%
Los Ríos	3557.09	13074.02	9516.92	267.55%
Guayas	26637.13	98515.89	71878.77	269.84%
Napo	463.36	1899.76	1436.39	309.99%
Zamora Chinchipe	302.42	1345.98	1043.56	345.07%
Pichincha	26571.64	123489.66	96918.02	364.74%
Pastaza	713.84	3352.32	2638.48	369.62%
Cotopaxi	1952.86	10252.90	8300.04	425.02%
Azuay	5343.36	32144.90	26801.53	501.58%
Chimborazo	1854.45	13944.76	12090.31	651.96%
Galápagos	254.53	1970.16	1715.63	674.03%
Imbabura	1930.39	15758.10	13827.71	716.31%
Loja	1774.54	16552.91	14778.37	832.80%
Total	99955.95	397891.09	297935.13	-
Promedio	4164.83	16578.79	12413.96	296.64%

Fuente: elaboración propia.

En este modelo al tener un promedio muy ineficiente de provincias, la variación de la misma es muy elevada, donde tenemos un promedio de 296.64% de variación que en dólares representa 297 millones de dólares. Este valor debería alcanzar el Ecuador en cuanto al valor agregado si ajusta sus recursos y se acercan a la frontera eficiente que son las provincias de Orellana y Morona Santiago.

De igual forma podemos observar que las provincias de Guayas y Pichincha, que son las provincias que más aportan al valor agregado del producto interno bruto del país deben ajustar sus entradas y salidas ya que presentan una variación mayor al 200%.

Las provincias de Cañar y Esmeraldas son las que menos variación tienen, con un 9.20% y 27.64% respectivamente, mientras que Loja, Imbabura y Galápagos son las que deben aumentar considerablemente el valor agregado que aportan al país ya que tienen una variación mayor a 650%. Cabe mencionar que para este análisis se excluyó el consumo intermedio, ya que queríamos obtener un enfoque relacionado con las otras salidas.

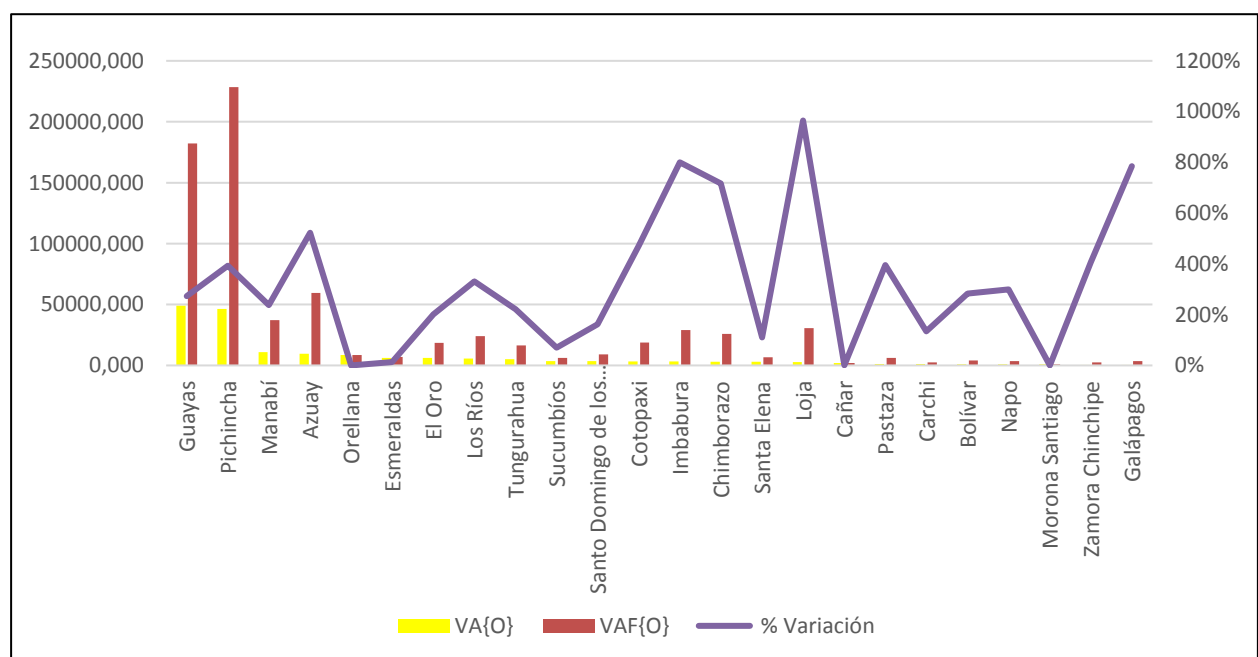


Figura 5-7. Variación eficiencias globales por provincias 2018 tercer modelo CRS.

Fuente: Elaboración propia

5.1.5 Resolución del cuarto modelo (BCC-OUTPUT).

En este cuarto modelo de escala variables analizaremos la eficiencia de cada provincia del país, teniendo como salida el valor agregado, de esta forma sabremos cuanto afecta esto en el PIB.

Tabla 5-8. Eficiencias técnicas provincias del Ecuador cuarto modelo 2018 (VRS).

DMU	Eficiencia
Orellana	100.00%
Guayas	100.00%
Cañar	100.00%
Galápagos	100.00%
Morona Santiago	100.00%
Napo	100.00%
Pastaza	100.00%
Pichincha	99.75%
Esmeraldas	84.36%
Manabí	76.55%
El Oro	62.03%
Los Ríos	59.74%
Azuay	58.88%
Sucumbíos	57.31%
Carchi	54.35%
Tungurahua	52.05%
Santa Elena	43.63%
Santo Domingo de los Tsáchilas	43.40%
Bolívar	37.11%
Cotopaxi	35.90%
Imbabura	33.43%
Chimborazo	33.16%
Zamora Chinchipe	32.39%
Loja	30.17%
Promedio	66.43%

Fuente: Elaboración propia.

En este modelo BCC orientado a salidas teniendo como referencia de salida al valor agregado, podemos decir que 7 provincias son eficientes, las cuales representan al 29.2% del total de 24 provincias. Las provincias eficientes en este caso son Orellana, Guayas, Cañar, Galápagos, Morona Santiago, Napo y Pastaza, es decir, son las que mejor han sabido usar los recursos. Las provincias ineficientes teniendo como salida al valor agregado, son las provincias de Loja con un 30.17%, Zamora Chinchipe con un 32.39% y Chimborazo con un 33.16%. El punto de referencia más alto es la provincia de Orellana con 16 unidades y Guayas con 11 unidades que se acercan a este punto eficiente, como podemos ver en el Anexo Tabla A9.

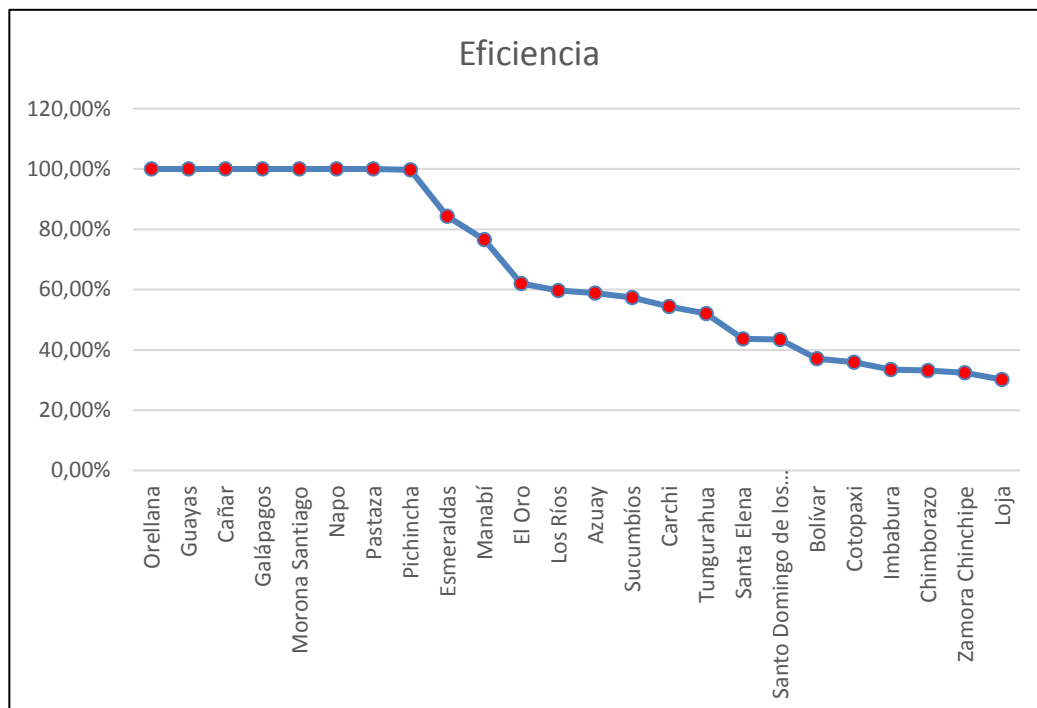


Figura 5-8. Eficiencias técnicas por provincias 2018 cuarto modelo VRS.

Fuente: Elaboración propia.

En este modelo podemos darnos cuenta que el país se encuentra en promedio con un 66,43% que es un valor más aceptable que el caso anterior, por lo que debemos decir que el Ecuador consume muchos recursos y no generan un valor agregado adecuado. Las provincias de Pichincha y Manabí deben ajustar de mejor manera sus recursos ya que son provincias que están debajo de la frontera eficiente, pero que a su vez son las provincias que más aportan al PIB con valor agregado. La provincia de Loja junto con Zamora Chinchipe son las más ineficientes por lo que deben ajustar sus recursos y variables para acercarse lo más posible a la frontera eficiente.

Tabla 5-9. Resultados y variación de la salida discrecional por provincias cuarto modelo (VRS).

DMU	Inicial	Final	Variación \$	% Variación
	VA{O}	VA{O}		
Orellana	4664.33	4664.33	0.00	0.00%
Guayas	26637.13	26637.13	0.00	0.00%
Cañar	1065.19	1065.19	0.00	0.00%
Galápagos	254.53	254.53	0.00	0.00%
Morona Santiago	507.87	507.87	0.00	0.00%
Napo	463.36	463.36	0.00	0.00%
Pastaza	713.84	713.84	0.00	0.00%
Pichincha	26571.64	26637.13	65.49	0.25%
Esmeraldas	3086.83	3658.90	572.07	18.53%
Manabí	6062.62	7919.75	1857.13	30.63%
Sucumbíos	3570.85	5756.69	2185.84	61.21%
El Oro	3557.09	5954.71	2397.62	67.40%
Azuay	5343.37	9074.27	3730.90	69.82%
Los Ríos	1888.02	3294.21	1406.19	74.48%
Tungurahua	663.97	1221.65	557.68	83.99%
Carchi	2866.04	5506.64	2640.60	92.13%
Santa Elena	1547.88	3547.58	1999.71	129.19%
Santo Domingo de los Tsáchilas	2037.68	4695.34	2657.66	130.43%
Bolívar	638.97	1722.02	1083.05	169.50%
Cotopaxi	1952.86	5439.04	3486.19	178.52%
Chimborazo	1930.39	5773.71	3843.32	199.09%
Imbabura	1854.45	5592.37	3737.92	201.56%
Zamora Chinchipe	302.42	933.78	631.36	208.77%
Loja	1774.54	5881.59	4107.05	231.44%
Total	99955.95	136915.73	36959.78	-
Promedio	4164.83	5704.82	1539.99	92.19%

Fuente: Elaboración propia.

Podemos observar que la variación tiene una media de 92.19% que representa a un total de 36 millones de dólares, esto es lo que deberían aportar todas las provincias al valor agregado del país. Cada provincia ineficiente debe acercarse a la frontera eficiente. Además, podemos observar que las provincias de Guayas y Pichincha, que son las provincias que más aportan al valor agregado del producto interno bruto del país en este caso, Guayas está en la frontera eficiente mientras que Pichincha tiene una variación pequeña de 0.25%, por lo tanto, en este modelo estas dos provincias actúan de manera correcta en cuanto al manejo de sus recursos.

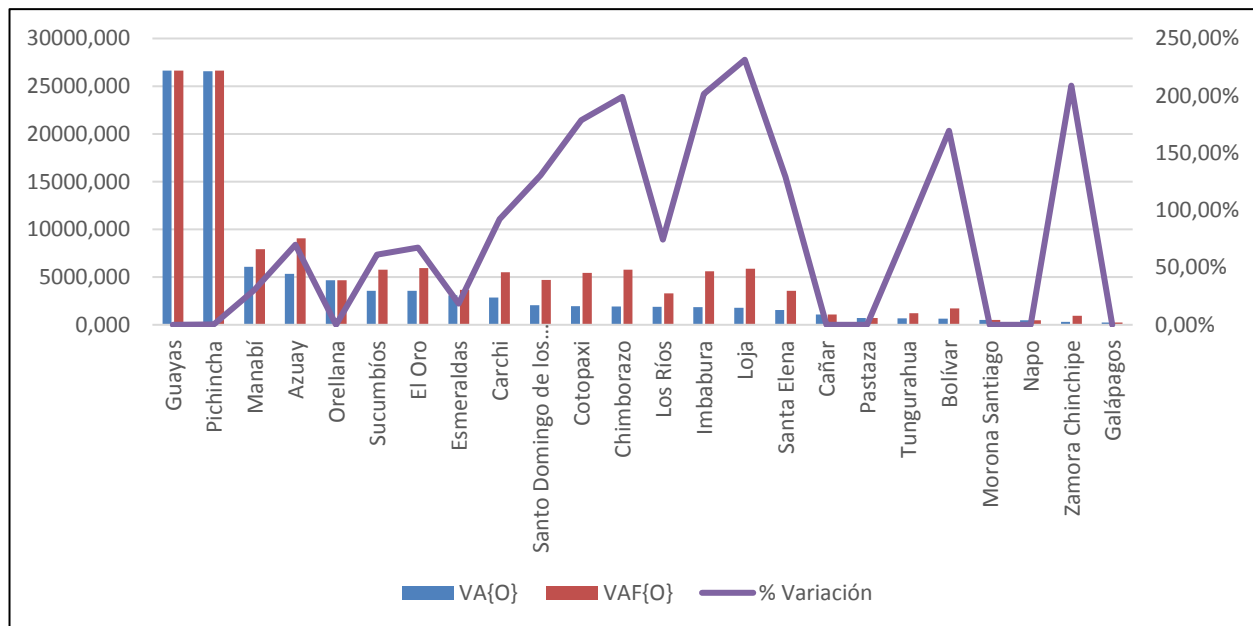


Figura 5-9. Variación eficiencias técnicas por provincias 2018 cuarto modelo VRS.

Fuente: Elaboración propia.

Las provincias de Pichincha y Esmeraldas son las que menos variación tienen, con un 0.25% y 18.53% respectivamente, mientras que Loja, Zamora Chinchipe e Imbabura son las que deben aumentar considerablemente el valor agregado que aportan al país ya que tienen una variación de 231.44%, 208.77% y 201.56% respectivamente. Cabe mencionar que para este análisis se excluyó el consumo intermedio, ya que queríamos obtener un enfoque relacionado con las otras salidas.

5.1.6 Eficiencia de escala tercer y cuarto modelo

La eficiencia de escala nos permite conocer si las provincias con más capacidad son eficientes, teniendo en cuenta las economías de escala. Por lo tanto, sabremos si los recursos bajan a medida que aumentan su valor agregado, pero en este caso sin tener en cuenta el consumo intermedio, tomando otras variables que igualmente influyen al valor agregado.

Tabla 5-10. Eficiencias de escala por provincias del Ecuador 3 y 4 modelo.

