



**La función de producción  
Cobb-Douglas: Caso del  
sector C20 de fabricación  
de sustancias y productos  
químicos**



# La función de producción Cobb-Douglas: Caso del sector C20 de fabricación de sustancias y productos químicos

---

**Silvia Mejía-Matute**  
smejia@uazuay.edu.ec

**Luis Pinos-Luzuriaga**  
lpinos@uazuay.edu.ec

**Christopher León-Cando**  
chrisleonc@es.uazuay.ec

**María Urigüen-García**  
majouriguen@es.uazuay.edu.ec

## Resumen

¿Cuál es el aporte de los factores de producción o *inputs* del trabajo y del capital en el nivel de producción de bienes en el sector C20?

El objetivo de esta investigación fue construir la función de producción Cobb-Douglas para el sector de la industria manufacturera C20 de fabricación de sustancias y productos químicos (entre otros), destacada por los encadenamientos productivos con otros sectores como la construcción, el comercio y el transporte. Para la estimación de la función se utilizaron dos modelos econométricos: el primero y más usado, se basa en el análisis de series de tiempo; y el segundo, emplea los denominados datos de panel. Ambos modelos permitieron comprobar que en este sector el trabajo es el factor determinante de su crecimiento, aunque existen diferencias en la magnitud de los parámetros que resultan de cada modelo.

## Palabras clave

Función Cobb-Douglas, productividad, trabajo, capital, fabricación de productos químicos

## Introducción

Uno de los principales temas de la Economía es la producción de bienes y servicios, llevada cabo por unidades productivas llamadas empresas. En el mercado existen millones de productos generados por millones de empresas, las cuales combinan distintas cantidades de factores de producción para lograr su cometido (manufacturar y maximizar beneficios). Por ejemplo, para producir un insecticida, las empresas químicas utilizan diversos factores como el trabajo humano medido en horas laborables (o cierta cantidad de trabajadores), bienes de capital como equipos, maquinaria, bodegas y naves industriales y, por supuesto, ciertos conocimientos tecnológicos. En este sentido, la teoría de la producción se preocupa de brindar al empresario información y herramientas necesarias para que la empresa organice eficientemente su proceso de producción y maximice los beneficios para sus propietarios.

La función de producción puede entenderse como la “expresión numérica o matemática de una relación entre los insumos y el producto total. [Además] Indica las unidades totales del producto como una función de las unidades de insumos” (Case et al, 2012, p. 152), es decir, muestra las distintas cantidades de producto que se pueden obtener combinando los diferentes factores de producción dado cierto nivel de tecnología y/o conocimientos.

En este sentido, en el presente artículo se estimará la función de producción Cobb- Douglas<sup>1</sup> -propuesta como un modelo que busca pronosticar el crecimiento económico-; primero, planteando la función de producción que está compuesta por variables como el producto o el *output* (Q), el capital (K), el trabajo (L) y el conocimiento y tecnología (T). En cualquier momento, la economía tiene cantidades de capital, trabajo y tecnología y estos, a la vez, se combinan para obtener el producto. Así tenemos:

$$Q(t)=f( K(t),L(t) T(t))$$

(Donde t es el tiempo)

En este caso el tiempo no está dentro de la función de producción, sino a través de los factores K, L y T; por tanto, la producción cambiaría a lo largo del tiempo solo si cambian los factores de producción. También hay que notar que los factores L y A entran en la función de manera multiplicativa (denominado como trabajo aumentado), al cual nos referiremos a lo largo de este estudio simplemente como L.

Este modelo tiene una importante premisa: considerar rendimientos a escala constantes y que la tecnología no cambie. Sin embargo, estos supuestos pueden significar limitaciones para el análisis, dado que las empresas pueden realizar innovaciones tecnológicas y organizacionales. Adicio-

---

1 En 1927, el matemático Charles Cobb y el profesor de Economía de la Universidad de Chicago, Paul Douglas, quienes utilizando datos de la manufactura en Estados Unidos durante el período 1899- 1922, explicaron el crecimiento de la producción a partir de los factores de trabajo y capital.

nalmente, el de rendimientos de escala constantes es una combinación de otros dos supuestos: el primero plantea que la economía es lo suficientemente grande, de manera que las ganancias de la especialización han sido agotadas. En pequeñas economías es probable que haya más espacio para la especialización, de manera que si se doblara la cantidad de factores de producción puede más que duplicar su producto total. El segundo, es que los factores diferentes al trabajo, capital y tecnología son irrelevantes, por ejemplo, la tierra y otros recursos naturales. En este sentido, si los recursos naturales fueran importantes, duplicar el capital y el trabajo podría menos que duplicar la producción. Lo mismo sucede con otros modelos de crecimiento económico, los recursos naturales no parecen ser una restricción importante.

