

# Producción de petróleo y gas en Venezuela: análisis mediante la función de Cobb-Douglas

---

## Oil & Gas production in Venezuela: Analysis by Cobb-Douglas function

Didier Bermúdez<sup>1</sup>, Marco González<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Central de Venezuela, Venezuela. Correo electrónico: ucvimp1@gmail.com

<sup>2</sup>Universidad Simón Bolívar, Venezuela. Correo electrónico: margdleon@usb.ve

Recibido: 30 diciembre, 2017. Aceptado: 13 noviembre, 2018. Versión final: 29 mayo, 2019.

### Resumen

La producción de energía está directamente relacionada a la demanda creciente y la excesiva dependencia de la producción de los recursos fósiles, es decir, carbón, petróleo y gas natural, cuya obtención debe planificarse en un escenario seguro, limpio, eficiente y sostenible. El presente trabajo tiene como objetivo analizar la producción de petróleo en la República Bolivariana de Venezuela, durante el periodo comprendido entre el 2002 y el 2015. Se elaboró un modelo econométrico utilizando la función de producción de Cobb-Douglas, y los resultados obtenidos permitieron observar la brecha existente entre la producción real y las metas propuestas por el Estado venezolano.

**Palabras clave:** producción; energía; petróleo y gas; modelos de pronóstico.

### Abstract

The production of energy is directly related to the growing demand and excessive dependence on the production of fossil resources, that is, coal, oil and natural gas, which must be planned in a safe, clean, efficient and sustainable scenario. The objective of this paper is to analyze oil production in the Bolivarian Republic of Venezuela during the period between 2002 and 2015. An econometric model was developed using the Cobb-Douglas production function, and the results obtained allowed observing the existing gap between real production and the goals proposed by the Venezuelan state.

**Keywords:** production; energy; oil and gas; forecast models.

### 1. Introducción

La elaboración de planes estratégicos y políticas de desarrollo sustentable asociados a la producción de energía se basan en los escenarios futuros sobre la oferta y la demanda de energía, obtenidos mediante el uso de modelos energéticos adecuados a la realidad de cada país o región [1]. Dependiendo de la respuesta que se quiere obtener, se puede elaborar un modelo energético propio o elegir uno de los modelos elaborados por organizaciones reconocidas internacionalmente, tales como la Comunidad de Investigación de la Comisión

Europea, la Agencia Internacional de la Energía (IEA por las siglas en inglés de International Energy Agency), el Consejo Mundial de Energía (WEC por las siglas en inglés de Energy Council), la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), etc. [2].

Los resultados de los pronósticos de demanda de energía son utilizados para planificar la obtención de los suministros energéticos en periodos a mediano o largo plazo, así como la disposición de las instalaciones e inversiones en complejos sistemas de financiación [3].

Algunos pronósticos estiman que la producción de hidrocarburos se incrementará durante los próximos años, y hasta el 2040, en un 47 %, alcanzando los 399 millones de barriles de petróleo equivalente por día (BPED) por la combinación dominante de petróleo y gas natural [4].

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la producción de petróleo en la República Bolivariana de Venezuela, durante el periodo comprendido entre el 2002 y el 2015. Se usarán los datos publicados oficialmente por la empresa estatal venezolana Petróleos de Venezuela y sus empresas filiales (PDVSA) [5], durante el periodo 2002-2015, para medir los indicadores de productividad, con respecto a la producción [6]. Adicionalmente, mediante la elaboración de un modelo econométrico basado en la función de producción de Cobb-Douglas [7], se podrá medir el impacto que tienen sobre la producción, el nivel de gastos y la cantidad de trabajadores petroleros durante el proceso productivo.

En contraste con [8] [9] [10] [11], donde el modelo econométrico de Cobb-Douglas se utiliza para medir el impacto financiero que tiene la producción petrolera sobre el producto interno bruto (PIB) de un país, en esta investigación, el modelo permite medir el impacto de las variables sobre la producción misma, medida en unidades de producción. Adicionalmente, en comparación con [12], que analiza únicamente la producción de petróleo crudo, en esta investigación se incorpora la producción de gas natural, medida en BPED.

El modelo será objeto de pruebas de robustez y significancia estadística, para comparar los resultados obtenidos con las metas que fueron propuestas por PDVSA al 2019.