DMUs	Eficiencia global	Eficiencia técnica	Eficiencia de escala
Morona Santiago	100.00%	100.00%	100.00%
Orellana	100.00%	100.00%	100.00%
Sucumbíos	57.04%	57.31%	99.52%
Santa Elena	42.58%	43.63%	97.59%
Santo Domingo de los Tsáchilas	40.39%	43.40%	93.07%
Esmeraldas	78.34%	84.36%	92.86%
Cañar	91.58%	100.00%	91.58%
Carchi	46.91%	54.35%	86.32%
Bolívar	29.06%	37.11%	78.33%
Zamora Chinchipe	22.47%	32.39%	69.38%
Tungurahua	31.70%	52.05%	60.91%
El Oro	34.90%	62.03%	56.26%
Cotopaxi	19.05%	35.90%	53.05%
Los Ríos	27.21%	59.74%	45.55%
Chimborazo	13.30%	33.16%	40.10%
Manabí	29.66%	76.55%	38.75%
Imbabura	12.25%	33.43%	36.64%
Loja	10.72%	30.17%	35.53%
Azuay	16.62%	58.88%	28.23%
Guayas	27.04%	100.00%	27.04%
Napo	24.39%	100.00%	24.39%
Pichincha	21.52%	99.75%	21.57%
Pastaza	21.29%	100.00%	21.29%
Galápagos	12.92%	100.00%	12.92%
Promedio	37.96%	66.43%	58.79%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla podemos destacar que todas las unidades eficientes al 100%, analizadas en el tercer modelo CRS, son de igual manera eficientes en el cuarto modelo VRS, por lo que su eficiencia de escala es igual a uno, en este caso y teniendo como salida al valor agregado, las provincias que tiene eficiencia de escala son: Morona Santiago y Orellana. Estas provincias trabajan tanto con eficiencia global como con eficiencia de escala. Por otro lado, las provincias de Cañar, Guayas, Napo, Pastaza, y Galápagos son provincias que tienen eficiencia técnica, pero no eficiencia de escala ya que están por debajo del 100%. En este caso, existen varias provincias ineficientes que están por debajo del 80%, es más, provincias como Pichincha, Pastaza y Galápagos están por debajo del 25%. Por lo tanto, estas provincias son las que deben ajustarse al

punto de referencia más eficiente que este caso es la provincia de Orellana como podemos observar en los Anexos. El Ecuador, teniendo en cuenta al valor agregado como salida y omitiendo el consumo intermedio, tiene un promedio bajo de 58.79% de eficiencia de escala. Esto quiere decir que, el uso de recursos en cuanto al valor agregado es muy bajo y por ende no ayuda al producto interno bruto del país.

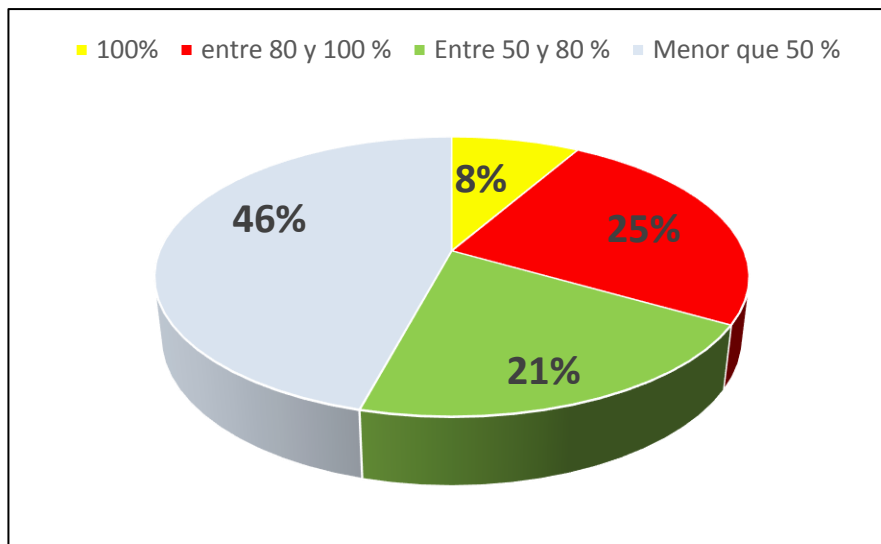


Figura 5-10. Porcentaje de provincias con eficiencia de escala 3 y 4 modelo.

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en el gráfico y como mencionamos anteriormente, dos provincias que representan el 8% del total de provincias del Ecuador tienen eficiencia de escala igual a 1, seis provincias que representan al 25% tiene una eficiencia de escala entre 0.8 y 1, cinco provincias que representan el 21% del país, tienen una eficiencia de escala que oscila entre 0.5 y 0.8. Por último, existen once provincias que tiene su eficiencia menor a 0.9 y estas representan al 46% de las 24 provincias existente en Ecuador. En este caso podemos decir, que en cuanto a producción total el Ecuador es muy eficiente, pero que el valor agregado de cada producto no es el adecuado, por lo tanto, no se está generando mayor rentabilidad.

5.2 Resolución modelos por actividades económicas.

Resolveremos mediante CRS y VRS las eficiencias de 17 actividades económicas estratégicas del Ecuador, los primeros dos modelos tendrán como salida al valor agregado, mientras que los dos siguientes modelos se resolverán teniendo al valor agregado como salida. Los datos para resolver estos modelos se ven reflejados en el Anexo Tabla A10.

5.2.1 Resolución del quinto modelo (CCR-OUTPUT).

En este quinto modelo analizaremos la eficiencia de las 17 actividades económicas, teniendo como salida la producción total y usando retorno de escala constante.

Tabla 5-11. Eficiencias globales actividades económicas del Ecuador 2018 quinto modelo (CRS).

Sección	DMUS	Eficiencia
K	Actividades financieras y de seguros	100.00%
B	Explotación de minas y canteras	100.00%
D	Suministro de electricidad. gas. vapor y aire acondicionado	100.00%
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	100.00%
P	Enseñanza	100.00%
J	Información y comunicación	100.00%
M	Actividades profesionales. científicas y técnicas	100.00%
L	Actividades inmobiliarias	100.00%
S	Otras actividades de servicios	100.00%
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	100.00%
E	Distribución de agua; alcantarillado. gestión de desechos y actividades de saneamiento	100.00%
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	100.00%
F	Construcción	100.00%
H	Transporte y almacenamiento	95.82%
C	Industrias manufactureras	89.60%
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	88.50%
R	Artes. entretenimiento y recreación	83.27%
Promedio		97.48%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior y gracias a la herramienta EMS, podemos observar que de las 17 actividades económicas 13 son eficientes, siendo la actividad financiera y de seguros la más eficiente de nuestro modelo, seguido por la actividad de explotación de minas y canteras y la actividad de suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado. Por otro lado, las actividades económicas de las secciones F, H, C, I e R son las ineficientes y están en un rango de 83% a 100% según este modelo CRS. La actividad de artes, entretenimiento y recreación es la más ineficiente con un 83% de eficiencia global. Analizando la media de todas las actividades económicas, Ecuador tiene un promedio de 97.48% de eficiencia global, donde el 76.50% de actividades económicas son eficientes (13 actividades económicas), mientras que el 23.50% restante de las actividades (4 actividades económicas) se encuentra por debajo del 100% como explicamos anteriormente. El punto de referencia más alto es la actividad económica de la sección K, B y L con 4 unidades que se acercan a este punto eficiente, como podemos ver en el Anexo Tabla A12. La sección H tiene como punto de referencia a la sección K, la sección C se referencia con la sección D y las secciones I e R se acercan a la frontera eficiente en el punto representado por la sección S.

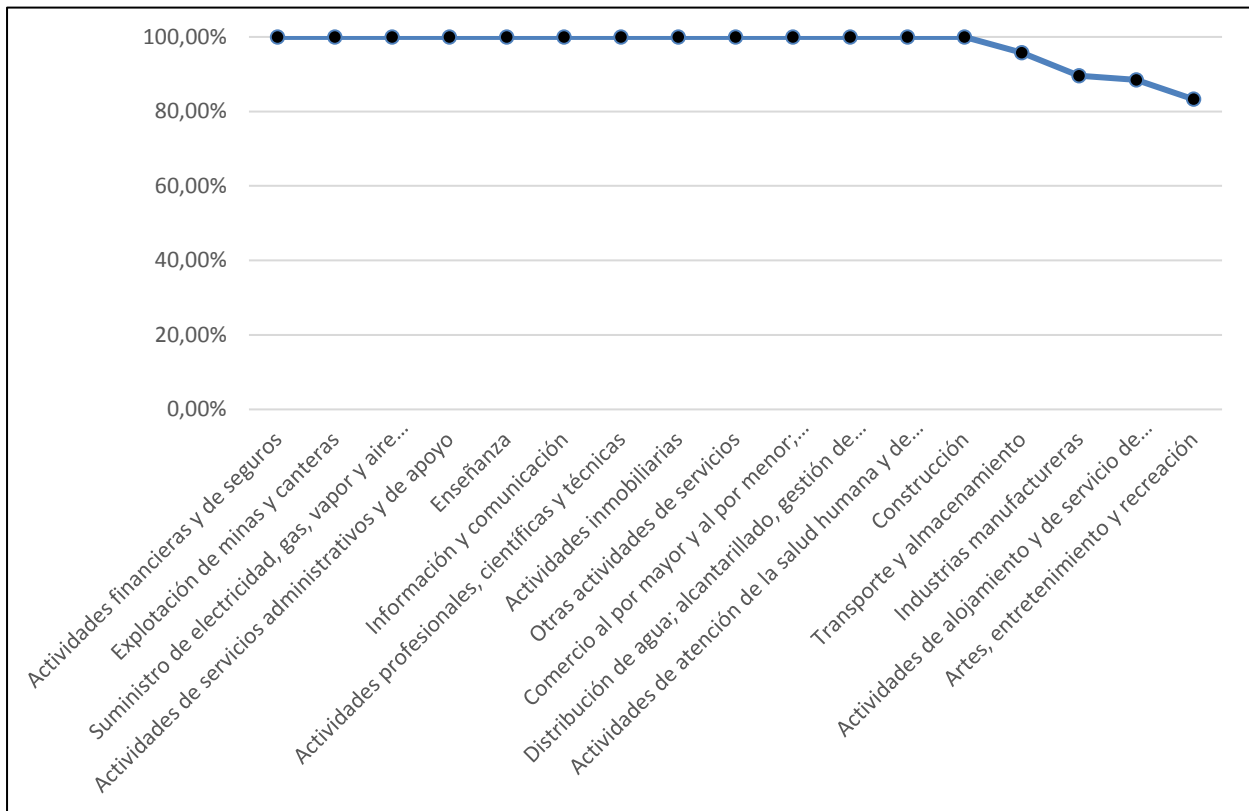


Figura 5-11. Eficiencias globales por actividades económicas 2018 quinto modelo CRS.

Fuente: Elaboración propia.

Además, en este quinto modelo hay varias entradas no discrecionales y al ser un modelo enfocado en la salida, en este caso la producción total como output, las entradas discrecionales no tienen mayor influencia, por tal motivo se analiza la salida inicial y el resultado obtenido. Por otra parte, la salida de producción total en este modelo CCR tiene un promedio de 2.89% en su variación., la cual representa 392.44 millones de dólares.

A continuación, observamos que, la variación más representativa en cuanto a porcentaje se da en la actividad económica menos eficientes, la sección R artes, entretenimiento y recreación con un 20.08% igual a 59.39 millones de dólares. Así mismo, las actividades económicas de la sección I, C y H tienen una variación de 13.00% igual a 218,80 millones de dólares; 11.61% igual a 3878.06 millones de dólares y 4.37% igual a 216.14 millones de dólares respectivamente. La variación más alta en cuanto a millones de dólares se da en las industrias manufactureras, que de igual forma es la actividad económica que más genera al país, pero que en este modelo no precisamente esta sobre la frontera eficiente.

Tabla 5-12. Resultados y variación de la salida por actividades económicas quinto modelo (CRS).

Sección	DMUs	Inicial	Resultado	Variación \$	Variación %
		PT{O}	PT{O}		
K	Actividades financieras y de seguros	2613.60	2613.60	0.00	0.00%
B	Explotación de minas y canteras	11327.05	11327.05	0.00	0.00%
D	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	3252.68	3252.68	0.00	0.00%
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	2020.11	2020.11	0.00	0.00%
P	Enseñanza	1802.75	1802.75	0.00	0.00%
J	Información y comunicación	4747.50	4747.50	0.00	0.00%
M	Actividades profesionales, científicas y técnicas	2284.42	2284.42	0.00	0.00%
L	Actividades inmobiliarias	984.03	984.03	0.00	0.00%
S	Otras actividades de servicios	235.77	235.77	0.00	0.00%
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	14110.80	14110.80	0.00	0.00%
E	Distribución de agua; alcantarillado, gestión de desechos y actividades de saneamiento	904.74	904.74	0.00	0.00%
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	1963.61	1963.61	0.00	0.00%
F	Construcción	4773.84	4773.84	0.00	0.00%
H	Transporte y almacenamiento	4951.53	5167.68	216.14	4.37%
C	Industrias manufactureras	33404.67	37282.74	3878.06	11.61%
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	1683.55	1902.36	218.80	13.00%
R	Artes, entretenimiento y recreación	295.74	355.14	59.39	20.08%
Total		91356,49	95728.91	4372.41	-
Promedio		5373.91	5631.11	257.20	2.89%

Fuente: elaboración propia.

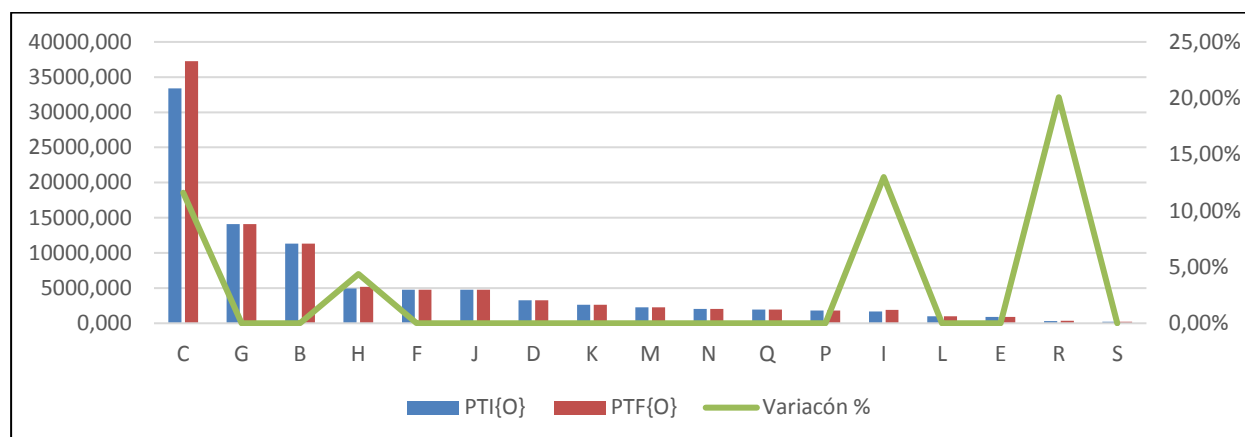


Figura 5-12. Variación de eficiencias globales por actividades económicas 2018 quinto modelo CRS.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Resolución del sexto modelo (BCC-OUTPUT).

En este sexto modelo analizaremos la eficiencia de las 17 actividades económicas, teniendo como salida la producción total usando retornos de escala variables.

Tabla 5-13. Eficiencias técnicas actividades económicas del Ecuador 2018 sexto modelo (VRS).

Sección	DMUS	Eficiencia
C	Industrias manufactureras	100.00%
B	Explotación de minas y canteras	100.00%
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	100.00%
J	Información y comunicación	100.00%
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	100.00%
P	Enseñanza	100.00%
E	Distribución de agua; alcantarillado. gestión de desechos y actividades de saneamiento	100.00%
H	Transporte y almacenamiento	100.00%
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	100.00%
D	Suministro de electricidad. gas. vapor y aire acondicionado	100.00%
F	Construcción	100.00%
K	Actividades financieras y de seguros	100.00%
L	Actividades inmobiliarias	100.00%
M	Actividades profesionales. científicas y técnicas	100.00%
S	Otras actividades de servicios	100.00%
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	88.57%
R	Artes. entretenimiento y recreación	87.63%
Promedio		98.60%

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar, en este modelo el 88% de las actividades económicas son eficientes, aumentando dos DMUs eficientes con el modelo CRS anterior. En este caso la actividad económica de la sección C (Industrias manufactureras) es la actividad económica que presenta mayor eficiencia. Las actividades económicas más ineficientes en este caso son la de la sección I, actividades de alojamiento y de servicio de comida e R, artes, entretenimiento y recreación. En este modelo BCC con orientación de salida se obtuvo un 98.6% de eficiencia como media general ya que 15 actividades económicas se encuentran en la frontera eficiente. El punto de referencia más alto es la actividad económica de la sección B, k y S con 2 unidades que se acercan a este punto eficiente, como podemos ver en el Anexo Tabla A14. La sección I e R tienen como punto de referencia a la sección S otras actividades de servicios.