Desde que la función Cobb-Douglas fue creada, se ha usado continuamente para estimar los parámetros que muestran cuánto contribuyen los factores de producción al producto total de una industria, un sector o un país. Briones, Molero y Calderón (2018) plantean una función Cobb-Douglas para el período 1950-2014, utilizando Mínimos Cuadrados Ordinarios para el análisis empírico. El modelo estimado muestra la existencia de una relación positiva entre el capital y trabajo con respecto al PIB real; cuyo resultado fue que, por cada incremento del 1% en el stock de capital bruto a nivel nacional, la producción total incrementa en 0,66%; manteniendo el número de empleados. Así mismo, por cada incremento del 1% en el número de empleados, la producción total aumenta en 0,36%, manteniendo el capital. Por lo que, según este estudio, la producción ecuatoriana en el periodo de análisis es más intensiva en capital que en trabajo.

Por otro lado, el estudio realizado por Cedillo y Jumbo (2018) para el periodo 1990-2016 -el cual estima la función de producción para el Ecuador aplicando un modelo *log-log*- obtiene como resultado que el factor trabajo es el que más aporta a la producción real del país, ya que por cada punto porcentual que aumenta el número de trabajadores, el producto total incrementa 0.7412%, manteniendo el factor capital. Además, por cada punto porcentual que aumenta el factor capital, el producto total incrementa 0.2197%, manteniendo el factor trabajo. De esta manera, la producción es intensiva en el factor trabajo.

En el caso de las empresas ecuatorianas, se presentan diferentes resultados de cómo se explica la función de producción Cobb-Douglas, teniendo en cuenta la diversidad sectorial de la economía ecuatoriana. Por este motivo, en este artículo se expone la estimación de la función de producción Cobb- Douglas aplicada al sector C20.

A continuación se detalla la metodología utilizada, los principales indicadores que describen al sector de análisis y los parámetros obtenidos a partir de la aplicación del modelo econométrico.

## Metodología

Para realizar este análisis se usó el enfoque cuantitativo aplicado a la población de 146 empresas del sector C20 de fabricación de sustancias y productos químicos que presentaron la información completa sobre sus estados financieros, con una ventana temporal 2010- 2019. También se realizó un modelo econométrico con datos de panel de efectos fijos; para ello, se estudió a las

empresas a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta con dos dimensiones: espacio y tiempo. La estimación de los parámetros se realizó a través del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) por lo que se debió transformar la función para que se cumpla el supuesto de linealidad; teniendo en mente que la forma estocástica de la función de producción tradicional tiene la siguiente forma:

$$Q_t = \beta_1 L_t^{\beta_2} K_t^{\beta_3} e_{ut}$$

Q: Nivel de Producción

L: insumo trabajo

K: insumo capital

u: término de perturbación estocástica

e: base de logaritmo natural

Adicionalmente, el subíndice t hace referencia a tiempo.

Para lograr este supuesto, se aplicó logaritmos a los dos lados de la ecuación, teniendo como resultado la siguiente función log-log:

$$\ln Q_t = \ln \beta_1 + \beta_2 \ln L_t + \beta_3 \ln K_t + u_t$$

Donde  $\beta_0 = \ln \beta_1$

Donde las interpretaciones por medio de los parámetros de  $\beta_2, \beta_3$  representan las elasticidades parciales de la producción total con respecto a la variable trabajo o el capital, cuando la otra variable es constante.

Debido a la pequeña cantidad de datos en el modelo anterior (la cual se trabaja con datos en series de tiempo), se propuso usar del modelo de datos de panel de tipo balanceado, es decir, cada empresa tiene el mismo número de observaciones; debido a esto, se incluyó a 146 empresas del sector de fabricación de sustancias y productos químicos con datos de 10 años. Dicha información se obtuvo de los estados financieros de las empresas registrados en la Superintendencia de Compañías, Seguros y Valores (2022). También se usaron variables proxy del modelo original y en el caso de la variable dependiente, los ingresos operativos en lugar del PIB real; como variables independientes se emplearon: el número de trabajadores como variable proxy del trabajo, el activo fijo neto e inventarios como variables proxy de la inversión de largo y corto plazo respectivamente. Cabe recalcar también que se trabajó con el logaritmo de las variables analizadas. La especificación del modelo es:

$$[(\ln Vtas)]_{it} = [\beta_1]_{it} + \beta_2 [(\ln AFN)]_{it} + \beta_3 [(\ln Inventarios)]_{it} + \beta_4 [(\ln Trabajo)]_{it} + u_{it}$$

Se estimó el modelo a partir de algunas posibilidades para determinar cuál se ajusta mejor al sector: en primer lugar, el modelo de mínimos cuadrados agrupados, en donde no se toma en cuenta la heterogeneidad ni a través de los agentes ni a lo largo del tiempo; en segundo lugar, el modelo de mínimos cuadrados con variables dicótomas de efectos fijos con sus tres posibilidades: la heterogeneidad (únicamente entre las empresas), la heterogeneidad a lo largo del tiempo y la heterogeneidad entre empresas y a lo largo del tiempo; y por último, el modelo de efectos aleatorios, en donde los valores de los interceptos son una extracción aleatoria (Anexo 1).