### 1.1. Modelos econométricos

Un requisito básico para la planificación energética es la disponibilidad de datos sistemáticos y detallados que cubran la gama de productos de energía primaria y secundaria, así como su flujo desde la producción hasta el consumo final. Esto permitiría evaluar la eficiencia económica de diversos procesos de producción de energía y el consumo de energía y construir modelos econométricos para pronosticar y planificar futuras inversiones en las industrias de la energía y en los procesos tecnológicos de conservación de la energía [13].

El modelo econométrico tiene un enfoque cuantitativo estándar que establece una relación entre una variable dependiente y otras variables independientes, elegidas mediante el análisis estadístico de datos históricos. Esta

relación se puede utilizar para pronosticar, considerando únicamente cambios en las variables analizadas. [7].

Una función de producción es un modelo econométrico que se utiliza para analizar la relación entre los insumos empleados en un proceso productivo y el producto final. La relación de las variables puede encontrarse a través de datos en forma de series de tiempo, datos atemporales o de corte transversal o datos obtenidos mediante la experimentación controlada [8].

Los resultados obtenidos de modelos econométricos proporcionan una línea de base útil con la que se pueden comparar los escenarios propuestos en la planificación en la que se emplea una gama amplia de datos y suposiciones [14], sin embargo, a pesar de que desde principios de la década de 1970 se ha desarrollado una gran variedad de metodologías de pronóstico, estas deben ser sometidas a variaciones para poder adecuarlas a las características específicas de los países en desarrollo [2]. Pero debe entenderse que los modelos nunca podrán predecir el futuro a la perfección, debido a que el futuro está intrínsecamente lleno de incertidumbres y ningún modelo puede medir todas las variables con precisión, o anticiparse a los cambios repentinos o interrupciones estructurales, en el contexto económico, tecnológico y político o del medioambiente. En algunos casos, se pueden conocer los riesgos de los modelos, pero es posible que no se puedan cuantificar [15].

### 1.2. Problema

En el ámbito mundial, Venezuela ocupa el primer lugar como el país con las mayores reservas probadas de petróleo crudo del mundo, con 300.878 millones de barriles (MMBP), y ocupa el octavo lugar con reservas probadas de gas natural, con 197.1 billones de pies cúbicos reservas probadas, condición que convierte al país en uno de los principales proveedores de energía primaria [5].

Si la planificación energética, nacional, regional o mundial depende de la oferta de energía existente, es fundamental que los países productores publiquen responsablemente tanto las estadísticas de producción como sus pronósticos.

Oficialmente, PDVSA solo ha publicado los informes de gestión correspondientes al periodo 2002-2015 y los estados financieros hasta el 2016, a pesar de que la publicación de los resultados de los informes financieros y de gestión es de carácter obligatorio, lo cual dificulta evaluar la producción real de hidrocarburos y la comparación con las metas, propuestas públicamente en los planes estratégicos.

La elaboración de un modelo econométrico independiente responde a la necesidad de analizar la producción y pronosticar resultados que puedan compararse con las metas propuestas por PDVSA durante el periodo de estudio y al 2019 [16] [17] [18].

### 1.3. Hipótesis

Al aumentar los niveles de inversión y la cantidad de trabajadores en un proceso productivo, se incrementa la producción y la productividad [7].

La función de producción de Cobb-Douglas relaciona la producción directamente con el capital traducido en inversiones o gastos y el trabajo en “horas hombre”. La función de producción explica que el incremento de los insumos aumenta la producción con un factor de escala, que dependerá del valor de los coeficientes de la ecuación de producción [8].

## 2. Metodología

### 2.1. Análisis de la producción

Para medir el comportamiento de la producción y medir la productividad, se analizarán los datos históricos desde 2002 hasta 2015 y se calcularán tres indicadores parciales que relacionan la producción total (*P*) con los gastos (*G*), la cantidad de trabajadores (*T*) y la combinación de estos (*T+G*) respectivamente.

$$IP1 (P/G) \tag{1}$$

$$IP2 (P/T) \tag{2}$$

$$IP3 (P/(T+G)) \tag{3}$$

Estos indicadores son una medida relativa, que mide la productividad al terminar un periodo, y se compara con el resultado del periodo anterior.