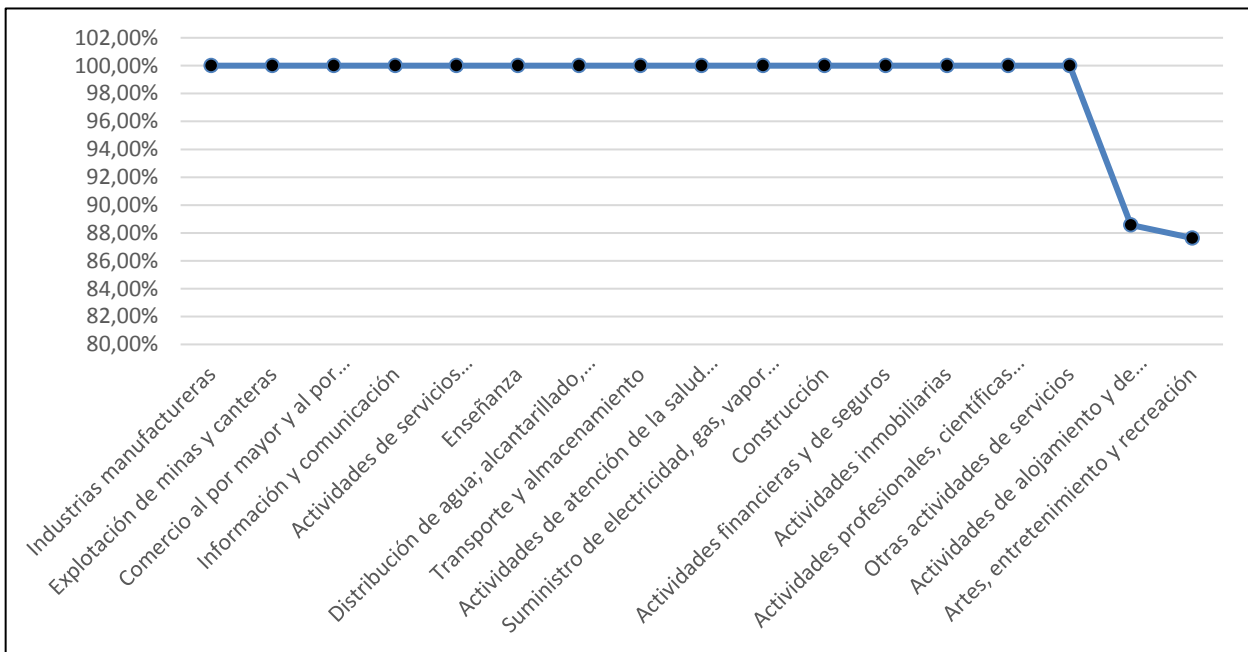


Figura 5-13. Eficiencias técnicas por actividades económicas 2018 sexto modelo VRS.

Fuente: Elaboración propia.

Además, en este quinto modelo hay varias entradas no discrecionales y al ser un modelo enfocado en la salida, en este caso la producción total como output, las entradas discrecionales no tienen mayor influencia, por tal motivo se analiza la salida inicial y el resultado obtenido. Por tal razón, la salida de producción total en este modelo BCC tiene un promedio de 2.89% en su variación., la cual representa 392.44 millones de dólares.

Tabla 5-14. Resultados y variación de la salida por actividades económicas sexto modelo (VRS).

Sección	DMUs	Inicial	Resultado	variación \$	Variación %
		PT{O}	PT{O}		
C	Industrias manufactureras	33404.67	33404.67	0.00	0.00%
B	Explotación de minas y canteras	11327.05	11327.05	0.00	0.00%
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	14110.80	14110.80	0.00	0.00%
J	Información y comunicación	4747.50	4747.50	0.00	0.00%
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	2020.11	2020.11	0.00	0.00%
P	Enseñanza	1802.75	1802.75	0.00	0.00%
E	Distribución de agua; alcantarillado. gestión de desechos y actividades de saneamiento	904.74	904.74	0.00	0.00%
H	Transporte y almacenamiento	4951.53	4951.53	0.00	0.00%
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	1963.61	1963.61	0.00	0.00%
D	Suministro de electricidad. gas. vapor y aire acondicionado	3252.68	3252.68	0.00	0.00%
F	Construcción	4773.84	4773.84	0.00	0.00%
K	Actividades financieras y de seguros	2613.60	2613.60	0.00	0.00%
L	Actividades inmobiliarias	984.03	984.03	0.00	0.00%
M	Actividades profesionales. científicas y técnicas	2284.42	2284.42	0.00	0.00%
S	Otras actividades de servicios	235.77	235.77	0.00	0.00%
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	1683.55	1900.71	217.17	12.90%
R	Artes. entretenimiento y recreación	295.74	337.48	41.73	14.11%
Total		91356.49	91615.39	258.89	-
Promedio		5373.91	5389.14	15.22	1.59%

Fuente: Elaboración propia.

Podemos apreciar que, la variación más representativa en cuanto a porcentaje se da en la actividad económica menos eficientes, la sección R artes, entretenimiento y recreación con un 14.11% igual a 41.73 millones de dólares. Por otra parte, la actividad económica de la sección I tiene una variación de 12.90% igual a 217.15 millones de dólares. La variación más alta en este modelo VRS en cuanto a millones de dólares se da en la sección R artes entretenimiento y recreación. En este caso podemos decir que existen solo dos DMUS ineficientes con una variación promedio de 1.59%. Esto en millones de dólares da un valor de 258.89 millones de dólares que aportarías estas dos actividades si llegaran a la frontera eficiente.

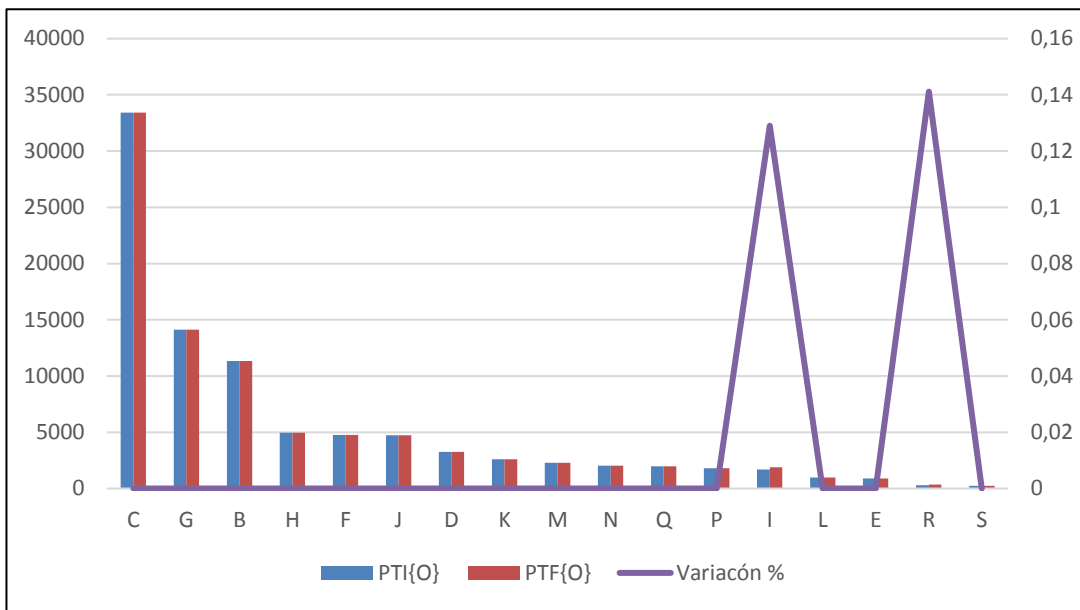


Figura 5-14. Variación de eficiencias técnicas por actividades económicas 2018 sexto modelo VRS.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Eficiencia de escala quinto y sexto modelo.

La eficiencia de escala es la fracción entre la eficiencia global y la eficiencia técnica, de esta manera obtendremos el tamaño óptimo de cada DMU (actividades económicas), teniendo como salida a la producción total, Una vez calculado este valor, deduciremos si las actividades económicas que más producen son eficientes, teniendo en cuenta las economías de escala.

Tabla 5-15. Eficiencias de escala por actividades económicas del Ecuador 5 y 6 modelo.

Sección	DMUS	Eficiencia global	Eficiencia técnica	Eficiencia de escala
B	Explotación de minas y canteras	100.00%	100.00%	100.00%
D	Suministro de electricidad. gas. vapor y aire acondicionado	100.00%	100.00%	100.00%
E	Distribución de agua; alcantarillado. gestión de desechos y actividades de saneamiento	100.00%	100.00%	100.00%
F	Construcción	100.00%	100.00%	100.00%
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos	100.00%	100.00%	100.00%
J	Información y comunicación	100.00%	100.00%	100.00%
K	Actividades financieras y de seguros	100.00%	100.00%	100.00%
L	Actividades inmobiliarias	100.00%	100.00%	100.00%
M	Actividades profesionales. científicas y técnicas	100.00%	100.00%	100.00%
N	Actividades de servicios administrativos	100.00%	100.00%	100.00%
P	Enseñanza	100.00%	100.00%	100.00%
Q	Actividades de atención de la salud humana	100.00%	100.00%	100.00%
S	Otras actividades de servicios	100.00%	100.00%	100.00%
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	88.50%	88.57%	99.91%
H	Transporte y almacenamiento	95.82%	100.00%	95.82%
R	Artes. entretenimiento y recreación	83.27%	87.63%	95.03%
C	Industrias manufactureras	89.60%	100.00%	89.60%
Promedio		97.48%	98.60%	98.84%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla podemos observar que todas las unidades eficientes, analizadas en el quinto modelo CRS, son de igual manera eficientes en el sexto modelo VRS, por lo que su eficiencia de escala es igual a uno, estas actividades económicas son las de la sección B, D, E, F, G, J, K, L, M, N, P, Q y S. Estas actividades económicas trabajan tanto con eficiencia global como con eficiencia de escala. Por otro lado, las actividades de la sección H y C son actividades que tienen eficiencia técnica, pero no eficiencia de escala ya que están por debajo del 100%. Las actividades económicas de la sección C, R, H e I son las que tienen la eficiencia de escala menor a 100%, por lo tanto, estas actividades económicas son las que deben ajustarse al punto de referencia más eficiente como podemos observar en los Anexos. Las actividades económicas más relevantes en el Ecuador tienen un promedio de 98.84% de eficiencia de escala, esto quiere decir que, en relación a la producción total existe un excelente uso de los recursos.

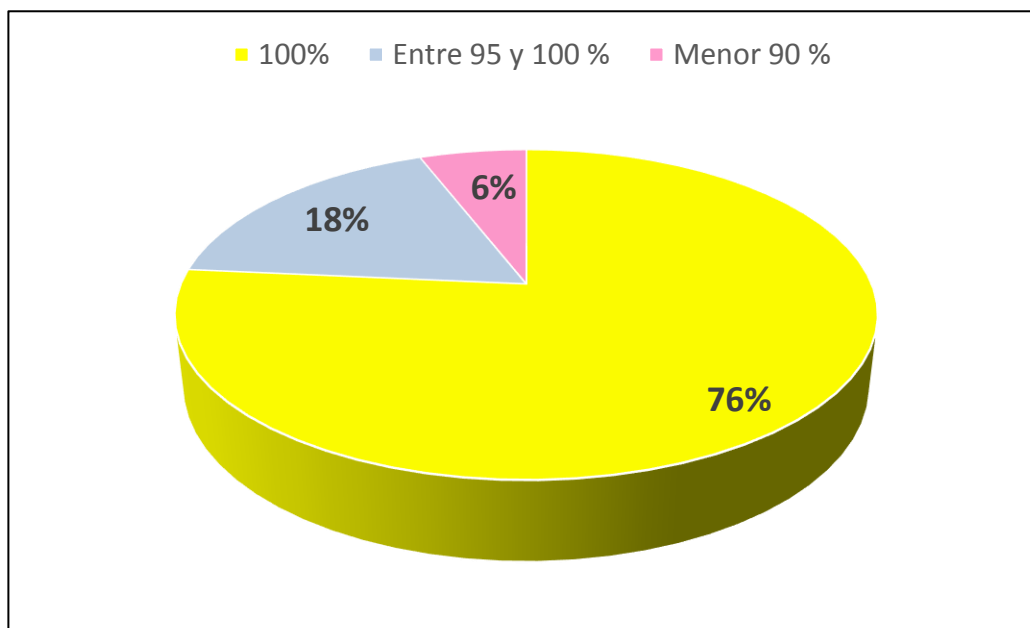


Figura 5-15. Porcentaje de actividades económicas con eficiencia de escala 5 y 6 modelo.

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en el gráfico y como mencionamos anteriormente 13 actividades económicas que representan el 76% del total de las actividades estudiadas tienen eficiencia de escala igual a 100%, tres actividades económicas que representan al 18% tiene una eficiencia de escala entre 0.9 y 1. Por último, existe una actividad económica que tiene su eficiencia menor a 0.9 y esta representa al 6% de las 17 actividades económicas estudiadas en estos modelos.

5.2.4 Resolución del séptimo modelo (CCR-OUTPUT).

En este séptimo modelo analizaremos la eficiencia de las 17 actividades económicas, teniendo como salida el valor agregado que cada una aporta al PIB y usando retorno de escala constante.

Tabla 5-16. Eficiencias globales actividades económicas del Ecuador 2018 séptimo modelo (CRS).

Sección	DMUS	Eficiencia
B	Explotación de minas y canteras	100.00%
D	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	100.00%
J	Información y comunicación	100.00%
M	Actividades profesionales, científicas y técnicas	100.00%
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	100.00%
L	Actividades inmobiliarias	100.00%
P	Enseñanza	100.00%
S	Otras actividades de servicios	100.00%
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	100.00%
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	100.00%
F	Construcción	100.00%
E	Distribución de agua; alcantarillado, gestión de desechos y actividades de saneamiento	97.70%
H	Transporte y almacenamiento	79.39%
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	71.04%
R	Artes, entretenimiento y recreación	61.65%
C	Industrias manufactureras	55.49%
K	Actividades financieras y de seguros	46.52%
Promedio		88.93%

Fuente: Elaboración propia.

Una vez analizado los datos teniendo como referencia de salida al valor agregado, podemos observar que de las 17 actividades económicas 11 son eficientes, teniendo en primer lugar a la actividad económica de explotación de minas y canteras, seguida por la actividad de suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado, en tercer lugar, la actividad de Información y comunicación. Por otro lado, tenemos 6 actividades económicas ineficientes las cuales pertenecen a las secciones E, H, I, R, C y K que se encuentran en un rango de 46% a 100% según este modelo CRS. La actividad financiera y de seguros es la más ineficiente con un 46.52% de eficiencia global. Analizando la media de todas las actividades económicas, tenemos un promedio de 88.93% de eficiencia global, donde el 64.71% de actividades económicas son eficientes (11 actividades económicas), mientras que el 35.29% restante de las actividades (6 actividades económicas) se encuentra por debajo del 100%, como explicamos anteriormente. El punto de referencia más alto es la actividad económica de la sección L con 6 unidades que se acercan a este punto eficiente, como podemos ver en el Anexo Tabla A16. La sección E tiene como punto de referencia a la sección J, la sección H, C y K se referencia con la sección L y las secciones I e R se acercan a la frontera eficiente en el punto representado por la sección S.