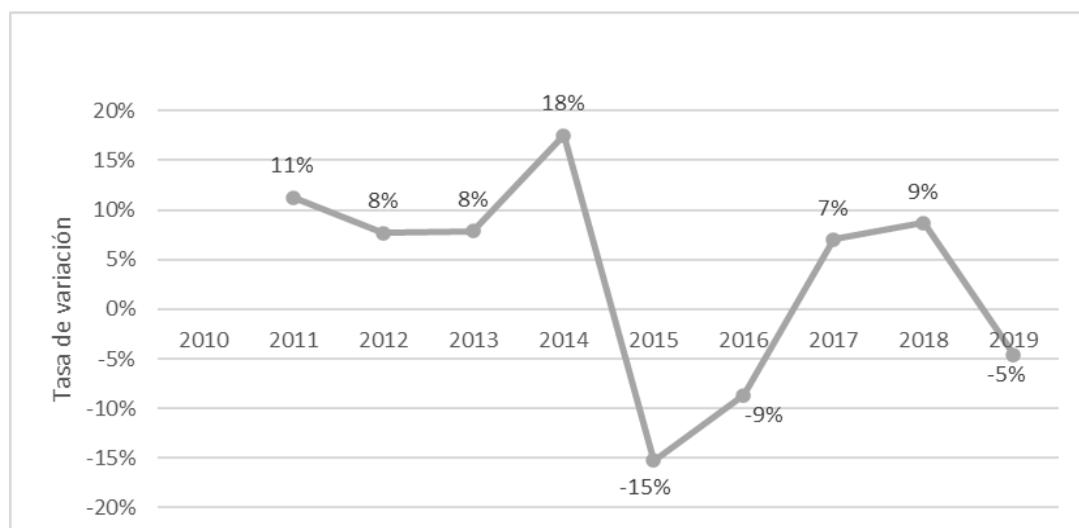
A partir de las pruebas se obtuvo que el mejor modelo, en este caso, es el de efectos fijos, ya que toma en cuenta la heterogeneidad de los agentes (Anexo 2). Una vez estimado el mejor modelo, se efectuaron pruebas de validación de autocorrelación y heterocedasticidad y su respectiva corrección (Anexo 3).

## Resultados

Previo a la estimación del modelo econométrico, es necesario visualizar y analizar la evolución de las variables utilizadas en este estudio. En la Figura 1, se puede observar cómo han variado las ventas del sector de sustancias y productos químicos; donde destaca el 2014 por ser el año de mayor crecimiento de ventas, mientras que el 2015 fue el año en el que más decrecieron. Sin embargo, en promedio las ventas crecieron en un 4% por año entre 2010 y 2019.

**Figura 1**

*Evolución de las ventas del sector C20*

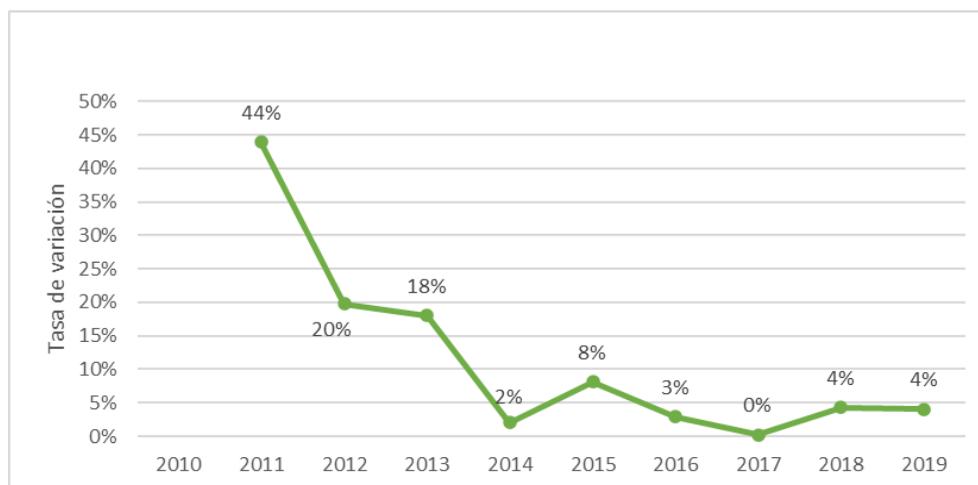


Nota. Tomado de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (2022).

En la Figura 2, el comportamiento de la tasa de crecimiento del activo fijo neto del sector C20 tiene una tendencia decreciente, es decir, a pesar de que en todos los años la inversión creció (exceptuando en el 2017, en donde no hubo crecimiento), lo hizo a una tasa menor. Además, la mayor variación positiva de la inversión en activos fijos se concentró en los años 2011, 2012 y 2013, disminuyendo significativamente en los siguientes años. Se calculó un promedio de crecimiento del 11%.