### 2.2. Modelo econométrico

La función de producción de Cobb-Douglas parte de la función de consumo de Keynes, que relaciona el consumo lineal directamente con el del ingreso [7] [19] y se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X \quad 0 < \beta_2 < 1 \tag{4}$$

Donde “*Y*” representa el Consumo; y “*X*”, el Ingreso.

La función de producción de Cobb-Douglas se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Y = A \prod_{i=1}^{i=n} V_i^{a_i} \tag{5}$$

Donde:

- Y* = cantidad de salida obtenida
- A* = parámetro constante de eficiencia
- a<sub>i</sub>* = parámetros de elasticidad
- V<sub>i</sub>* = factores productivos empleados

La transformación de esta función se realiza por medio de la obtención de los logaritmos neperianos de la función original, de lo que resulta, en su forma estocástica, la siguiente ecuación:

$$Y_i = \beta_1 (X_{2i})^{\beta_2} \cdot (X_{3i})^{\beta_3} \cdot e^{u_i} \tag{6}$$

Donde:

- Y<sub>i</sub>* = Producción
- X<sub>2i</sub>* = Gastos
- X<sub>3i</sub>* = Capital humano
- $\beta_{(1,2,3)}$  = Parámetros
- u<sub>i</sub>* = Término de perturbación estocástica o residuo
- e* = Base del logaritmo natural

Aplicando la función logaritmo se tiene:

$$\ln Y_i = \ln \beta_1 + \beta_2 \cdot \ln(X_{2i}) + \beta_3 \cdot \ln(X_{3i}) + u_i \tag{7}$$

$$\beta_0 = \ln \beta_1 \tag{8}$$

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_2 \cdot \ln(X_{2i}) + \beta_3 \cdot \ln(X_{3i}) + u_i \tag{9}$$

Escrito de esta forma, es un modelo lineal en los parámetros  $\beta_0$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  y no lineal en las variables *Y* - *X*, pero sí lo es en sus logaritmos. Esto es equivalente en la regresión múltiple al modelo *log-lineal* con dos variables.

De esta forma, mediante el incremento de las variables explicativas o insumos (*X<sub>2i</sub>* y *X<sub>3i</sub>*) se debe esperar un aumento en la producción (*Y<sub>i</sub>*) con un factor de escala que dependerá del valor de los coeficientes  $\beta_{(1,2,3)}$ .

En el modelo elaborado para esta investigación, la producción de petróleo (*Y<sub>i</sub>*) puede ser explicada a través de la combinación de los gastos que se realizan en los procesos de exploración y producción (E&P) (*X<sub>2i</sub>*), con la cantidad de trabajadores que trabajan en el sector petrolero (*X<sub>3i</sub>*). La función se obtiene mediante la estimación por regresión lineal de datos transformados que, de forma indirecta, hace uso del logaritmo neperiano en las variables [14].

La robustez del modelo se realiza mediante la aplicación de las pruebas de Normalidad de los Residuos (PNR) y Test de Jarque Bera (JB), a través de los residuos obtenidos por medio del método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

Para determinar dos propiedades de la distribución de los residuos, el coeficiente de asimetría (S) y el coeficiente de curtosis o apuntalamiento (K) deben ser aproximados a cero (0) y a tres (3), respectivamente. La probabilidad de obtener el estadístico de JB, cuando se tienen dos grados de libertad, se obtiene con aproximación mediante la ecuación:

$$y = 100.01e^{-0.5x} \quad (10)$$

La validez del modelo para realizar pronósticos se obtiene mediante las pruebas de significancia conocida como F-Fisher, aplicada a los valores de los estimadores con un margen de error o nivel de significancia estadística ( $\alpha$ ) y basado en un porcentaje de aceptación de los resultados. Si el modelo escogido cumple con la prueba, servirá para predecir los valores futuros de la variable dependiente Y, basado en los valores esperados de las variables explicativas o predictoras  $X_i$  [7].

### 3. Resultados

#### 3.1. Producción

La producción total de petróleo es el resultado de la suma de la producción de petróleo crudo más la producción de gas natural, medida en miles de barriles de petróleo equivalente por día (MBPED).