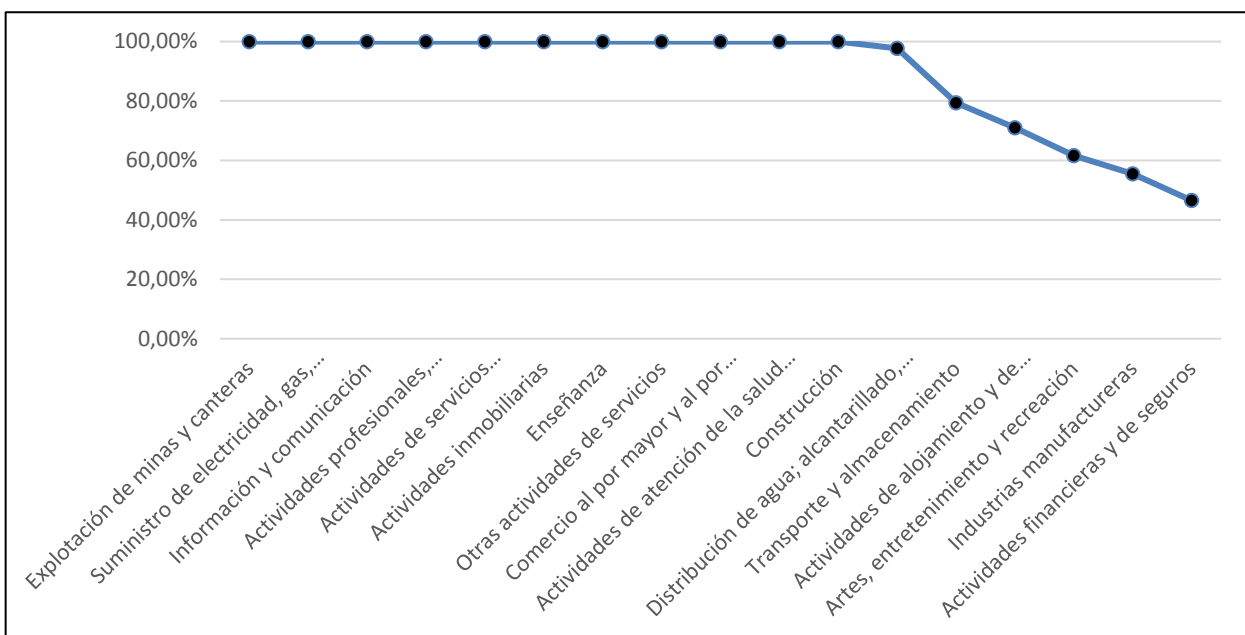


Figura 5-16. Eficiencias globales por actividades económicas 2018 séptimo modelo CRS.

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, en este séptimo modelo hay varias entradas no discretionales y al ser un modelo enfocado en la salida, en este caso el valor agregado como output, las entradas discretionales no tienen mayor influencia, por tal motivo se analiza la salida inicial y el resultado obtenido. Por otra parte, la salida de valor agregado en este modelo CCR tiene un promedio de 19.20% en su variación., la cual representa 5693.35 millones de dólares.

Tabla 5-17. Resultados y variación de la salida por actividades económicas séptimo modelo (CRS).

Sección	DMUS	Inicial	Resultado	Variación \$	Variación %
		VA{O}	VA{O}		
B	Explotación de minas y canteras	6388.72	6388.72	0.00	0.00%
D	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	1555.07	1555.07	0.00	0.00%
J	Información y comunicación	1973.23	1973.23	0.00	0.00%
M	Actividades profesionales, científicas y técnicas	751.00	751.00	0.00	0.00%
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	1222.34	1222.34	0.00	0.00%
L	Actividades inmobiliarias	381.80	381.80	0.00	0.00%
P	Enseñanza	1148.13	1148.13	0.00	0.00%
S	Otras actividades de servicios	119.65	119.65	0.00	0.00%
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	6930.07	6930.07	0.00	0.00%
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	677.42	677.42	0.00	0.00%
F	Construcción	1419.33	1419.33	0.00	0.00%
E	Distribución de agua; alcantarillado, gestión de desechos y actividades de saneamiento	495.34	506.99	11.67	2.35%
H	Transporte y almacenamiento	1132.47	1426.40	293.93	25.96%
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	595.43	838.18	242.75	40.77%
R	Artes, entretenimiento y recreación	99.48	161.35	61.87	62.20%
C	Industrias manufactureras	6273.71	11306.32	5032.61	80.22%
K	Actividades financieras y de seguros	43.95	94.48	50.52	114.95%
Total		31207,22	36900.57	5693.35	-
Promedio		1835,71	2170.62	334.90	19.20%

Fuente: Elaboración propia.

Podemos apreciar que, la variación más representativa en cuanto a porcentaje se da en la actividad económica menos eficiente, la sección k actividad financiera y de seguros con un 114.95% igual a 50 millones de dólares. La variación más alta en este modelo CRS en cuanto a millones de dólares se da en la sección C Industrias manufactureras con un total de 5032.61 millones de dólares igual al 80.22%. Así mismo, las actividades económicas de la sección R, I, H y E tienen una variación de 62.20% igual a 61.87 millones de dólares; 40.77% igual a 242.75 millones de dólares, 25.96% igual a 293.93 millones de dólares y 2.35% igual a 11.65 millones de dólares respectivamente. En este caso la actividad económica (explotación de minas y canteras) que más valor agregado aporta al país es las más eficiente.

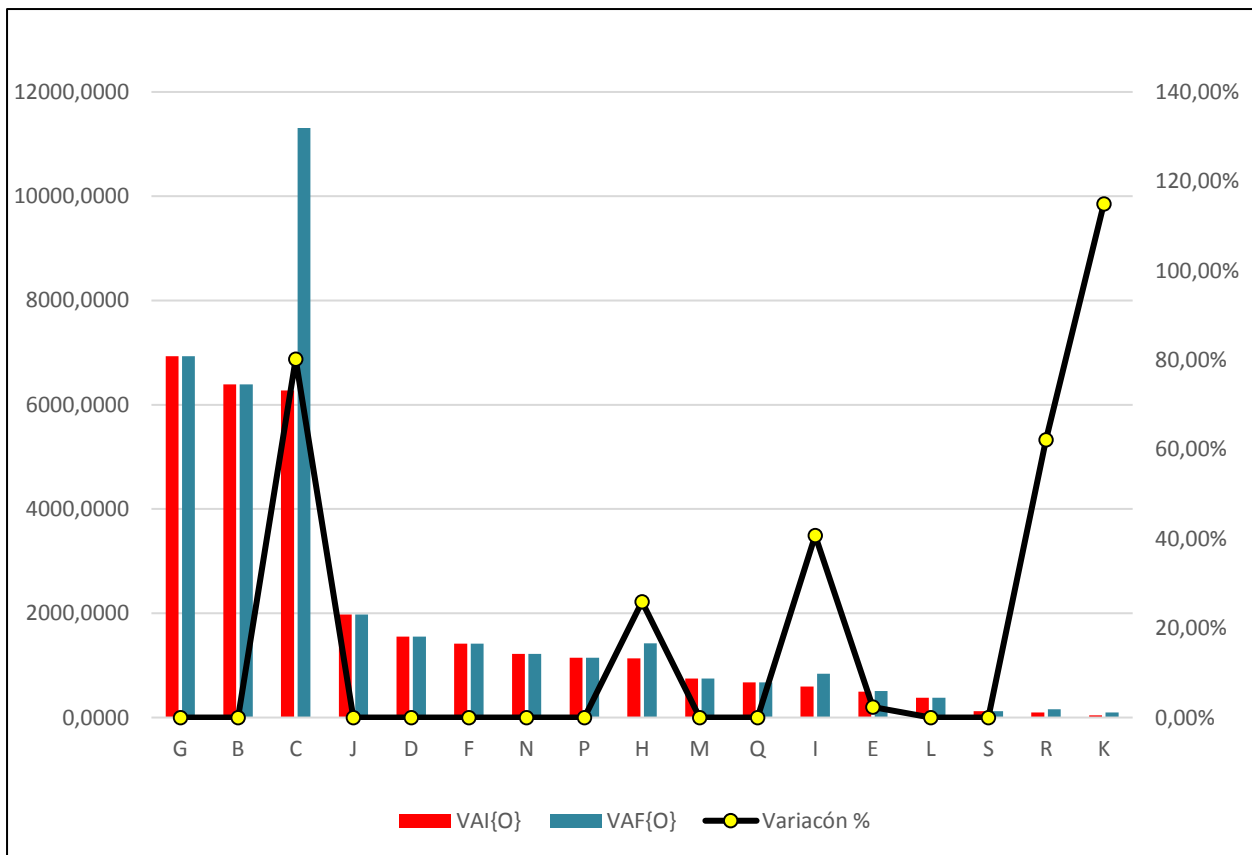


Figura 5-17. Variación de eficiencias globales por actividades económicas 2018 séptimo modelo CRS.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.5 Resolución del octavo modelo (BCC-OUTPUT).

En este sexto modelo analizaremos la eficiencia de las 17 actividades económicas, teniendo como salida al valor agregado total usando retornos de escala variables.

Tabla 5-18. Eficiencias técnicas actividades económicas del Ecuador 2018 octavo modelo (VRS).

Sección	DMUs	Eficiencia
B	Explotación de minas y canteras	100.00%
J	Información y comunicación	100.00%
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	100.00%
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	100.00%
P	Enseñanza	100.00%
E	Distribución de agua; alcantarillado. gestión de desechos y actividades de saneamiento	100.00%
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	100.00%
D	Suministro de electricidad. gas. vapor y aire acondicionado	100.00%
F	Construcción	100.00%
K	Actividades financieras y de seguros	100.00%
L	Actividades inmobiliarias	100.00%
M	Actividades profesionales. científicas y técnicas	100.00%
S	Otras actividades de servicios	100.00%
C	Industrias manufactureras	96.22%
H	Transporte y almacenamiento	80.74%
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	71.08%
R	Artes. entretenimiento y recreación	69.32%
Promedio		95.14%

Fuente: Elaboración propia.

En este modelo de retorno de escala variable y teniendo como referencia de salida al valor agregado, podemos observar que de las 17 actividades económicas 13 son eficientes, teniendo en primer lugar a la actividad económica de explotación de minas y canteras, tal cual como en el modelo anterior de escala constante, seguida por la actividad de información y comunicación, en tercer lugar, la actividad de Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas.

Por otro lado, tenemos 4 actividades económicas ineficientes las cuales pertenecen a las secciones C, H, I e R, que se encuentran en un rango entre 69% a 100% según este modelo VRS. La actividad de Artes, entretenimiento y recreación es la más ineficiente con un 69.32% de eficiencia técnica, seguida por la actividad de alojamiento y de servicios de comida con un 71.08%. Analizando la media de todas las actividades económicas, tenemos un promedio de 95.14% de eficiencia técnica, donde el 76.5% de actividades económicas son eficientes (13 actividades económicas), mientras que el 23.5% restante de las actividades (4 actividades económicas) se encuentra por debajo del 100%. El punto de referencia más alto es la actividad económica de la sección B con 4 unidades que se acercan a este punto eficiente, como podemos ver en el Anexo Tabla A18. La sección C tiene como punto de referencia a la sección B, la sección H tiene como punto de referencia a la sección F y las secciones I e R se acercan a la frontera eficiente en el punto representado por la sección S, de igual forma que en el anterior modelo.

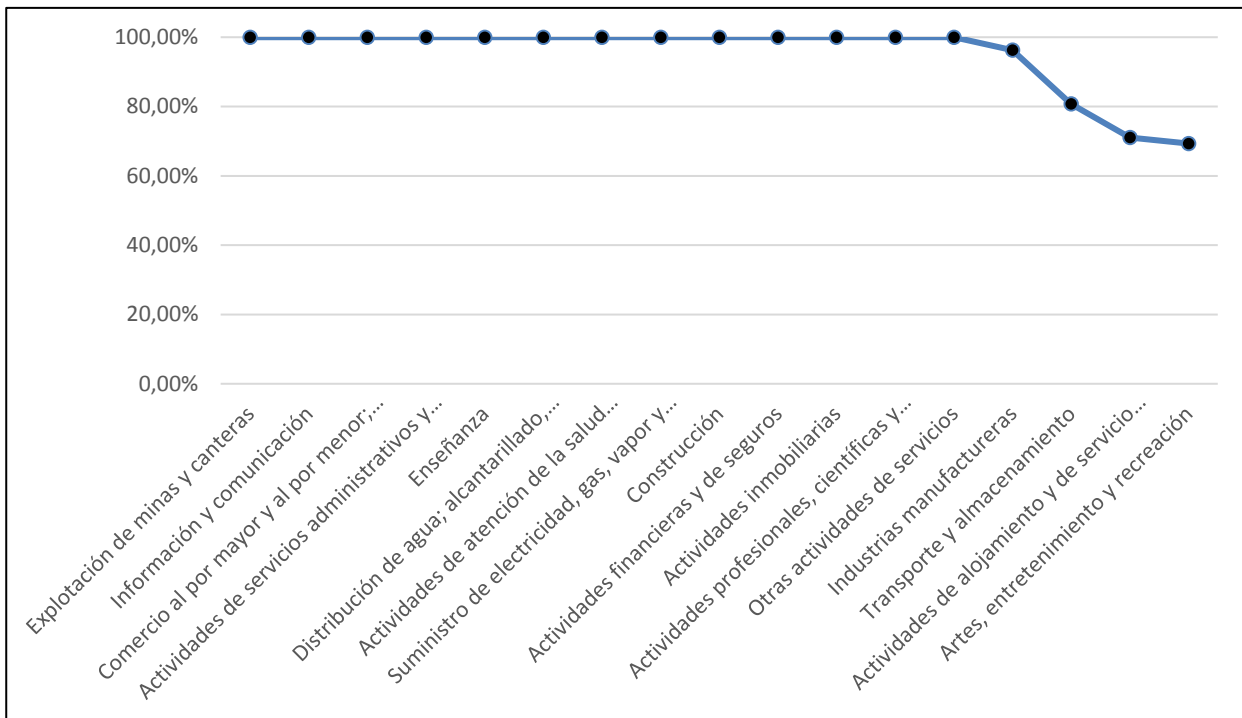


Figura 5-18. Eficiencias técnicas por actividades económicas 2018 octavo modelo VRS.

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, en este quinto modelo hay varias entradas no discrecionales y al ser un modelo enfocado en la salida, en este caso la producción total como output, las entradas discrecionales no tienen mayor influencia, por tal motivo se analiza la salida inicial y el resultado obtenido. Por otra parte, la salida de valor agregado en este modelo de retornos de escala variable tiene un promedio de 6.63% en su variación, la cual representa 802.64 millones de dólares.

Tabla 5-19. Resultados y variación de la salida por actividades económicas octavo modelo (VRS).

Sección	DMUS	Inicial	Resultado	Variación \$	Variación %
		VA{O}	VA{O}		
B	Explotación de minas y canteras	6388.72	6388.72	0.00	0.00%
J	Información y comunicación	1973.23	1973.23	0.00	0.00%
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	6930.07	6930.07	0.00	0.00%
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	1222.34	1222.34	0.00	0.00%
P	Enseñanza	1148.14	1148.14	0.00	0.00%
E	Distribución de agua; alcantarillado, gestión de desechos y actividades de saneamiento	495.34	495.34	0.00	0.00%
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	677.42	677.42	0.00	0.00%
D	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	1555.07	1555.07	0.00	0.00%
F	Construcción	1419.33	1419.33	0.00	0.00%
K	Actividades financieras y de seguros	43.955	43.95	0.00	0.00%
L	Actividades inmobiliarias	381.810	381.81	0.00	0.00%
M	Actividades profesionales, científicas y técnicas	751.005	751.00	0.00	0.00%
S	Otras actividades de servicios	119.655	119.65	0.00	0.00%
C	Industrias manufactureras	6273.714	6519.89	246.18	3.92%
H	Transporte y almacenamiento	1132.474	1402.66	270.18	23.86%
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	595.436	837.68	242.24	40.68%
R	Artes, entretenimiento y recreación	99.484	143.50	44.02	44.25%
Total		31207.22	32009.86	802.63	-
Promedio		1835.71	1882.93	47.21	6.63%

Fuente: elaboración propia.

Observamos que, la variación más representativa en cuanto a porcentaje se da en la actividad económica menos eficiente, la sección R actividad de artes, entretenimiento y recreación con un 44.25% igual a 44.02 millones de dólares. La variación más alta en este modelo VRS en cuanto a millones de dólares se da en la sección H actividad de transporte y almacenamiento con un total de 270.18 millones de dólares igual al 23.86% de variación. Así mismo, las actividades económicas de la sección C e I tienen una variación de 3.92% igual a 246.18 millones de dólares y 40.68% igual a 242.24 millones de dólares respectivamente. En este caso las actividades económicas de comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas pertenecientes a la sección G y la actividad de explotación de minas y canteras de la sección B son las que más valor agregado aportan y se encuentran dentro de la frontera eficiente.