## Figura 2

*Evolución del activo fijo neto del sector C20*

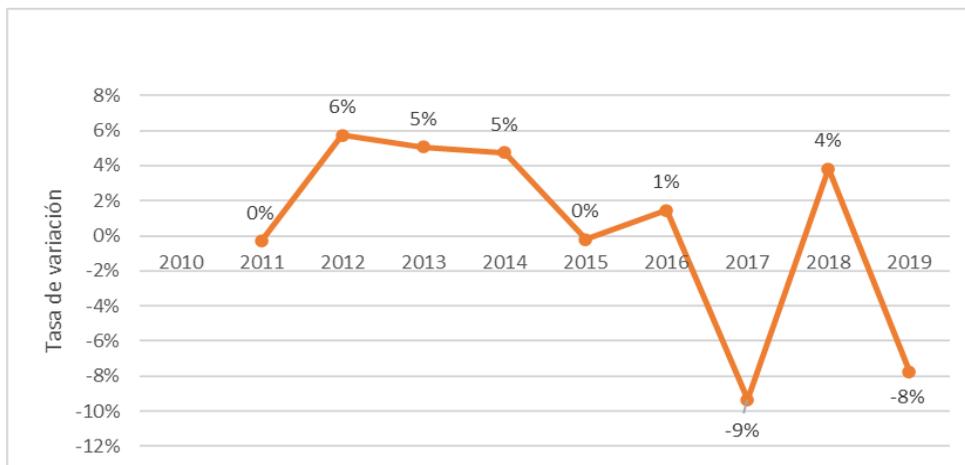


*Nota.* Tomado de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (2022).

En el caso de la Figura 3, se puede observar cómo ha variado el número de trabajadores del sector C20. Así, en 2012, 2013 y 2014 se registró un crecimiento sostenido alrededor del 5%; sin embargo, a partir del 2015, existió un comportamiento irregular que se puede asociar con las ventas. Al final, se puede decir que cuando caen las ventas, se tiende a reducir el número de empleados en el sector de fabricación de sustancias y productos químicos.

### Figura 3

Evolución del número de trabajadores del sector C20



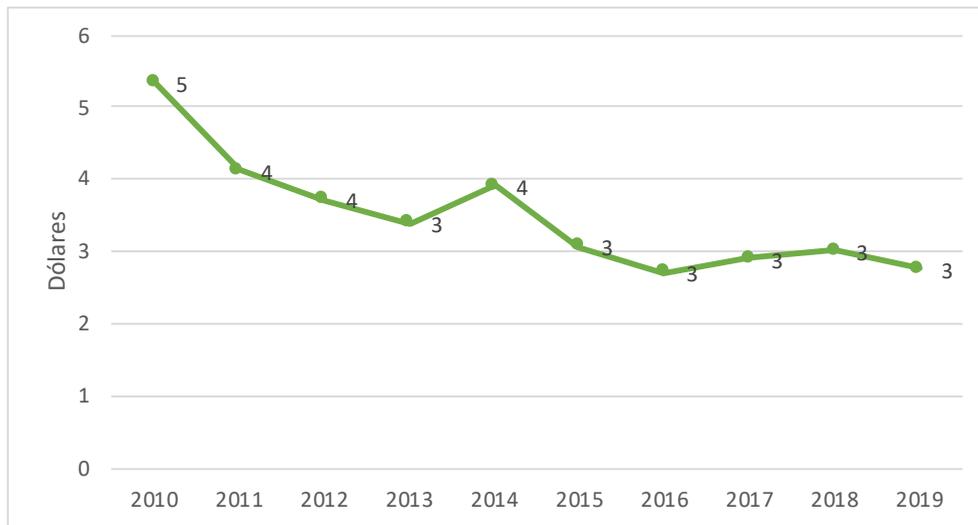
Nota. Tomado en la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (2022).

### Producto medio anual del trabajo y del capital

En la Figura 4, se evidencia que el producto medio anual del capital a largo plazo tiene una tendencia decreciente. De esta manera, en promedio, cada dólar destinado al capital de largo plazo genera 3,50 USD en ventas. En el caso de la Figura 5, se puede ver una tendencia irregular: en promedio, cada trabajador contribuye en las ventas en 157.685 USD. Por último, en la Figura 6, el capital a corto plazo posee una tendencia constante; además, en promedio, cada dólar destinado al capital de corto plazo produce ventas de 6 USD.