PDVSA registra la producción de petróleo crudo en MBPED clasificándolo de acuerdo con su calidad en pesado y extrapesado, mediano, liviano y condensado y líquidos de gas natural, que corresponde a la densidad medida en grados API (por las siglas en inglés American

Petroleum Institute) y en comparación con la densidad del agua a temperaturas iguales [13]. El comportamiento de esta producción se muestra en la figura 1.

La producción de gas natural generalmente se mide en terminos volúmetricos. PDVSA registra la producción en millones de pies cúbicos por día (MMPCD). Para efectos de cálculo, la producción de gas será registrada en MBPED al igual que el petróleo crudo.

Un barril de petróleo equivalente es una unidad de energía equivalente a la energía liberada durante la combustión de un barril de petróleo crudo (42 galones, 350 cm<sup>3</sup> o 158,98 litros) y equivale aproximadamente a 5800 pies cúbicos de gas natural estándar, aun cuando esta medida puede variar dependiendo de su composición química [13].

#### 3.2. Gastos en E&P

En los estados financieros de PDVSA no se discrimina claramente cuáles son las inversiones realizadas en las funciones de exploración y producción. Por tal motivo se realizó un extracto de lo que registra la empresa en Gastos y Costos Directos, que equivalen unicamente a la sumatoria de las partidas: gastos de operación, gastos de exploracion, gastos de venta y gastos financieros. No se tomaron en cuenta partidas tales como depreciación, regalías o aportes sociales, entre otros, ya que estos no influyen directamente en la operación. La figura 3 muestra el comportamiento de los gastos realizados por PDVSA en el periodo de estudio.

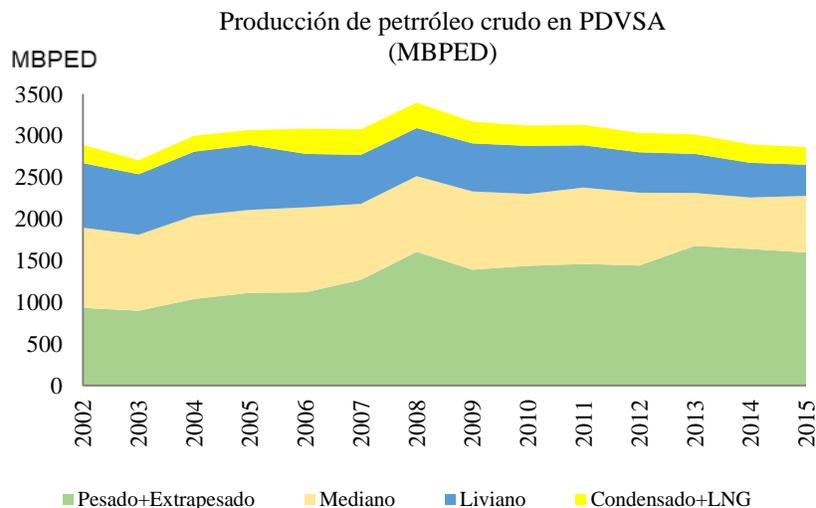


Figura 1. Producción de petróleo crudo.  
Fuente: elaboración propia a partir de [5].

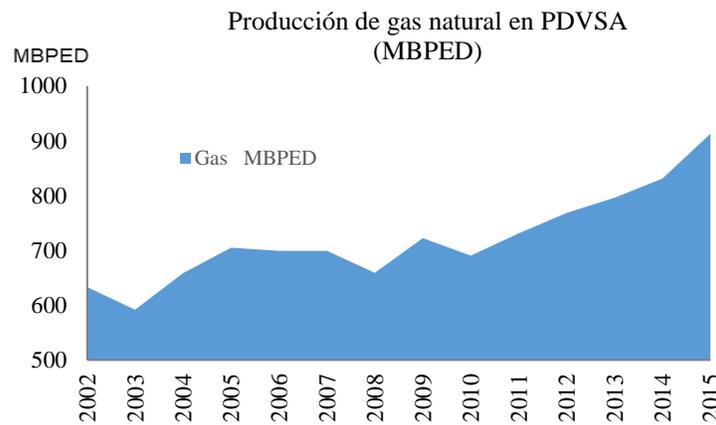


Figura 2. Producción de gas natural. Fuente: elaboración propia a partir de [5].