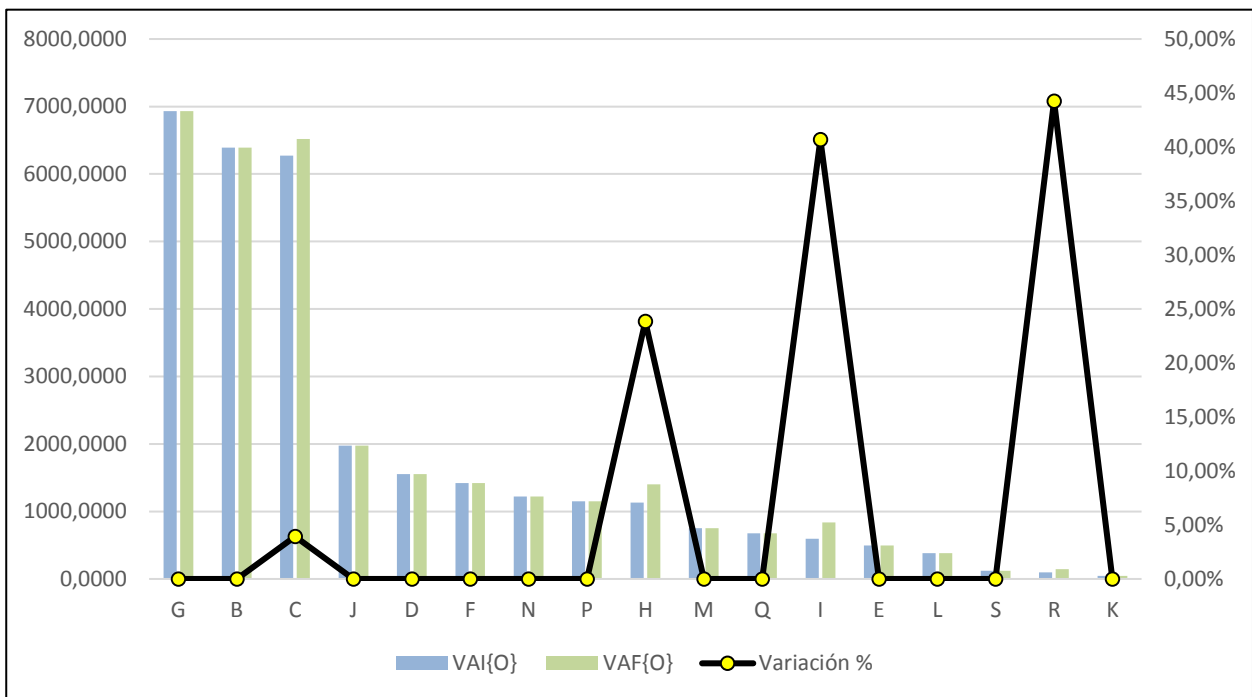


Figura 5-19. Variación de eficiencias técnicas por actividades económicas 2018 octavo modelo VRS.

Fuente: elaboración propia.

5.2.6 Eficiencia de escala séptimo y octavo modelo.

La eficiencia de escala nos permite conocer si las actividades económicas que tienen más recursos y más producen son eficientes, teniendo en cuenta las economías de escala. De esta manera, conoceremos si los recursos bajan a medida que aumentan su valor agregado, sin tener en cuenta el consumo intermedio y analizando otras variables de igual importancia.

Tabla 5-20. Eficiencias de escala por actividades económicas del Ecuador 7 y 8 modelo.

Sección	DMUS	Eficiencia global	Eficiencia técnica	Eficiencia de escala
B	Explotación de minas y canteras	100.00%	100.00%	100.00%
D	Suministro de electricidad. gas. vapor y aire acondicionado	100.00%	100.00%	100.00%
F	Construcción	100.00%	100.00%	100.00%
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	100.00%	100.00%	100.00%
J	Información y comunicación	100.00%	100.00%	100.00%
L	Actividades inmobiliarias	100.00%	100.00%	100.00%
M	Actividades profesionales. científicas y técnicas	100.00%	100.00%	100.00%
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	100.00%	100.00%	100.00%
P	Enseñanza	100.00%	100.00%	100.00%
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	100.00%	100.00%	100.00%
S	Otras actividades de servicios	100.00%	100.00%	100.00%
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	71.04%	71.08%	99.94%
H	Transporte y almacenamiento	79.39%	80.74%	98.34%
E	Distribución de agua; alcantarillado. gestión de desechos y actividades de saneamiento	97.70%	100.00%	97.70%
R	Artes. entretenimiento y recreación	61.65%	69.32%	88.94%
C	Industrias manufactureras	55.49%	96.22%	57.67%
K	Actividades financieras y de seguros	46.52%	100.00%	46.52%
Promedio		88.93%	95.14%	93.48%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla podemos observar que todas las unidades eficientes, analizadas en el sexto modelo CRS, son de igual manera eficientes en el octavo modelo VRS, por lo que su eficiencia de escala es igual a uno, estas actividades económicas son las de la sección B, D, F, G, J, L, M, N, P, Q y S. Estas actividades económicas trabajan tanto con eficiencia global como con eficiencia de escala. Por otro lado, las actividades de la sección E y K son actividades que tienen eficiencia técnica, pero no eficiencia de escala ya que están por debajo del 100%. Las actividades económicas de la sección I, H, E, R, C Y k son las que tienen la eficiencia de escala menor a 100%, por lo tanto, estas actividades económicas son las que deben ajustarse al punto de referencia más eficiente como podemos observar en los Anexos. Las actividades económicas en el Ecuador tienen un promedio de 93.48% de eficiencia de escala, teniendo como salida al valor agregado, esto quiere decir que dichas actividades económicas deben ajustarse para generar valor y así poder aportar al producto interno bruto del país.

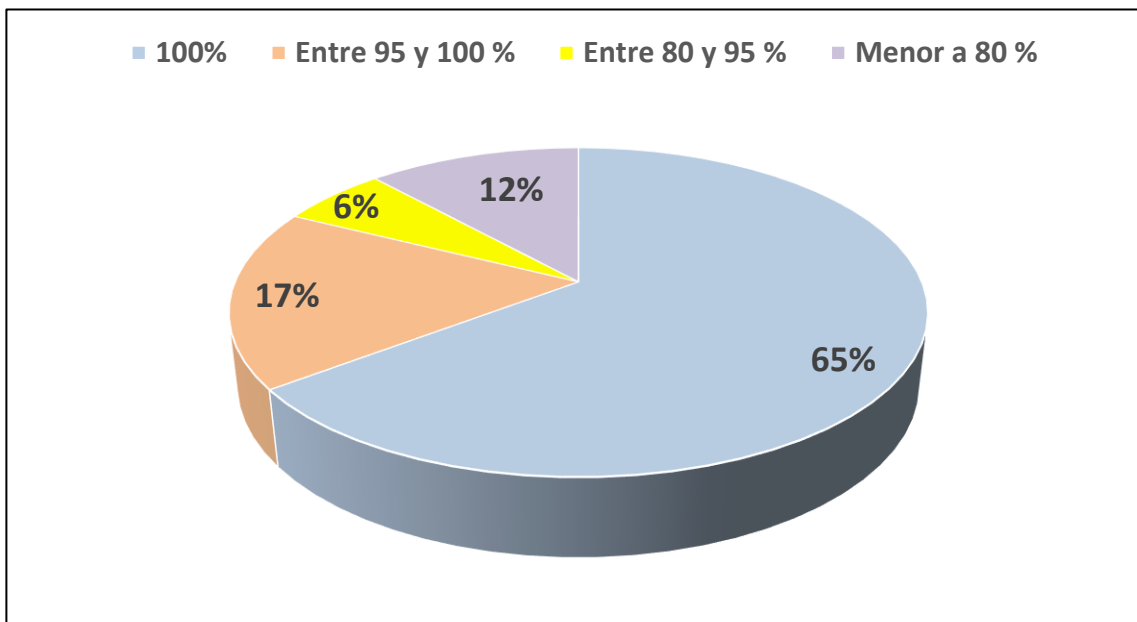


Figura 5-20. Porcentaje de actividades económicas con eficiencia de escala 7 y 8 modelo.

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico anterior podemos observar que 11 actividades económicas que representan el 65% del total de las actividades económicas estudiadas tienen eficiencia de escala igual a 100%, 3 actividades económicas que representan al 17% tiene una eficiencia de escala entre 0.95 y 1; 1 actividad económica que representan al 6% del estudio tiene una eficiencia de escala entre 80% y 95%. Por último, existen dos actividades económicas que tiene su eficiencia menor a 0.8 y esta representa al 12% de las 17 actividades económicas estudiadas en estos modelos.

6 CONCLUSIONES

Yo he viajado, he caminado por todos los lugares, pero jamás he negociado con la sangre de mis hermanos

Tránsito Amaguaña

En el presente trabajo de fin de máster se ha medido la eficiencia de las 24 provincias del Ecuador, además de 17 actividades económicas estratégicas del país del año 2018 usando la metodología DEA. Cabe mencionar que se usa modelos tanto VRS como CRS enfocados en la salida, que para los modelos resueltos se utilizó como salidas al valor agregado y a la producción total de cada provincia y de cada actividad económica. De igual forma, debemos mencionar que los datos que se usaron para este estudio fueron obtenidos del Instituto Nacional de estadística y Censo (INEC), del Banco Central del Ecuador y de la diferente literatura investigada para este caso.

Una vez establecidos los parámetros, definimos los modelos a usar que para este caso son: retornos de escala constante (CRS) y retornos de escala variable (VRS) para las provincias y actividades económicas, tanto para la producción total y para el valor agregado, Obteniendo los siguientes resultados:

En cuanto a las provincias tenemos tres grupos, el primer grupo que lo llamaremos “*grupo eficiente*”, en donde constan 8 provincias, las cuales mantienen su eficiencia técnica al 100%, tanto en el modelo que tenemos como salida al valor agregado y en el modelo donde la salida es la producción total, por lo tanto, estas provincias están aprovechando su capacidad productiva y a la vez están generando valor agregado al producto interno bruto del país, aunque se debe ajustar la capacidad productiva al generar valor agregado. Un pequeño grupo que llamaremos “*grupo de evolución*”, en el cual se encuentran 4 provincias que teniendo como salida la producción bruta son eficientes, pero al analizar el valor agregado tenemos ineficiencia, esto se debe a que están produciendo de una forma acertada en cuanto a capacidad de producción, pero no están agregando valor a dicha producción. Finalmente tenemos al “*grupo de mejora*”, en el cual constan las 12 provincias restantes que a su vez son el 50% del total de provincias, estas provincias no están produciendo a su capacidad óptima de escala, no están siendo eficientes en el uso de sus recursos y no están generando valor agregado de forma eficiente y óptima.

En cuanto a las actividades económicas dividimos en dos grupos, el primero de “*actividades eficientes*” donde constan 13 actividades económicas, que son eficientes tanto con su capacidad de producción, como con el valor agregado que agregan al PIB del país. El segundo grupo consta de dos actividades que las llamaremos “*actividades en evolución*” que son transporte e industrias manufactureras, estas actividades tienen eficiencia productiva, pero les falta un poco para llegar a la eficiencia total con respecto al valor agregado. Finalmente, el grupo “*actividades por mejorar*” donde existen dos actividades (actividades de alojamiento y de servicio de comidas conjuntamente con la actividad de artes, entretenimiento y recreación), estas dos actividades son ineficientes tanto en su capacidad productiva como en el valor agregado que generan. Esto se debe a la poca inversión y la eliminación de algunas secretarías que apoyaban el turismo y la cultura, por lo tanto, vemos reflejados estos datos.

Para un mejor análisis se recomienda para futuros trabajos realizar el Índice de Productividad de Malmquist, ya que este representa el crecimiento de la productividad total de los factores (PTF) de una unidad productiva, además refleja el progreso en eficiencia de conformidad con los cambios tecnológicos en el tiempo, que se manifiesta como desplazamiento de la propia frontera bajo un marco de múltiples insumos y productos (Caves et al., 1982). Esto dará un mejor entendimiento de las eficiencias e ineficiencias de las diferentes DMUs que revisamos en este estudio.

Podemos concluir que, las provincias más eficientes son casualmente las 5 provincias petroleras de la Amazonía, que son: Napo, Morona Santiago, Orellana, Pastaza y Sucumbíos. Además de las dos provincias más grandes del país Pichincha y Guayas. Esto se debe a que en el Ecuador la actividad petrolera es la más importante para la economía del país ya que es el producto que más ingresos genera a las arcas del estado. De igual manera Pichincha y Guayas son las provincias más industrializadas y donde están más del 50% de las empresas tanto de inversión pública como privada. Para que las provincias ineficientes puedan crecer y llegar a la eficiencia, el gobierno central debe relocalizar industrias o servicios y promover la inversión, brindando ayudas o subsidios temporales a las empresas que se establezcan en estos sectores. Además, el gobierno debe mejorar la infraestructura de transporte, comunicación y servicios públicos para una reorganización industrial más equitativa.

Dicho esto, y teniendo como punto de partida la teoría de David Ricardo con su modelo de ventaja comparativa, donde distingue las actividades eficientes de las ineficientes y nos dice que una economía debe especializarse en lo que mejor sabe hacer para generar más riqueza a través del comercio internacional, podemos concluir que el Ecuador debe apostar por estos sectores eficientes como la explotación de minas y canteras, la industria manufacturera, electricidad, gas y agua, el comercio y la construcción.

La industria manufacturera representaba el 12% del PIB del país hasta el 2016, estando por debajo al promedio de América Latina que es del 15%, por lo tanto, a pesar de ser eficiente a nivel local, es ineficiente a nivel regional por lo que se debe generar inversión para el aumento de la capacidad productiva y así poder llegar a la media Latinoamericana.

De igual forma, podemos acotar que la estructura productiva del país tiene una alta participación de sectores como la minería y agricultura representado el 20% del PIB, llegando a ser superior a la media de América Latina y superior a la de países de mayor desarrollo. Por tal motivo esta actividad es la más eficiente en nuestro estudio. Esto se debe a que el Ecuador es un país donde el petróleo es el rubro más alto en las importaciones nacionales y esta característica económica se ha mantenido por más de 30 años. Para repotenciar esta actividad es importante que el país pueda invertir en una refinería más eficiente y óptima, para cumplir con la demanda nacional de productos derivados del petróleo, ya que actualmente el Ecuador es un país que exporta petróleo pero que importa productos derivados del mismo.

Las provincias ineficientes y las actividades económicas ineficientes están relacionadas, ya que vimos en el estudio que estas actividades económicas son parte del sector turístico y a su vez las provincias ineficientes son provincias que viven mayoritariamente del turismo. Por lo tanto, podemos decir que son actividades ineficientes pero que cuentan con una gran demanda si se trabaja de forma acertada y como mencionamos anteriormente el gobierno debe incentivar a las empresas para que inviertan en estas provincias en sectores como la manufactura, el comercio y sobre todo el turismo.

Para lograr este objetivo y entendiendo que el capital humano es el factor productivo creador de valor y que si existe productividad en el trabajo existirá un alto nivel de producción y a su vez ingresos que genera una economía, el gobierno debe enfocarse en estos puntos clave, para aumentar la capacidad productiva y mejorar la eficiencia de las provincias y actividades ineficientes.

- La educación, la capacitación y el conocimiento del capital humano, factor que además se transmite de generación en generación.
- La tecnología que se aplica la producción junto a la innovación en productos y procesos, lo que se conoce como progreso técnico.
- La capacidad organizativa del proceso productivo, lo que involucra la eficiencia y la organización en la producción.
- El volumen y la eficiencia en la utilización de maquinaria, herramientas y equipos en la producción, lo que determina al mismo tiempo una mayor eficiencia en la utilización de la mano de obra.

De la misma manera, para mejorar el crecimiento y la productividad de los sectores ineficientes se debe fomentar la inversión extranjera en capital y tecnología en puntos objetivos como el turismo, comercio, manufactura y extracción de minas y petróleos. También se debe incrementar el gasto público en educación que al final es una inversión, creando universidades o centros de investigación en las provincias con menor nivel de desarrollo, ya que esto genera retención de talento, investigación y desarrollo, surgimiento de nuevos emprendimientos y por ende las provincias se verán envueltas en un crecimiento económico sostenible.

Como recomendación para potenciar a las actividades económicas y al país se debe incrementar el valor agregado en aquellos sectores que tienen margen para hacerlo, por ejemplo, repotenciar la refinería de Esmeraldas o a su vez creación de nuevas refinerías, para que el país no sea exportador de petróleo sino de productos derivados del petróleo generando valor agregado al PIB nacional y abaratando costos a nivel local. De la misma forma en sectores como la manufactura y el comercio crear productos y servicios que cumplan con estándares de calidad internacionales para abaratar costos de producción, pero aumentando el valor de exportación y así generando mayores ingresos a las arcas nacionales. En el sector turístico se recomienda tener políticas de calidad y buen servicio, mejorar las infraestructuras (hoteles, carreteras y transporte público) para así agregar valor al servicio y llegar a ser una potencia turística, ya que el Ecuador tiene todo para llegar a lograrlo en este sector.