**Figura 4**

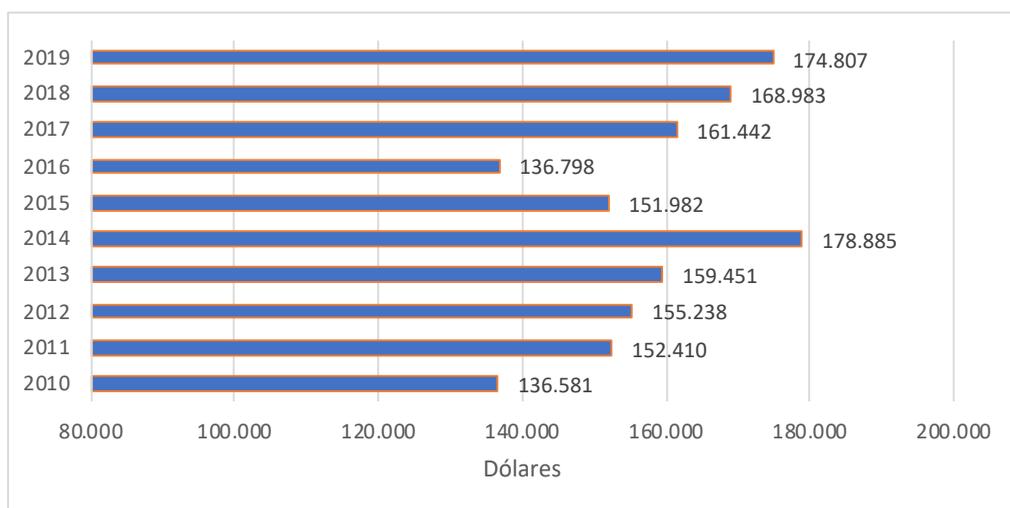
*Producto medio del capital a largo plazo*



Nota. Tomado de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (2022).

**Figura 5**

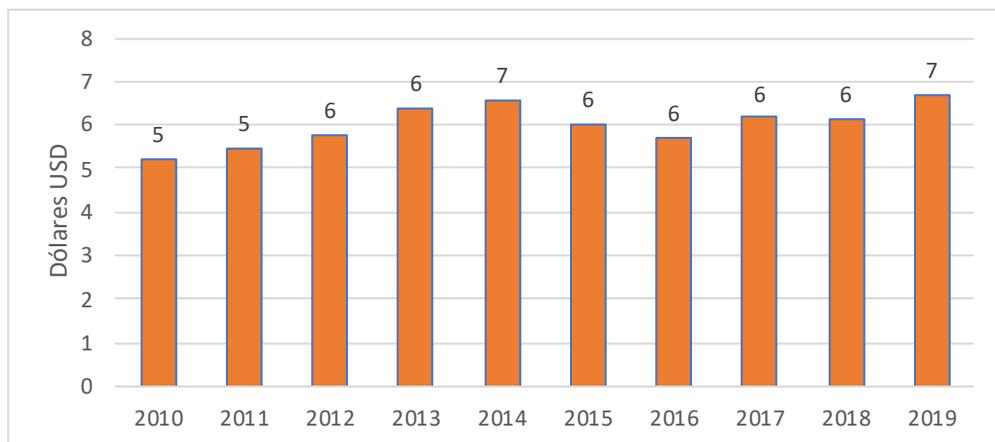
*Producto medio del trabajo*



Nota. Tomado de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (2022).

**Figura 6**

Producto medio del capital de corto plazo



Nota. Tomado de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (2022).

## Resultados del modelo

### Ecuación 2

Función Cobb Douglas sector C20

$$[\text{LnVentas}]_{it} = 10,0464 + 0,0904([\text{LnAFN}]_{it}) + 0,1801([\text{LnTrabajo}]_{it}) + 0,2055([\text{LnInventarios}]_{it}) + \text{Uit}$$

**Tabla 1**

Resultados finales de la Función Cobb-Douglas del sector C20

		lnAFN	lnTrabajo	lnInventarios
	10,0464***	0,0904***	0,1801***	0,2055***
se	0,0904	0,0291	0,0352	0,4075
t	3,9765	7,0754	5,1157	24,6515
p valor	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
F	177,6449			
R2	0,9525			

Nota. \*\*\* Significancia al 1%.

La Tabla 1 refleja que la variable que más aporta al crecimiento de las ventas de este sector es la inversión en inventarios, tomando en cuenta que por cada punto porcentual que crezca la inversión en inventarios, las ventas crecen en 0,2055%.

Por otro lado, por cada punto porcentual que aumente el número de trabajadores, las ventas crecen en 0,1801% y por cada punto porcentual que crezca la inversión en activos fijos, las ventas aumentan 0,0904%.

Cabe mencionar que el sector de análisis presenta economías de escala decrecientes, plasmadas en 0,476%, lo que quiere decir que un aumento de 1% de los factores de producción (activos fijos, trabajadores e inventarios) provocará un aumento de 0,476% en el nivel de producción (ventas).

De la misma manera, en la Tabla 1 se muestra que todas las variables resultaron significativas individualmente al igual que el modelo en su conjunto, evidenciándose en el estadístico F con 177. Además, se puede destacar que las variables de activos fijos, trabajadores e inventarios explican un 95,25% de la variación de las ventas del sector C20.