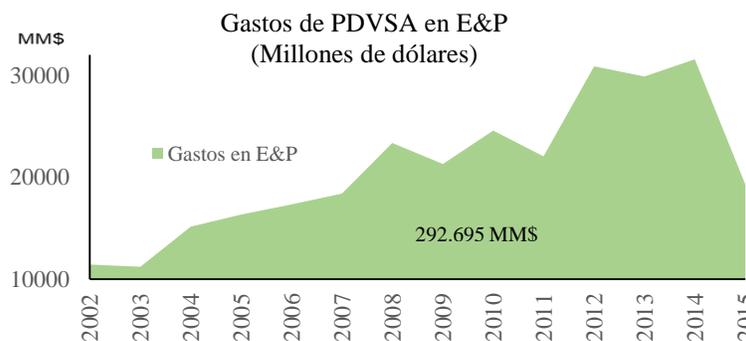


Figura 3. Gastos de PDVSA en E&P. Fuente: elaboración propia a partir de [5].

### 3.3. Trabajadores

PDVSA registra la “fuerza laboral” mediante la sumatoria de la cantidad de trabajadores, clasificados en petroleros, no petroleros y contratistas. La figura 4 muestra la cantidad de trabajadores registrados en la nómina de PDVSA sin incluir a los trabajadores contratistas.

### 3.4. Análisis sobre la producción

Todos los datos fueron obtenidos de las publicaciones oficiales de PDVSA y se presentan en la tabla 1, de acuerdo con la clasificación registrada para la elaboración del modelo.

La producción de petróleo crudo tuvo una disminución constante a partir del 2008 y hasta el 2015, cuando se registró aproximadamente el mismo nivel de producción de 2002. La producción de gas tuvo un incremento constante a partir del 2003 registrando un 44.2 % más en

2015 con respecto a 2002. En general, la producción total registró un crecimiento promedio anual de 0.63 %, producto de esta combinación de petróleo crudo y gas.

Los gastos en E&P se incrementaron 10 %, en promedio anual hasta 2014 y en 2015 hubo una disminución del 39 %; sin embargo, fueron 68.2 % mayor que en 2002. En total se gastaron un total de 292.695 millones de dólares durante el periodo de estudio.

La cantidad de trabajadores petroleros se incrementó promedio anual de 11 %, que representa 228.4 % con relación al año 2002, hasta alcanzar un total de 150.032 en 2015.

La figura 5 muestra el comportamiento de los indicadores de productividad en contraste con la producción de petróleo durante el periodo de estudio.

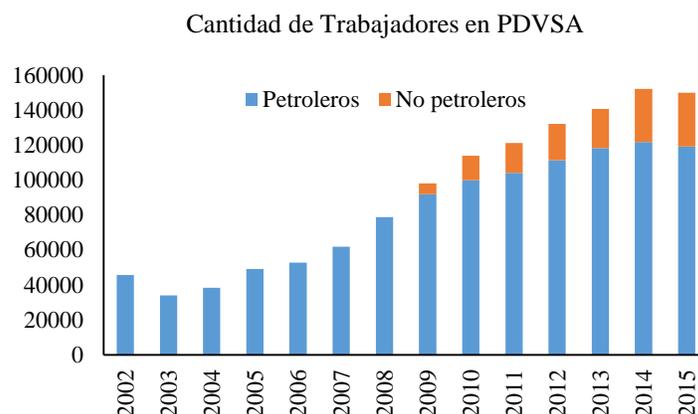


Figura 4. Cantidad de Trabajadores en PDVSA. Fuente: elaboración propia a partir de [5].

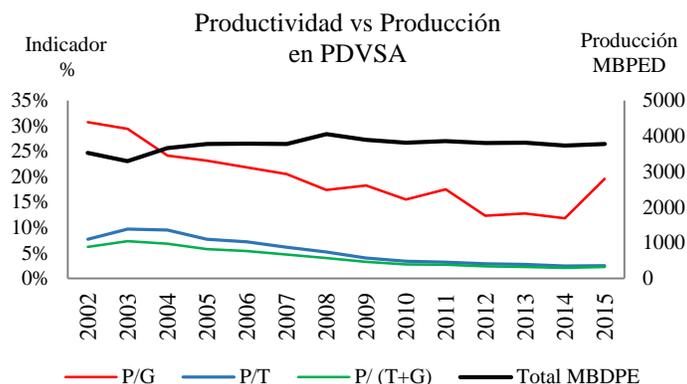


Figura 5. Indicadores de productividad. Fuente: elaboración propia a partir de [5].