REFERENCIAS

- Afonso, A., & St. Aubyn, M. (2013). Public and private inputs in aggregate production and growth: a cross-country efficiency approach. *Applied Economics*, 45(32), 4487–4502. <https://doi.org/10.1080/00036846.2013.791018>
- Alirezaee, M., Hajinezhad, E., & Paradi, J. C. (2018). Objective identification of technological returns to scale for data envelopment analysis models. *European Journal of Operational Research*, 266(2), 678–688. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.10.016>
- Andersen, P., & Petersen, N. C. (1993). A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 39(10), 1261–1264. <http://www.jstor.org/stable/2632964>
- Aparicio, J. (2007). Una introducción al análisis envolvente de datos. *BEIO, Boletín de Estadística e Investigación Operativa, ISSN 1889-3805, Vol. 23, Nº. 1, 2007, Pags. 12-17.*
- Banco Central del Ecuador. (n.d.). *Cuentas Nacionales Regionales*. Retrieved September 25, 2020, from <https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1353-el-533-de-la-producción-nacional-se-genera-en-guayas-y-pichincha>
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078–1092. <https://econpapers.repec.org/RePEc:inm:ormnsc:v:30:y:1984:i:9:p:1078-1092>
- Caballero, R. E., Cadavid, D. V. L., & Agudelo, J. M. (2015). Efficiency of public educational institutions of the district of santa marta (Colombia) through “data envelopment analysis” [Eficiencia en las instituciones educativas públicas de la ciudad de Santa Marta (Colombia) mediante “Análisis Envolvente de Datos.”] *Ingeniare*, 23(4), 579–593. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052015000400009>
- Camino-Mogro, S., Armijos-Bravo, G., & Cornejo-Marcos, G. (2018). Productividad Total de los Factores en el sector manufacturero ecuatoriano: Evidencia a nivel de empresas. *Cuadernos de Economía*, 41(117), 241–261. <https://doi.org/10.32826/cude.v41i117.91>
- Calderón Hoffmann, A., Dini, M., & Stumpo, G. (2016). Los desafíos del Ecuador para el cambio estructural con inclusión social. *CEPAL*.
- Caves, Christensen, and Diewert. 1982. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity. *Econometrica* 50: 1393-1414.

- Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A. Y., & Seiford, L. M. (1997). Data Envelopment Analysis Theory, Methodology and Applications. *Journal of the Operational Research Society*, 48(3), 332–333. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600342>
- Charnes, A., Cooper, W. W., Golany, B., Seiford, L., & Stutz, J. (1985). Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions. *Journal of Econometrics*, 30(1), 91–107. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0304-4076\(85\)90133-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0304-4076(85)90133-2)
- Charnes, A., Cooper, W. W., Huang, Z. M., & Sun, D. B. (1990). Polyhedral Cone-Ratio DEA Models with an illustrative application to large commercial banks. *Journal of Econometrics*, 46(1), 73–91. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0304-4076\(90\)90048-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0304-4076(90)90048-X)
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Charnes, A., Cooper, W. W., Seiford, L., & Stutz, J. (1982). A multiplicative model for efficiency analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 16(5), 223–235. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0038-0121\(82\)90029-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0038-0121(82)90029-5)
- Cooper, W., Park, K. S., & Yu, G. (1999). IDEA and AR-IDEA: Models for Dealing with Imprecise Data in DEA. *Management Science*, 45(4), 597–607. <http://www.jstor.org/stable/2634826>
- Cooper, W., Seiford, L., & Zhu, J. (2011). Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. In *Handbook on Data Envelopment Analysis* (pp. 1–39). https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8_1
- Da Silveira, J. Q., De Mello, J. C. C. B. S., & Meza, L. A. (2012). Brazilian airlines efficiency evaluation using a data envelopment analysis (DEA) and multiobjective linear programming hybrid model [Evaluación de la eficiencia de las compañías aéreas brasileñas a través de un modelo híbrido de análisis envolvente de dat. *Ingeniare*, 20(3), 331–342. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052012000300007>
- Dejuán Asenjo, O. (2017). *Economía (2ª ED.) : fundamentos y claves de interpretación* (Pirámide).
- Din, M., Ghani, E., & Mahmood, T. (2007). Technical Efficiency of Pakistan's Manufacturing Sector: A Stochastic Frontier and Data Envelopment Analysis. *The Pakistan Development Review*, 46(1), 1–18. <http://www.jstor.org/stable/41260785>
- Ebrahimnejad, A., & Hosseinzadeh, F. (2012). Equivalence relationship between the general combined-oriented CCR model and the weighted minimax MOLP formulation. *Journal of King Saud University - Science*, 24(1), 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2010.08.007>

- Elsayed, A., & Shabaan Khalil, N. (2017). Evaluate and Analysis Efficiency of Safaga Port Using DEA-CCR, BCC and SBM Models-Comparison with DP World Sokhna. In Y. I. D. M. M. M. R. J. Segalini A. Coisson E. (Ed.), *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 245, Issue 4). Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/4/042033>
- Emrouznejad, A., & Amin, G. R. (2009). DEA models for ratio data: Convexity consideration. *Applied Mathematical Modelling*, 33(1), 486–498. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apm.2007.11.018>
- Emrouznejad, A., Parker, B. R., & Tavares, G. (2008). Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA. *Socio-Economic Planning Sciences*, 42(3), 151–157. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seps.2007.07.002>
- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253–281. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- Goto, M., Otsuka, A., & Sueyoshi, T. (2014). DEA (Data Envelopment Analysis) assessment of operational and environmental efficiencies on Japanese regional industries. *Energy*, 66, 535–549. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.12.020>
- Grilo, A., & Santos, J. (2015). Measuring efficiency and productivity growth of new technology-based firms in business incubators: the Portuguese case study of Madan Parque. *TheScientificWorldJournal*, 2015, 936252. <https://doi.org/10.1155/2015/936252>
- Herrera, J. L. (2013). *+Productividad (PALIBRIO)*. google-books-id: ObSOAgAAQBAJ
- Herrera, T., Mendoza, A., & Cadavid, D. (2015). Análisis comparativo de eficiencia financiera: Estudio de un caso sectorial en Barranquilla. *Prospectiva*, 13, 16. <https://doi.org/10.15665/rp.v13i2.483>
- Hollingsworth, B., & Smith, P. (2003). Use of ratios in data envelopment analysis. *Applied Economics Letters*, 10(11), 733–735. <https://doi.org/10.1080/1350485032000133381>
- INEC. (2019). *Directorio de Empresas y Establecimientos 2018*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/directoriodeempresas/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (n.d.). *Censo de Poblacion y Vivienda*. Retrieved September 25, 2020, from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2012). *Clasificación Nacional de Actividades Económicas*.

- <https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/metodologias/CIU 4.0.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2020). *Encuesta estructural Empresarial*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-a-empresas/>
- Krugman, P. R., & Wells, R. (2007). *Introducción a la Economía. Macroeconomía* (Reverte (ed.); Reverte). google-books-id: 9kuFd0Hb8T0C
- Kucharčíková, a. (2011). human capital – definitions and approaches. *Human Resources Management*, 11. https://frcatel.fri.uniza.sk/hrme/files/2011/2011_2_05.pdf
- Leal Paço, C., & Cepeda, J. M. (2013). The use of DEA (Data Envelopment Analysis) methodology to evaluate the impact of ICT on productivity in the hotel sector. *Http://Journals.Openedition.Org/Viatourism*, 3. <https://doi.org/10.4000/VIATOURISM.1005>
- Li, R., Wu, J., & Cui, H. (2010). Evaluation and analysis to input-output efficiency of high tech industry in Hebei Province based on DEA. *2010 International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, 4, 1667–1671. <https://doi.org/10.1109/ICMLC.2010.5580990>
- Londoño, L., & Giraldo, Y. (2011). Análisis Envolvente de Datos -DEA- : Una aplicación al sector de telecomunicaciones de países de medianos ingresos. *Ecos De Economía: A Latin American Journal of Applied Economics*, 53–73. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ecos-economia/article/view/196>
- Mankiw, N. G. (2012). *Principios de economía (6a. ed.)*. Cengage Learning. <https://elibro.net/es/lc/bibliotecaus/titulos/93225>
- Martínez, S. R., Quindós, M. P., & Rubiera, F. (2003). *Análisis de la eficiencia en el sector de los servicios avanzados a las empresas: Una aplicación para el caso del Principado de Asturias* (Issue 01/03). <https://econpapers.repec.org/RePEc:uae:wpaper:0103>
- Martinez, H., & Pico, J. J. (2013). Eficiencia y productividad en el comercio del sector manufacturero entre Venezuela y Mercosur. *Revista Venezolana de Gerencia*, 18, 265–290. <https://doi.org/10.31876/revista.v18i62.12884>
- Montoya, O., & Soto, J. (2010). Estimación de la eficiencia técnica de las economías de los departamentos cafeteros de Colombia, por el método de programación lineal análisis envolvente de datos (DEA). *Scientia Et Technica*, 1(44), 348–353. <https://doi.org/10.22517/23447214.1865>
- Navas, E. A. (2008). *Diseño e implementacion de modelos dea en presencia de entradas y salidas enteras. Aplicacion al caso de celulas de fabricacion. Dirigido por Gabriel Villa Caro. Proyecto Fin de Carrera defendido en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería* [Universidad de Sevilla]. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4493/%0A>

- Podinovski, V. V. (2004). On the linearisation of reference technologies for testing returns to scale in FDH models. *European Journal of Operational Research*, 152(3), 800–802. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00702-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00702-6)
- Pumisacho, V. H., & Alvarado, K. M. (2018). Evaluación de eficiencia y productividad de pymes productivas usando análisis envolvente de datos e índice {Malmquist}. *Revista ESPACIOS*, 39(33). <https://www.revistaespacios.com/a18v39n33/18393310.html>
- Rasmussen, S. (2012). *Production Economics: The Basic Theory of Production Optimisation* (Springer Science & Business Media (ed.)). 2012-08-04. <https://books.google.es/books?id=yDGXffClQO8C&printsec=frontcover&dq=production+and+economic&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwix6bm2kJLsAhU4DmMBHVxPDHYQ6AEwAHoECAUQAq#v=onepage&q&f=false>
- Rebeco, J. E. D. G. (2007). *Macroeconomía Intermedia* (Pearson Ed). <https://books.google.es/books?id=VXrSHa7PJb0C&pg=PA202&dq=ahorro+e+inversion&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwibuu-vzaDsAhUKD2MBHWBqA6wQ6AEwCXoECAkQAq#v=onepage&q=ahorro+e+inversion&f=false>
- Skuflic, L., Rabar, D., & Skrinjaric, B. (2013). Assessment of the efficiency of Croatia compared to other European countries using data envelopment analysis with application of window analysis. *Int. J. of Sustainable Economy*, 5, 104–123. <https://doi.org/10.1504/IJSE.2013.050601>
- Soleimani-damaneh, M., Jahanshahloo, G. R., & Reshadi, M. (2006). On the estimation of returns-to-scale in FDH models. *European Journal of Operational Research*, 174(2), 1055–1059. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.01.051>
- Soleimani-damaneh, M., & Reshadi, M. (2007). A polynomial-time algorithm to estimate returns to scale in FDH models. *Computers & Operations Research*, 34(7), 2168–2176. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cor.2005.08.004>
- Sueyoshi, T., & Goto, M. (2011). Measurement of Returns to Scale and Damages to Scale for DEA-based operational and environmental assessment: How to manage desirable (good) and undesirable (bad) outputs? *European Journal of Operational Research*, 211(1), 76–89. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.11.013>
- Thompson, R. G., Langemeier, L. N., Lee, C.-T., Lee, E., & Thrall, R. M. (1990). The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming. *Journal of Econometrics*, 46(1),

93–108. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0304-4076\(90\)90049-Y](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0304-4076(90)90049-Y)

Tone, K. (2001). On Returns to Scale under Weight Restrictions in Data Envelopment Analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 16(1), 31–47. <https://doi.org/10.1023/A:1011147118637>

Villa, G. (2003). *Análisis por Envoltura de Datos (DEA). Nuevos modelos y aplicaciones. (Tesis Doctoral Inédita)*. Universidad de Sevilla.

Wu, J., & An, Q. (2013). Slacks-based measurement models for estimating returns to scale. *Int. J. of Information and Decision Sciences*, 5, 25–35. <https://doi.org/10.1504/IJIDS.2013.052019>

Tabla A1. Entradas y salidas modelo por provincias año 2018.

N.º	Provincias	ENTRADAS					SALIDAS	
		NE (#)	CH (#)	MS (\$)	ID (\$)	CI (\$)	PT (\$)	VA (\$)
1	Azuay	55588	178562	1539335275	25916603.55	4201753303	9545123204	5343369901
2	Bolívar	11835	16208	133435940	1484296.12	403836711	1042807821	638971111
3	Cañar	16787	28474	219259190	649530.06	874448908	1939641400	1065192492
4	Carchi	11119	17467	135987990	909757.26	412537574	1076512479	663974905
5	Chimborazo	28563	52602	424775901	11913991.02	1303377557	3157832847	1854455291
6	Cotopaxi	26508	53686	378069091	7144979.08	1351062665	3303923365	1952860701
7	El Oro	44559	111857	753348472	6787467.90	2551327309	6122179552	3570852243
8	Esmeraldas	21291	45402	366740887	2543563.52	3131391270	6218223446	3086832176
9	Galápagos	3407	9310	116798609	6864450.59	157109385	411643232	254533846
10	Guayas	170363	820208	6835248575	73874989.39	22301562008	48938693107	26637131099
11	Imbabura	30434	65494	480012707	18733893.21	1310729927	3241126496	1930396570
12	Loja	29388	61920	518493560	17316207.72	1101513513	2876058460	1774544946
13	Los Ríos	29693	71987	535147493	9066132.41	2018371836	5575471011	3557099175
14	Manabí	78682	169280	1306611679	13737232.11	4906898850	10969523387	6062624536
15	Morona Santiago	7372	16420	137308559	245638.87	305311644	813182930	507871287
16	Napo	6710	14094	121407944	1281480.76	400042778	863411160	463368382
17	Orellana	8066	17448	142081620	3277763.46	3965818840	8630148728	4664329888
18	Pastaza	6433	12542	102116311	2769989.31	537458446	1251302120	713843673
19	Pichincha	213550	1041962	10187298520	243565588.64	19747989997	46319634920	26571644923
20	Santa Elena	11670	29509	221247743	2462274.77	1591396257	3139279363	1547883106
21	Santo Domingo de los Tsáchilas	25935	50316	337514382	3377399.45	1446011229	3483691703	2037680474
22	Sucumbíos	11240	19744	153637037	2277838.42	1682021069	3570047481	1888026412
23	Tungurahua	42536	92285	679206307	5984075.10	2204899553	5070944230	2866044677
24	Zamora Chinchipe	7414	15861	155781188	862912.55	170513370	472934557	302421188

Tabla A2. Resultados EMS CCR-Output provincias año 2018 primer modelo.

DMU	Eficiencia	Entradas					Salidas
		NE{IN}	CH{IN}	MS{IN}	ID{IN}	CI{I}	PT{O}
Orellana	100.00%	8066	17448	142.08	3.27	3965.81	2561.92
Morona Santiago	100.00%	7372	16420	137.30	0.24	305.31	682.26
Los Ríos	100.00%	29693	71987	535.14	9.06	2018.37	4945.34
Zamora Chinchipe	100.00%	7414	15861	155.78	0.86	170.51	471.01
Cañar	98.90%	16787	28474	219.25	0.64	798.11	1961.28
Carchi	98.77%	11119	17467	135.98	0.90	412.53	1089.90
Santo Domingo de los Tsáchilas	94.87%	25935	50316	337.51	3.37	1446.011	3672.06
Galápagos	94.76%	3407	9310	116.79	6.86	157.10	434.42
Loja	94.40%	29388	61920	518.49	17.31	1101.51	3046.69
Bolívar	94.23%	11835	16208	133.43	1.48	403.83	1106.69
Sucumbíos	92.80%	11240	19744	153.63	2.27	1682.02	3846.99
Pastaza	91.98%	6433	12542	102.11	2.76	537.45	1360.40
El Oro	90.88%	44559	111857	753.34	6.78	2551.32	6736.74
Pichincha	90.84%	213550	1041962	10187.29	243.56	19747.99	50991.85
Guayas	90.11%	170363	820208	6835.24	73.87	22301.56	54311.56
Imbabura	89.46%	30434	65494	480.012	18.73	1310.7299	3623.00
Cotopaxi	88.52%	26508	53686	378.06	7.14	1351.06	3732.46
Esmeraldas	88.40%	21291	45402	366.74	2.54	3093.91	7034.06
Chimborazo	87.68%	28563	52602	424.77	11.91	1303.37	3601.59
Tungurahua	86.45%	42536	92285	679.20	5.98	2204.89	5865.44
Manabí	85.38%	78682	169280	1306.61	13.73	4906.89	12847.18
Azuay	84.33%	55588	178562	1539.33	25.91	4201.75	11318.87
Santa Elena	83.82%	11670	29509	221.24	2.46	1591.39	3745.33
Napo	81.11%	6710	14094	121.40	1.28	400.04	1064.43

Tabla A3. Proyecciones sobre DMUS eficientes CCR-Output provincias año 2018 primer modelo.