En la Tabla 2 se realizaron las pruebas de hipótesis respectivas de los coeficientes estimados. Los resultados se pueden ver a continuación:

## Tabla 2

### Pruebas de hipótesis para evaluar la significancia estadística

Elementos a evaluar	AFN	Trabajo	Inventarios	Global	Criterio de decisión
Ho	=0	=0	=0	==	
	=0	=0	=0	Al menos uno es diferentes a cero	
P	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	
Decisión	Se rechaza la Hipótesis Nula, por lo que la variable es significativa individualmente para explicar las ventas del sector C20.	Se rechaza la Hipótesis Nula, por lo que la variable es significativa individualmente para explicar las ventas del sector C20.	Se rechaza la Hipótesis Nula, por lo que la variable es significativa individualmente para explicar las ventas del sector C20.	Se rechaza la Hipótesis Nula, por lo que el modelo es significativo en su conjunto, para explicar las ventas del sector C20.	Rechazo la Hipótesis Nula si $p < 0.05$

## Conclusiones

En el análisis del sector de Fabricación de sustancias y productos químicos se encontró que el modelo de producción (con la variable proxy Ventas) se explica, sobre todo, por la inversión en inventarios y el trabajo; variables que se mueven a corto plazo, siendo muy importante para el aspecto operativo de las empresas al evaluar el nivel de producción y ventas. El modelo desarrollado con información de las empresas declarada en la Superintendencia de Compañías y la aplicación del modelo econométrico de datos del panel permitió determinar que, ceteris paribus, cuando se incrementa el número de “trabajadores” en 1%, esta industria incrementará su producción en 0,1801%, notándose una significancia estadística en esta relación. En cambio, la variable “capital” indica que ante un incremento del 1%, la producción de este sector crecerá en 0,0904% y cuando los inventarios se incrementan en 1%, entonces la producción de productos químicos se elevará en 0,2055%. En lo que concierne a la relación entre las variables incluidas en el estudio, estadísticamente, se demostró que el empleo y capital en conjunto son representativos para las variaciones de la producción del sector investigado, con un R<sup>2</sup> de 95,25%.

## Referencias bibliográficas

Briones, X., Molero, L. y Calderón O. (2018). La función de producción Cobb-Douglas en el Ecuador. *Tendencias*, 19 (2), 45-73.

Case, K., Fair, R. y Oster, S. (2012). *Principios de macroeconomía*. Pearson Educación.

Cedillo, L. y Jumbo, M. (2018). Crecimiento económico del Ecuador: análisis econométrico desde Cobb Douglas, periodo 1990-2016. *Repositorio Digital de la UTMACH*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13250>

Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. (2022). *Portal de Información del Sector Societario*. [https://appscvsmovil.supercias.gob.ec/PortallInformacion/sector\\_societario.html](https://appscvsmovil.supercias.gob.ec/PortallInformacion/sector_societario.html)

## Anexos

### Anexo 1

#### Modelo Pool – Datos Apilados

Dependent Variable: VENTAS

Method: Panel Least Squares

Date: 01/28/22 Time: 11:56

Sample: 2010 2019

Periods included: 10

Cross-sections included: 146

Total panel (balanced) observations: 1460

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AFN	0.138579	0.013676	10.13307	0.0000
INVENTARIOS	0.404638	0.015598	25.94134	0.0000
EMPLEADOS	0.452848	0.022904	19.77163	0.0000
C	6.165239	0.130320	47.30843	0.0000
R-squared	0.839694	Mean dependent var		14.24146
Adjusted R-squared	0.839364	S.D. dependent var		1.841719
S.E. of regression	0.738152	Akaike info criterion		2.233401
Sum squared resid	793.3273	Schwarz criterion		2.247883
Log likelihood	-1626.382	Hannan-Quinn criter.		2.238803
F-statistic	2542.207	Durbin-Watson stat		0.437156
Prob(F-statistic)	0.000000			

## Modelos de efectos fijos (Empresas)

Dependent Variable: VENTAS

Method: Panel Least Squares

Date: 01/28/22 Time: 11:57

Sample: 2010 2019

Periods included: 10

Cross-sections included: 146

Total panel (balanced) observations: 1460

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AFN	0.090392	0.017163	5.266604	0.0000
INVENTARIOS	0.205539	0.019267	10.66777	0.0000
EMPLEADOS	0.180110	0.022524	7.996263	0.0000
C	10.04640	0.285585	35.17835	0.0000

### Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

R-squared	0.952504	Mean dependent var	14.24146
Adjusted R-squared	0.947142	S.D. dependent var	1.841719
S.E. of regression	0.423426	Akaike info criterion	1.215587
Sum squared resid	235.0485	Schwarz criterion	1.755068
Log likelihood	-738.3783	Hannan-Quinn criter.	1.416835
F-statistic	177.6449	Durbin-Watson stat	1.057255
Prob(F-statistic)	0.000000		