Tabla 1. Producción, gastos y trabajadores de PDVSA

Año	Crudo (MBD)	Gas (MBPED)	Total (Y) (MBDPE)	Gastos ( $X_2$ ) (MM\$)	Trabajadores ( $X_3$ )
2002	2889	633	3522	11457	45683
2003	2706	592	3298	11214	33998
2004	2999	658	3657	15143	38519
2005	3071	705	3776	16329	49180
2006	3084	699	3783	17330	52815
2007	3076	699	3775	18398	61909
2008	3397	659	4056	23343	78739
2009	3170	722	3892	21302	98133
2010	3122	690	3812	24578	113969
2011	3129	731	3860	22053	121187
2012	3034	768	3802	30865	132086
2013	3015	796	3811	29871	140626
2014	2899	831	3730	31541	152072
2015	2863	913	3776	19271	150032

Fuente: elaboración propia a partir de [5].

El indicador parcial de productividad con respecto a los gastos ( $P/G$ ) muestra un decrecimiento de 11.1 %, en el periodo 2002 a 2015, lo que representa un 36.3% con relación al año 2002. El indicador parcial de productividad con respecto a la cantidad de trabajadores, ( $P/T$ ) muestra un decrecimiento de 5.2 %, en el periodo 2002 a 2015, lo que representa un 67.4% con relación al año 2002. El indicador total de productividad ( $P/(T+G)$ ) muestra un decrecimiento de 3.9 %, en el periodo 2002 a 2015, lo que representa un 63.8 % con relación al año 2002.

#### 4. Resultados del modelo econométrico

Al realizar los cálculos respectivos mediante la aplicación del modelo, la ecuación de la función de producción es la siguiente:

$$Y_i = 1355.19 (X_{2i})^{0.11265} (X_{3i})^{-0.00863} e^{u_i} \quad (11)$$

Donde:

$Y_i$  = producción de petróleo y gas en MBPED  
 $X_{2i}$  = Gastos de E&P en dólares  
 $X_{3i}$  = Cantidad de trabajadores petroleros.  
 $\beta_2 = 0,11265$  es la elasticidad (parcial) de la producción con respecto a la variable  $X_2$ . Al aumentar los gastos en 1 %, la producción aumentará el 0.11% siempre que  $X_3$  se mantenga constante.

$\beta_3 = -0,00863$  es la elasticidad (parcial) de la producción con respecto a la variable  $X_3$ . Al aumentar la cantidad de trabajadores en 1 %, la producción tendrá una variación negativa de 0.0086 % siempre que  $X_3$  se mantenga constante.

$(\beta_2 + \beta_3) = 0,10403 < 1$  determina que existen rendimientos decrecientes a escala, por ejemplo, al duplicar los insumos, la producción crece en menos del doble.

La tabla 2 muestra el comportamiento interanual de los indicadores.

Tabla 2. Indicadores de productividad

Año	P/G	P/T	P/(G+T)
2002	30.7 %	7.7 %	6.2 %
2003	29.4 %	9.7 %	7.3 %
2004	24.2 %	9.5 %	6.8 %
2005	23.1 %	7.7 %	5.8 %
2006	21.8 %	7.2 %	5.4 %
2007	20.5 %	6.1 %	4.7 %
2008	17.4 %	5.2 %	4.0 %
2009	18.3 %	4.0 %	3.3 %
2010	15.5 %	3.3 %	2.8 %
2011	17.5 %	3.2 %	2.7 %
2012	12.3 %	2.9 %	2.3 %
2013	12.8 %	2.7 %	2.2 %
2014	11.8 %	2.5 %	2.0 %
2015	19.6 %	2.5 %	2.2 %

Fuente: elaboración propia.