N.º	DMU	Eficiencia	Benchmarks
13	Los Ríos	100.00%	18
15	Morona Santiago	100.00%	11
17	Orellana	100.00%	14
24	Zamora Chinchipe	100.00%	5
3	Cañar	98.90%	15 (1.51) 17 (0.09)
4	Carchi	98.77%	13 (0.08) 15 (0.68) 17 (0.01)
21	Santo Domingo de los Tsáchilas	94.87%	13 (0.30) 15 (1.18) 17 (0.12)
9	Galápagos	94.76%	13 (0.06) 24 (0.22)
12	Loja	94.40%	13 (0.37) 24 (2.05)
2	Bolívar	94.23%	13 (0.16) 15 (0.29)
22	Sucumbíos	92.80%	13 (0.12) 15 (0.30) 17 (0.34)
18	Pastaza	91.98%	13 (0.16) 17 (0.05)
7	El Oro	90.88%	13 (0.64) 15 (2.91) 17 (0.10)
19	Pichincha	90.84%	13 (6.78) 17 (1.53)
10	Guayas	90.11%	13 (4.89) 17 (3.14)
11	Imbabura	89.46%	13 (0.55) 24 (1.20)
6	Cotopaxi	88.52%	13 (0.65) 24 (0.18)
8	Esmeraldas	88.40%	15 (2.02) 17 (0.62)
5	Chimborazo	87.68%	13 (0.59) 24 (0.63)
23	Tungurahua	86.45%	13 (0.56) 15 (2.68) 17 (0.06)
14	Manabí	85.38%	13 (1.31) 15 (4.14) 17 (0.25)
1	Azuay	84.33%	13 (1.84) 17 (0.12)
20	Santa Elena	83.82%	13 (0.16) 15 (0.66) 17 (0.27)
16	Napo	81.11%	13 (0.13) 15 (0.28) 17 (0.01)

Tabla A4. Resultados EMS BCC-Output provincias año 2018 segundo modelo.

DMU	Eficiencia	Entradas					Salidas
		NE{I}	CH{I}	MS{I}	ID{I}	CI{I}	PT{O}
Orellana	100.00%	8066	17448	142.08	3.27	3965.81	8630.14
Guayas	100.00%	170363	820208	6835.24	73.87	22301.56	48938.69
Los Ríos	100.00%	29693	71987	535.14	9.06	2018.37	5575.47
Pichincha	100.00%	213550	1041962	10187.29	243.56	19747.99	46319.63
Cañar	100.00%	16787	28474	219.25	0.64	874.44	1939.64
Carchi	100.00%	11119	17467	135.98	0.90	412.53	1076.51
Bolívar	100.00%	11835	16208	133.43	1.48	403.83	1042.80
Galápagos	100.00%	3407	9310	116.79	6.86	157.10	411.64
Morona Santiago	100.00%	7372	16420	137.30	0.24	305.31	813.18
Napo	100.00%	6710	14094	121.40	1.28	400.04	863.41
Pastaza	100.00%	6433	12542	102.11	2.76	537.45	1251.30
Zamora Chinchipe	100.00%	7414	15861	155.78	0.86	170.51	472.93
Santo Domingo de los Tsáchilas	97.44%	25935	50316	337.51	3.37	1446.01	3575.34
El Oro	97.06%	44559	111857	753.34	6.78	2551.32	6307.83
Manabí	96.82%	78682	169280	1306.61	13.73	4906.89	11330.03
Loja	94.49%	29388	61920	518.49	17.31	1101.51	3043.72
Sucumbíos	93.51%	11240	19744	153.63	2.27	1682.02	3817.82
Tungurahua	92.35%	42536	92285	679.20	5.98	2204.89	5491.01
Esmeraldas	91.97%	21291	45402	366.74	2.54	3102.24	6761.14
Azuay	91.77%	55588	178562	1539.33	25.91	4201.75	10400.98
Imbabura	89.50%	30434	65494	480.01	18.73	1310.72	3621.44
Cotopaxi	88.87%	26508	53686	378.06	7.14	1351.06	3717.57
Chimborazo	87.69%	28563	52602	424.77	11.91	1303.37	3601.14
Santa Elena	84.13%	11670	29509	221.24	2.46	1591.39	3731.34

Tabla A5. Proyecciones sobre DMUS eficientes BCC-Output provincias año 2018 segundo modelo.

N.º	DMU	Eficiencias	Benchmarks
17	Orellana	100.00%	7
10	Guayas	100.00%	2
13	Los Ríos	100.00%	11
19	Pichincha	100.00%	1
3	Cañar	100.00%	1
4	Carchi	100.00%	2
2	Bolívar	100.00%	0
9	Galápagos	100.00%	0
15	Morona Santiago	100.00%	5
16	Napo	100.00%	0
18	Pastaza	100.00%	1
24	Zamora Chinchipe	100.00%	3
21	Santo Domingo de los Tsáchilas	97.44%	13 (0.30) 15 (0.53) 17 (0.17)
7	El Oro	97.06%	13 (0.63) 15 (0.05) 17 (0.32)
14	Manabí	96.82%	10 (0.11) 13 (0.51) 17 (0.38)
12	Loja	94.49%	13 (0.50) 24 (0.50)
22	Sucumbíos	93.51%	4 (0.52) 13 (0.05) 17 (0.33) 18 (0.10)
23	Tungurahua	92.35%	13 (0.56) 15 (0.18) 17 (0.26)
8	Esmeraldas	91.97%	3 (0.28) 17 (0.72)
1	Azuay	91.77%	10 (0.06) 13 (0.89) 19 (0.06)
11	Imbabura	89.50%	13 (0.62) 24 (0.38)
6	Cotopaxi	88.87%	4 (0.08) 13 (0.61) 15 (0.31)
5	Chimborazo	87.69%	13 (0.61) 24 (0.39)
20	Santa Elena	84.13%	13 (0.16) 15 (0.57) 17 (0.28)

Tabla A6. Resultados EMS CCR-Output provincias año 2018 tercer modelo.

DMU	Entradas				Salidas	
	Eficiencia	NE{IN}	CH{IN}	MS{IN}	ID{IN}	VA{O}
Morona Santiago	100.00%	7.37	16.42	137.30	0.24	507.87
Orellana	100.00%	8.06	17.44	142.08	3.27	4664.32
Cañar	91.58%	16.78	28.47	219.25	0.65	1163.16
Esmeraldas	78.34%	21.29	45.40	366.74	2.54	3940.14
Sucumbíos	57.04%	11.24	19.74	153.63	2.27	3310.03
Carchi	46.91%	11.11	17.46	135.98	0.91	1415.29
Santa Elena	42.58%	11.67	29.50	221.24	2.46	3635.13
Santo Domingo de los Tsáchilas	40.39%	25.93	50.31	337.51	3.37	5044.99
El Oro	34.90%	44.55	111.85	753.34	6.78	10232.61
Tungurahua	31.70%	42.53	92.28	679.20	5.98	9040.22
Manabí	29.66%	78.68	169.28	1.306.61	13.73	20437.28
Bolívar	29.06%	11.83	16.20	133.43	1.48	2198.55
Los Ríos	27.21%	29.69	71.98	535.14	9.06	13074.02
Guayas	27.04%	170.36	820.20	6.835.24	73.87	98515.89
Napo	24.39%	6.71	14.09	121.40	1.28	1899.76
Zamora Chinchipe	22.47%	7.41	15.86	155.78	0.86	1345.98
Pichincha	21.52%	213.55	1.041.96	10.187.29	243.56	123489.66
Pastaza	21.29%	6.43	12.54	102.11	2.77	3352.32
Cotopaxi	19.05%	26.50	53.68	378.06	7.14	10252.90
Azuay	16.62%	55.58	178.56	1.539.33	25.91	32144.90
Chimborazo	13.30%	28.56	52.60	424.77	11.91	13944.76
Galápagos	12.92%	3.40	9.310	116.79	6.86	1970.16
Imbabura	12.25%	30.43	65.49	480.01	18.73	15758.10
Loja	10.72%	29.38	61.92	518.49	17.31	16552.91

Tabla A7. Proyecciones sobre DMUS eficientes CCR-Output provincias año 2018 tercer modelo.

N.º	DMU	Eficiencia	Benchmarks
1	Azuay	16.62%	17 (6.89)
2	Bolívar	29.06%	15 (0.55) 17 (0.41)
3	Cañar	91.58%	15 (1.51) 17 (0.09)
4	Carchi	46.91%	15 (0.76) 17 (0.22)
5	Chimborazo	13.30%	17 (2.99)
6	Cotopaxi	19.05%	15 (0.54) 17 (2.14)
7	El Oro	34.90%	15 (3.62) 17 (1.80)
8	Esmeraldas	78.34%	15 (2.02) 17 (0.62)
9	Galápagos	12.92%	17 (0.42)
10	Guayas	27.04%	17 (21.12)
11	Imbabura	12.25%	17 (3.38)
12	Loja	10.72%	17 (3.55)
13	Los Ríos	27.21%	15 (1.09) 17 (2.68)
14	Manabí	29.66%	15 (5.61) 17 (3.77)
15	Morona Santiago	100.00%	14
16	Napo	24.39%	15 (0.48) 17 (0.35)
17	Orellana	100.00%	22
18	Pastaza	21.29%	17 (0.72)
19	Pichincha	21.52%	17 (26.48)
20	Santa Elena	42.58%	15 (0.83) 17 (0.69)
21	Santo Domingo de los Tsáchilas	40.39%	15 (1.51) 17 (0.92)
22	Sucumbíos	57.04%	15 (0.43) 17 (0.66)
23	Tungurahua	31.70%	15 (3.31) 17 (1.58)
24	Zamora Chinchipe	22.47%	15 (0.75) 17 (0.21)

Tabla A8. Resultados EMS BCC-Output provincias año 2018 cuarto modelo.

DMU	ENTRADAS					SALIDA
	Eficiencia	NE{IN}	CH{IN}	MS{IN}	ID{IN}	VA{O}
Orellana	100%	55588	178562	1539.33	25.91	4664.32
Guayas	100%	11835	16208	133.43	1.48	26637.13
Cañar	100%	16787	28474	219.25	0.64	1065.19
Galápagos	100%	11119	17467	135.98	0.90	254.53
Morona Santiago	100%	28563	52602	424.77	11.91	507.87
Napo	100%	26508	53686	378.06	7.14	463.36
Pastaza	100%	44559	111857	753.34	6.78	713.84
Pichincha	95%	21291	45402	366.74	2.54	26637.13
Esmeraldas	92%	3407	9310	116.79	6.86	3658.90
Manabí	75%	170363	820208	6835.24	73.87	7919.75
Sucumbíos	59%	30434	65494	480.01	18.73	5756.69
El Oro	58%	29388	61920	518.49	17.31	5954.71
Azuay	57%	29693	71987	535.14	9.06	9074.27
Los Ríos	51%	78682	169280	1306.61	13.73	3294.21
Tungurahua	50%	7372	16420	137.30	0.24	1221.65
Carchi	50%	6710	14094	121.40	1.28	5506.64
Santa Elena	48%	8066	17448	142.08	3.27	3547.58
Santo Domingo de los Tsáchilas	40%	6433	12542	102.11	2.76	4695.34
Bolívar	33%	213550	1041962	10187.29	243.56	1722.02
Cotopaxi	33%	11670	29509	221.24	2.46	5439.04
Chimborazo	31%	25935	50316	337.51	3.37	5773.71
Imbabura	30%	11240	19744	153.63	2.27	5592.37
Zamora Chinchipe	29%	42536	92285	679.20	5.98	933.78
Loja	26%	7414	15861	155.78	0.86	5881.59

Tabla A9. Proyecciones sobre DMUS eficientes BCC-Output provincias año 2018 cuarto modelo.

N.º	DMU	Eficiencia	Benchmarks
17	Orellana	100%	16
10	Guayas	100%	11
3	Cañar	100%	3
9	Galápagos	100%	0
15	Morona Santiago	100%	4
16	Napo	100%	1
18	Pastaza	100%	2
19	Pichincha	100%	10 (1.00)
8	Esmeraldas	84%	3 (0.28) 17 (0.72)
14	Manabí	77%	10 (0.15) 17 (0.85)
7	El Oro	62%	10 (0.05) 17 (0.95)
13	Los Ríos	60%	10 (0.06) 17 (0.94)
1	Azuay	59%	10 (0.20) 17 (0.80)
22	Sucumbíos	57%	3 (0.16) 15 (0.19) 17 (0.65)
4	Carchi	54%	15 (0.77) 17 (0.17) 18 (0.06)
23	Tungurahua	52%	10 (0.04) 17 (0.96)
20	Santa Elena	44%	3 (0.31) 17 (0.69)
21	Santo Domingo de los Tsáchilas	43%	10 (0.00) 17 (1.00)
2	Bolívar	37%	15 (0.57) 17 (0.28) 18 (0.15)
6	Cotopaxi	36%	10 (0.04) 17 (0.96)
11	Imbabura	33%	10 (0.05) 17 (0.95)
5	Chimborazo	33%	10 (0.04) 17 (0.96)
24	Zamora Chinchipe	32%	15 (0.61) 16 (0.29) 17 (0.11)
12	Loja	30%	10 (0.06) 17 (0.94)

Tabla A10. Entradas y salidas modelos por actividades económicas año 2018.

N.º	Descripción	Entradas									Salidas	
		NE (#)	HT (horas)	MS (\$)	CI (\$)	FBKF (\$)	SCE (\$)	VCL (\$)	VEE (\$)	CEE(KWH)	PT (\$)	VA (\$)
1	Explotación de minas y canteras	173	7023257	843249688	4938332923	363916567	1509564325	211325153	384692465	4042430177	11327056841	6388723919
2	Industrias manufactureras	1888	57820179	4388792142	27130963414	3622610509	9479551148	332504820	382940684	4383724798	33404677037	6273713623
3	Suministro de electricidad gas vapor y aire acondicionado	36	3975817	503668923	1697608285	643640792	4254439041	176075271	7672319	78911908	3252680814	1555072529
4	Distribución de agua; alcantarillado gestión de desechos y actividades de saneamiento	78	2956777	208618026	409403319	153165279	475031230	10324435	16505046	339109244	904745327	495342008
5	Construcción	790	12841168	958783437	3354515864	- 17558609	1655131150	86075116	6642359	60882470	4773848829	1419332965
6	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	7251	61091901	4659601978	7180730262	526515847	4862890371	75016528	98464868	1029681813	14110805085	6930074823
7	Transporte y almacenamiento	841	10157200	824633670	3819065533	32272497	1245431713	331501865	28166727	252065245	4951539596	1132474064
8	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	328	9825733	448639852	1088119288	65001362	470800861	16218239	21844893	234124716	1683555609	595436321
9	Información y comunicación	258	7711843	801423407	2774277217	343510020	4161881614	2908743	36802688	294915158	4747508696	1973231479
10	Actividades financieras y de seguros	55	1604592	218961292	2569652270	9564235	126251079	588080	1399066	11238045	2613607373	43955103
11	Actividades inmobiliarias	245	1187696	113986888	602221568	30909814	499295304	1565119	6542131	57173002	984031337	381809769
12	Actividades profesionales científicas y técnicas	716	8238357	605711321	1533423120	2451042	523128887	12896563	4938240	44834287	2284427849	751004729
13	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	514	25605248	1037140012	797761909	84302719	774797708	19714895	4176756	37920199	2020111072	1222349164
14	Enseñanza	347	10882626	1045045363	654619244	240091345	725742415	4889215	12184440	105470347	1802759067	1148139823
15	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	332	6959370	629752334	1286194619	79019638	765813374	3307851	12163964	116168325	1963616801	677422182
16	Artes entretenimiento y recreación	73	1433832	109440860	196261157	19641414	106455813	2258218	2951266	27103702	295745213	99484057
17	Otras actividades de servicios	73	1251331	92607247	116124407	14426190	64372717	1309128	1971713	14494130	235779452	119655046

Tabla A11. Resultados EMS CCR-Output actividades económicas año 2018 quinto modelo.