## Modelo de efectos fijo (Años)

Dependent Variable: VENTAS

Method: Panel Least Squares

Date: 01/28/22 Time: 11:58

Sample: 2010 2019

Periods included: 10

Cross-sections included: 146

Total panel (balanced) observations: 1460

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AFN	0.142126	0.013808	10.29301	0.0000
INVENTARIOS	0.403874	0.015605	25.88051	0.0000
EMPLEADOS	0.450144	0.022950	19.61453	0.0000
C	6.139053	0.131091	46.83047	0.0000

### Effects Specification

Period fixed (dummy variables)

R-squared	0.840791	Mean dependent var	14.24146
Adjusted R-squared	0.839470	S.D. dependent var	1.841719
S.E. of regression	0.737906	Akaike info criterion	2.238864
Sum squared resid	787.8993	Schwarz criterion	2.285933
Log likelihood	-1621.371	Hannan-Quinn criter.	2.256422
F-statistic	636.8054	Durbin-Watson stat	0.433918
Prob(F-statistic)	0.000000		

## Modelo de efectos fijos empresas y años

Dependent Variable: VENTAS

Method: Panel Least Squares

Date: 01/28/22 Time: 11:59

Sample: 2010 2019

Periods included: 10

Cross-sections included: 146

Total panel (balanced) observations: 1460

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AFN	0.070471	0.018981	3.712752	0.0002
INVENTARIOS	0.195232	0.019467	10.02889	0.0000
EMPLEADOS	0.176151	0.022401	7.863492	0.0000
C	10.43164	0.320093	32.58942	0.0000

### Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

Period fixed (dummy variables)

R-squared	0.953555	Mean dependent var	14.24146
Adjusted R-squared	0.947954	S.D. dependent var	1.841719
S.E. of regression	0.420162	Akaike info criterion	1.205553
Sum squared resid	229.8505	Schwarz criterion	1.777620
Log likelihood	-722.0535	Hannan-Quinn criter.	1.418957
F-statistic	170.2604	Durbin-Watson stat	1.045665
Prob(F-statistic)	0.000000		

## Modelo de efectos aleatorios

Dependent Variable: VENTAS  
 Method: Panel EGLS (Two-way random effects)  
 Date: 01/28/22 Time: 12:03  
 Sample: 2010 2019  
 Periods included: 10  
 Cross-sections included: 146  
 Total panel (balanced) observations: 1460  
 Swamy and Arora estimator of component variances

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AFN	0.164067	0.016223	10.11318	0.0000
INVENTARIOS	0.306256	0.017588	17.41287	0.0000
EMPLEADOS	0.263820	0.022026	11.97744	0.0000
C	7.640891	0.227237	33.62524	0.0000

### Effects Specification

	S.D.	Rho
Cross-section random	0.572165	0.6460
Period random	0.053793	0.0057
Idiosyncratic random	0.420162	0.3483

### Weighted Statistics

R-squared	0.440272	Mean dependent var	3.040622
Adjusted R-squared	0.439119	S.D. dependent var	0.591554
S.E. of regression	0.443026	Sum squared resid	285.7726
F-statistic	381.7546	Durbin-Watson stat	0.972347
Prob(F-statistic)	0.000000		

### Unweighted Statistics

R-squared	0.793994	Mean dependent var	14.24146
Sum squared resid	1019.490	Durbin-Watson stat	0.275699

## Anexo 2

### Pruebas de los modelos

Ho: Modelo Pool

H1: Modelo de efectos fijos (empresas)

Redundant Fixed Effects Tests				
Equation: FIJO_EMPRESAS				
Test cross-section fixed effects				
Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.	
Cross-section F	21.474764	(145,1311)	0.0000	
Cross-section Chi-square	1776.008372	145	0.0000	
Cross-section fixed effects test equation:				
Dependent Variable: VENTAS				
Method: Panel Least Squares				
Date: 01/28/22 Time: 12:01				
Sample: 2010 2019				
Periods included: 10				
Cross-sections included: 146				
Total panel (balanced) observations: 1460				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AFN	0.138579	0.013676	10.13307	0.0000
INVENTARIOS	0.404638	0.015598	25.94134	0.0000
EMPLEADOS	0.452848	0.022904	19.77163	0.0000
C	6.165239	0.130320	47.30843	0.0000
R-squared	0.839694	Mean dependent var		14.24146
Adjusted R-squared	0.839364	S.D. dependent var		1.841719
S.E. of regression	0.738152	Akaike info criterion		2.233401
Sum squared resid	793.3273	Schwarz criterion		2.247883
Log likelihood	-1626.382	Hannan-Quinn criter.		2.238803
F-statistic	2542.207	Durbin-Watson stat		0.437156
Prob(F-statistic)	0.000000			

Se acepta la hipótesis alternativa, por lo que se puede decir que, el modelo de efectos fijos (empresas) es mejor que el modelo pool.