Sección	DMUs	Eficiencia	Entradas									Salidas
			NE{IN}	HT{IN}	MS{IN}	CI{I}	FBKF{IN}	SCE{IN}	VCL{I}	VEE{I}	CEE{I}	PT{O}
K	Actividades financieras y de seguros	100%	173	7023.25	843.24	4938.33	363.91	1509.56	211.32	384.69	4042.43	11327.05
B	Explotación de minas y canteras	100%	1888	57820.17	4388.79	27130.96	3622.61	9479.55	332.50	382.94	4383.72	33404.67
D	Suministro de electricidad. gas. vapor y aire acondicionado	100%	36	3975.81	503.66	1697.60	643.64	4254.43	176.07	7.67	78.91	3252.68
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	100%	78	2956.77	208.61	409.40	153.16	475.03	10.32	16.50	339.10	904.74
P	Enseñanza	100%	790	12841.16	958.78	3354.51	-17.55	1655.13	86.07	6.64	60.88	4773.84
J	Información y comunicación	100%	7251	61091.90	4659.60	7180.73	526.51	4862.89	75.01	98.46	1029.68	14110.80
M	Actividades profesionales. científicas y técnicas	100%	841	10157.20	824.63	3819.06	32.27	1245.43	331.50	28.16	252.06	4951.53
L	Actividades inmobiliarias	100%	328	9825.73	448.63	1088.11	65.00	470.80	16.21	21.84	234.12	1683.55
S	Otras actividades de servicios	100%	258	7711.84	801.42	2774.27	343.51	4161.88	2.90	36.80	294.91	4747.50
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	100%	55	1604.59	218.96	2569.65	9.56	126.25	0.58	1.39	11.23	2613.60
E	Distribución de agua; alcantarillado. gestión de desechos y actividades de saneamiento	100%	245	1187.69	113.98	602.22	30.90	499.29	1.56	6.54	57.17	984.03
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	100%	716	8238.35	605.71	1533.42	2.45	523.12	12.89	4.93	44.83	2284.42
F	Construcción	100%	514	25605.24	1037.14	797.76	84.30	774.79	19.71	4.17	37.92	2020.11
H	Transporte y almacenamiento	96%	347	10882.62	1045.04	654.61	240.09	725.74	-278.72	9.38	105.47	1881.45
C	Industrias manufactureras	90%	332	6959.37	629.75	1286.19	79.01	765.81	3.30	12.16	-354.79	2191.57
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	88%	73	1433.83	109.44	196.26	19.64	106.45	2.25	2.95	11.12	334.18
R	Artes. entretenimiento y recreación	83%	73	1251.33	92.60	116.12	14.42	64.37	1.30	1.97	14.49	283.13

Tabla A12. Proyecciones sobre DMUS eficientes CCR-Output provincias año 2018 quinto modelo.

Sección	DMUs	Score	Benchmarks
K	Actividades financieras y de seguros	100.00%	4
B	Explotación de minas y canteras	100.00%	4
D	Suministro de electricidad. gas. vapor y aire acondicionado	100.00%	1
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	100.00%	3
P	Enseñanza	100.00%	1
J	Información y comunicación	100.00%	1
M	Actividades profesionales. científicas y técnicas	100.00%	3
L	Actividades inmobiliarias	100.00%	4
S	Otras actividades de servicios	100.00%	2
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	100.00%	0
E	Distribución de agua; alcantarillado. gestión de desechos y actividades de saneamiento	100.00%	0
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	100.00%	0
F	Construcción	100.00%	2
H	Transporte y almacenamiento	104.37%	1 (0.04) 5 (0.38) 10 (0.54) 11 (0.55) 12 (0.41)
C	Industrias manufactureras	111.61%	1 (0.85) 3 (0.70) 9 (0.53) 10 (6.94) 11 (2.73) 13 (1.03)
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	113.00%	1 (0.04) 10 (0.11) 11 (0.24) 12 (0.12) 13 (0.19) 17 (1.02)
R	Artes. entretenimiento y recreación	120.08%	1 (0.00) 5 (0.00) 10 (0.01) 11 (0.05) 12 (0.02) 13 (0.01) 14 (0.04) 17 (0.35)

Tabla A13. Resultados EMS BCC-Output actividades económicas año 2018 sexto modelo.

Sección	DMUS	Eficiencia	Entradas									Salida
			NE{IN}	HT{IN}	MS{IN}	CI{I}	FBKF{IN}	SCE{IN}	VCL{I}	VEE{I}	CEE{I}	PT{O}
C	Industrias manufactureras	100%	1888	57820,18	4388,79	27130,96	3622,61	9479,55	332,50	382,94	4383,72	33404,68
B	Explotación de minas y canteras	100%	173	7023,26	843,25	4938,33	363,92	1509,56	211,33	384,69	4042,43	11327,06
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	100%	7251	61091,90	4659,60	7180,73	526,52	4862,89	75,02	98,46	1029,68	14110,81
J	Información y comunicación	100%	258	7711,84	801,42	2774,28	343,51	4161,88	2,91	36,80	294,92	4747,51
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	100%	514	25605,25	1037,14	797,76	84,30	774,80	19,71	4,18	37,92	2020,11
P	Enseñanza	100%	347	10882,63	1045,05	654,62	240,09	725,74	4,89	12,18	105,47	1802,76
E	Distribución de agua; alcantarillado, gestión de desechos y actividades de saneamiento	100%	78	2956,78	208,62	409,40	153,17	475,03	10,32	16,51	339,11	904,75
H	Transporte y almacenamiento	100%	841	10157,20	824,63	3819,07	32,27	1245,43	331,50	28,17	252,07	4951,54
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	100%	332	6959,37	629,75	1286,19	79,02	765,81	3,31	12,16	116,17	1963,62
D	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	100%	36	3975,82	503,67	1697,61	643,64	4254,44	176,08	7,67	78,91	3252,68
F	Construcción	100%	790	12841,17	958,78	3354,52	-17,56	1655,13	86,08	6,64	60,88	4773,85
K	Actividades financieras y de seguros	100%	55	1604,59	218,96	2569,65	9,56	126,25	0,59	1,40	11,24	2613,61
L	Actividades inmobiliarias	100%	245	1187,70	113,99	602,22	30,91	499,30	1,57	6,54	57,17	984,03
M	Actividades profesionales, científicas y técnicas	100%	716	8238,36	605,71	1533,42	2,45	523,13	12,90	4,94	44,83	2284,43
S	Otras actividades de servicios	100%	73	1251,33	92,61	116,12	14,43	64,37	1,31	1,97	14,49	235,78
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	89%	328	9825,73	448,64	1088,12	65,00	470,80	16,22	21,84	221,59	1900,71
R	Artes, entretenimiento y recreación	88%	73	1433,83	109,44	196,26	19,64	106,46	2,26	2,95	27,10	337,48

Tabla A14. Proyecciones sobre DMUS eficientes BCC-Output provincias año 2018 sexto modelo.

Sección	DMUS	Eficiencia	Benchmarks
C	Industrias manufactureras	100%	0
B	Explotación de minas y canteras	100%	2
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	100%	0
J	Información y comunicación	100%	1
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	100%	1
P	Enseñanza	100%	1
E	Distribución de agua; alcantarillado. gestión de desechos y actividades de saneamiento	100%	1
H	Transporte y almacenamiento	100%	0
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	100%	0
D	Suministro de electricidad. gas. vapor y aire acondicionado	100%	1
F	Construcción	100%	0
K	Actividades financieras y de seguros	100%	2
L	Actividades inmobiliarias	100%	1
M	Actividades profesionales. científicas y técnicas	100%	1
S	Otras actividades de servicios	100%	2
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	89%	1 (0.05) 10 (0.09) 11 (0.22) 12 (0.20) 13 (0.15) 14 (0.06) 17 (0.23)
R	Artes. entretenimiento y recreación	88%	1 (0.00) 3 (0.00) 4 (0.01) 9 (0.00) 10 (0.02) 17 (0.96)

Tabla A15. Resultados EMS CCR-Output actividades económicas año 2018 séptimo modelo.

Sección	DMUs	Eficiencia	Entradas								Salidas
			NE{IN}	HT{IN}	MS{IN}	FBKF{IN}	SCE{IN}	VCL{I}	VEE{I}	CEE{I}	VA{O}
B	Explotación de minas y canteras	100,00%	173	7023,26	843,25	363,92	1509,56	211,33	384,69	4042,43	6388,72
D	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	100,00%	36	3975,82	503,67	643,64	4254,44	176,08	7,67	78,91	1555,07
J	Información y comunicación	100,00%	258	7711,84	801,42	343,51	4161,88	2,91	36,80	294,92	1973,23
M	Actividades profesionales, científicas y técnicas	100,00%	716	8238,36	605,71	2,45	523,13	12,90	4,94	44,83	751,00
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	100,00%	514	25605,25	1037,14	84,30	774,80	19,71	4,18	37,92	1222,35
L	Actividades inmobiliarias	100,00%	245	1187,70	113,99	30,91	499,30	1,57	6,54	57,17	381,81
P	Enseñanza	100,00%	347	10882,63	1045,05	240,09	725,74	4,89	12,18	105,47	1148,14
S	Otras actividades de servicios	100,00%	73	1251,33	92,61	14,43	64,37	1,31	1,97	14,49	119,66
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	100,00%	7251	61091,90	4659,60	526,52	4862,89	75,02	98,46	1029,68	6930,07
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	100,00%	332	6959,37	629,75	79,02	765,81	3,31	12,16	116,17	677,42
F	Construcción	100,00%	790	12841,17	958,78	-17,56	1655,13	86,08	6,64	60,88	1419,33
E	Distribución de agua; alcantarillado, gestión de desechos y actividades de saneamiento	97,70%	78	2956,78	208,62	153,17	475,03	10,32	16,51	165,22	507,00
H	Transporte y almacenamiento	79,39%	841	10157,20	824,63	32,27	1245,43	46,26	25,38	252,07	1426,41
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	71,04%	328	9825,73	448,64	65,00	470,80	16,22	21,84	219,54	838,19
R	Artes, entretenimiento y recreación	61,65%	73	1433,83	109,44	19,64	106,46	1,88	2,95	27,10	161,36
C	Industrias manufactureras	55,49%	1888	57820,18	4388,79	3622,61	9479,55	332,50	382,94	3907,44	11306,32
K	Actividades financieras y de seguros	46,52%	55	1604,59	218,96	9,56	126,25	0,59	1,29	11,24	94,48

Tabla A16. Proyecciones sobre DMUS eficientes CCR-Output provincias año 2018 séptimo modelo.

Sección	DMUS	Eficiencia	Benchmarks
B	Explotación de minas y canteras	100.00%	5
D	Suministro de electricidad. gas. vapor y aire acondicionado	100.00%	2
J	Información y comunicación	100.00%	2
M	Actividades profesionales. científicas y técnicas	100.00%	2
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	100.00%	5
L	Actividades inmobiliarias	100.00%	6
P	Enseñanza	100.00%	5
S	Otras actividades de servicios	100.00%	2
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	100.00%	1
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	100.00%	0
F	Construcción	100.00%	1
E	Distribución de agua; alcantarillado. gestión de desechos y actividades de saneamiento	97.70%	1 (0.03) 3 (0.01) 9 (0.07) 11 (0.02) 13 (0.06) 14 (0.05)
H	Transporte y almacenamiento	79.39%	1 (0.04) 5 (0.34) 11 (0.64) 12 (0.57) 14 (0.01)
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	71.04%	1 (0.04) 6 (0.01) 11 (0.21) 13 (0.24) 17 (0.97)
R	Artes. entretenimiento y recreación	61.65%	1 (0.00) 11 (0.06) 12 (0.02) 13 (0.01) 14 (0.05) 17 (0.32)
C	Industrias manufactureras	55.49%	1 (0.83) 3 (0.71) 9 (0.54) 11 (2.16) 13 (1.00) 14 (1.54)
K	Actividades financieras y de seguros	46.52%	11 (0.16) 13 (0.01) 14 (0.01)

Tabla A17. Resultados EMS BCC-Output actividades económicas año 2018 octavo modelo.

Sección	DMUs	Eficiencia	Entradas								Salida
			NE{IN}	HT{IN}	MS{IN}	FBKF{IN}	SCE{IN}	VCL{I}	VEE{I}	CEE{I}	VA{O}
B	Explotación de minas y canteras	100,00%	173	7023,257	843,250	363,917	1509,564	211,325	384,692	4042,430	6388,724
J	Información y comunicación	100,00%	258	7711,843	801,423	343,510	4161,882	2,909	36,803	294,915	1973,231
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	100,00%	7251	61091,901	4659,602	526,516	4862,890	75,017	98,465	1029,682	6930,075
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	100,00%	514	25605,248	1037,140	84,303	774,798	19,715	4,177	37,920	1222,349
P	Enseñanza	100,00%	347	10882,626	1045,045	240,091	725,742	4,889	12,184	105,470	1148,140
E	Distribución de agua; alcantarillado, gestión de desechos y actividades de saneamiento	100,00%	78	2956,777	208,618	153,165	475,031	10,324	16,505	339,109	495,342
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	100,00%	332	6959,370	629,752	79,020	765,813	3,308	12,164	116,168	677,422
D	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	100,00%	36	3975,817	503,669	643,641	4254,439	176,075	7,672	78,912	1555,073
F	Construcción	100,00%	790	12841,168	958,783	-17,559	1655,131	86,075	6,642	60,882	1419,333
K	Actividades financieras y de seguros	100,00%	55	1604,592	218,961	9,564	126,251	0,588	1,399	11,238	43,955
L	Actividades inmobiliarias	100,00%	245	1187,696	113,987	30,910	499,295	1,565	6,542	57,173	381,810
M	Actividades profesionales, científicas y técnicas	100,00%	716	8238,357	605,711	2,451	523,129	12,897	4,938	44,834	751,005
S	Otras actividades de servicios	100,00%	73	1251,331	92,607	14,426	64,373	1,309	1,972	14,494	119,655
C	Industrias manufactureras	96,22%	1888	57820,179	4388,792	3622,611	9479,551	178,298	315,340	3312,442	6519,893
H	Transporte y almacenamiento	80,74%	841	10157,200	824,634	32,272	1245,432	55,429	24,830	252,065	1402,663
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	71,08%	328	9825,733	448,640	65,001	470,801	16,218	21,845	222,240	837,682
R	Artes, entretenimiento y recreación	69,32%	73	1433,832	109,441	19,641	106,456	2,258	2,951	26,353	143,508

Tabla A18. Proyecciones sobre DMUS eficientes BCC-Output provincias año 2018 octavo modelo.

Sección	DMUs	Eficiencia	Benchmarks
B	Explotación de minas y canteras	100.00%	4
J	Información y comunicación	100.00%	1
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	100.00%	3
N	Actividades de servicios administrativos y de apoyo	100.00%	1
P	Enseñanza	100.00%	1
E	Distribución de agua; alcantarillado. gestión de desechos y actividades de saneamiento	100.00%	1
Q	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	100.00%	0
D	Suministro de electricidad. gas. vapor y aire acondicionado	100.00%	1
F	Construcción	100.00%	1
K	Actividades financieras y de seguros	100.00%	1
L	Actividades inmobiliarias	100.00%	2
M	Actividades profesionales. científicas y técnicas	100.00%	1
S	Otras actividades de servicios	100.00%	2
C	Industrias manufactureras	96.22%	1 (0.76) 6 (0.24)
H	Transporte y almacenamiento	80.74%	1 (0.04) 5 (0.49) 6 (0.03) 11 (0.28) 12 (0.16)
I	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	71.08%	1 (0.04) 6 (0.01) 11 (0.20) 13 (0.24) 14 (0.02) 17 (0.48)
R	Artes. entretenimiento y recreación	69.32%	1 (0.00) 3 (0.00) 4 (0.01) 9 (0.00) 10 (0.06) 17 (0.92)