Ho: Modelo Pool

H1: Modelo de efectos fijos (años)

Redundant Fixed Effects Tests				
Equation: FIJO_ANOS				
Test period fixed effects				
Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.	
Period F	1.107637	(9,1447)	0.3539	
Period Chi-square	10.023806	9	0.3486	
Period fixed effects test equation:				
Dependent Variable: VENTAS				
Method: Panel Least Squares				
Date: 01/28/22 Time: 12:02				
Sample: 2010 2019				
Periods included: 10				
Cross-sections included: 146				
Total panel (balanced) observations: 1460				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AFN	0.138579	0.013676	10.13307	0.0000
INVENTARIOS	0.404638	0.015598	25.94134	0.0000
EMPLEADOS	0.452848	0.022904	19.77163	0.0000
C	6.165239	0.130320	47.30843	0.0000
R-squared	0.839694	Mean dependent var		14.24146
Adjusted R-squared	0.839364	S.D. dependent var		1.841719
S.E. of regression	0.738152	Akaike info criterion		2.233401
Sum squared resid	793.3273	Schwarz criterion		2.247883
Log likelihood	-1626.382	Hannan-Quinn criter.		2.238803
F-statistic	2542.207	Durbin-Watson stat		0.437156
Prob(F-statistic)	0.000000			

No se rechaza la hipótesis nula, por lo que se puede decir, que el modelo pool es mejor que el de efectos fijos (años), ya que no existe heterogeneidad en los años.

Ho: Modelo Pool

H1: Modelo de efectos fijos (empresas y años)

Redundant Fixed Effects Tests			
Equation: FIXED_FIXED			
Test cross-section and period fixed effects			
Effects Test	Statistic	d.f.	Prob.
Cross-section F	21.800665	(145,1302)	0.0000
Cross-section Chi-square	1798.634231	145	0.0000
Period F	3.271594	(9,1302)	0.0006
Period Chi-square	32.649665	9	0.0002
Cross-Section/Period F	20.726259	(154,1302)	0.0000
Cross-Section/Period Chi-square	1808.658037	154	0.0000

Se puede observar, que el modelo se encuentra explicado principalmente por cross-section, en este caso por los efectos fijos de las empresas, dado que existe mayor heterogeneidad entre los agentes. Por lo que, hasta el momento, el mejor modelo es el de efectos fijos (empresas).

Ho: Efectos fijos

H1: Efectos aleatorios

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.
Cross-section random	0.000000	3	1.0000
Period random	0.000000	3	1.0000
Cross-section and period random	0.000000	3	1.0000

\* Cross-section test variance is invalid. Hausman statistic set to zero.  
 \* Period test variance is invalid. Hausman statistic set to zero.

No se rechaza la hipótesis nula, por lo que se puede decir que, el modelo de fijos es mejor que el de efectos aleatorios.

## Anexo 3

### Prueba de dependencia de los residuos

Ho: No existe dependencia de los residuos en cross-section.

H1: Existe dependencia de los residuos en cross-section.

---

Residual Cross-Section Dependence Test

Null hypothesis: No cross-section dependence (correlation) in residuals

Equation: FIXED\_NONE

Periods included: 10

Cross-sections included: 146

Total panel observations: 1460

Cross-section effects were removed during estimation

---

Test	Statistic	d.f.	Prob.
Breusch-Pagan LM	21876.71	10585	0.0000
Pesaran scaled LM	77.60674		0.0000
Bias-corrected scaled LM	69.49562		0.0000
Pesaran CD	16.52858		0.0000

---

Se acepta la hipótesis alternativa, por lo que se puede decir que existe dependencia de los residuos en cross-section.

**Corrección:** Dado que existe dependencia de los residuos en cross-section se aplicó una corrección a los residuos del modelo, a través de la aplicación white cross-section. De esta manera, el problema de heteroscedasticidad se solucionaría y quedaría expresado de la siguiente manera:

Dependent Variable: VENTAS

Method: Panel Least Squares

Date: 02/07/22 Time: 16:37

Sample: 2010 2019

Periods included: 10

Cross-sections included: 146

Total panel (balanced) observations: 1460

White cross-section standard errors & covariance (d.f. corrected)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AFN	0.090392	0.022732	3.976480	0.0001
INVENTARIOS	0.205539	0.029050	7.075359	0.0000
EMPLEADOS	0.180110	0.035208	5.115658	0.0000
C	10.04640	0.407537	24.65150	0.0000

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

R-squared	0.952504	Mean dependent var	14.24146
Adjusted R-squared	0.947142	S.D. dependent var	1.841719
S.E. of regression	0.423426	Akaike info criterion	1.215587
Sum squared resid	235.0485	Schwarz criterion	1.755068
Log likelihood	-738.3783	Hannan-Quinn criter.	1.416835
F-statistic	177.6449	Durbin-Watson stat	1.057255
Prob(F-statistic)	0.000000		