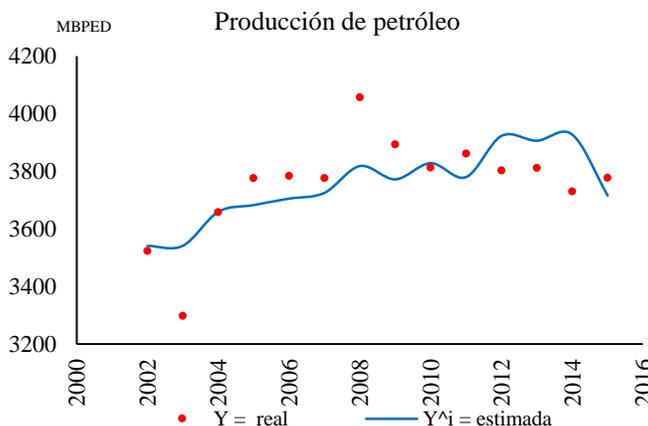


Figura 6. Función de la regresión. Fuente: elaboración propia

En la figura 6 se presenta el gráfico de la función de producción estimada  $Y_i$  en comparación con los valores reales de producción  $Y$ . La distancia que hay entre las curvas representa la variación existente entre el valor estimado y el valor real.

#### 4.1. Validación del modelo

En esta fase se trata de comprobar estadísticamente la calidad del modelo, realizando las pruebas de robustez, se tienen los valores que se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Asimetría, curtosis y JB

<i>S</i>	-0.264
<i>K</i>	2.555
<i>JB</i>	0.2786

Fuente: elaboración propia.

Con los los valores de *S* y *K* mas el estadístico *JB* es 0.2786, se puede validar que la probabilidad de obtener el estadístico con el supuesto de normalidad es aproximadamente del 87 %. En consecuencia, se acepta la hipótesis de que los términos de error están normalmente distribuidos.

Teóricamente, cuando se usan menos de cincuenta (50) muestras es difícil obtener un valor superior al 80 %, por lo que el 87 % es bastante aceptable considerando que la muestra fue de solo 14 valores. Para obtener valores superiores al 80 %, la exactitud del modelo debe ser extremadamente precisa [7].

Con estos resultados se puede afirmar que el modelo de regresión tiene un buen ajuste con respecto a las variables reales y, en consecuencia, puede afirmarse que la ecuación obtenida explica el comportamiento de la producción durante el periodo 2002 al 2015.

Los resultados de la prueba de significancia se presentan en la tabla 4. El valor de  $F = 4.98$  es mucho mayor que el  $f_{crítico} = 0.0287$ , lo que explica que el valor de  $F$  se encuentra fuera de la región de aceptación, la cual fue escogida en 95 %, por lo que se rechaza la hipótesis nula,  $H_0: \beta_1 = \beta_2 = 0$ , es decir que los datos estimados no presentan diferencias significativas de varianza  $H_0: \beta_1 \neq \beta_2$ , y se establece que el modelo puede ser utilizado para realizar pronósticos.

Tabla 4. Prueba F – Fisher

$\beta_i$	$k$	Suma de cuadrados	$F$	Significancia
Regresión	2	0.01448	4.98	0.0287
Residuos	11	0.01595		
Total	13	0.03042		

Fuente: elaboración propia.

## 5. Pronósticos y comparación

Los resultados obtenidos muestran claramente que la meta propuesta al año 2013 no fue alcanzada. También puede apreciarse que, de mantenerse un aumento progresivo del 1 % en los niveles de gastos e ingreso de

trabajadores (tal como sugiere el modelo), al año 2019 tampoco se alcanzaría la meta propuesta.

La figura 7 muestra gráficamente el pronóstico de producción, la brecha existente en 2013 y la que existiría en 2019, siempre y cuando se mantengan las condiciones actuales de crecimiento en gastos y en la cantidad de trabajadores.

## 6. Conclusiones

Mediante la aplicación del modelo de Cobb-Douglas se pudo medir el impacto que tuvieron el incremento en los gastos en E&P y la cantidad de trabajadores en la producción de petróleo equivalente en Venezuela durante el periodo comprendido desde 2002 al 2015. Debido a que los factores de escala fueron decrecientes, mediante los incrementos realizados en los insumos principales no se logró el nivel de producción esperado.

La productividad medida parcialmente en cada periodo anual con respecto al anterior fue decreciendo gradualmente durante todo el periodo de estudio, con lo que puede afirmarse que PDVSA no utilizó adecuadamente sus recursos.

Se puede afirmar que, para el caso de estudio, la hipótesis se cumple parcialmente, ya que, al aumentar los niveles de gastos y la cantidad de trabajadores, se incrementó la producción; sin embargo, los niveles de productividad fueron descendentes.

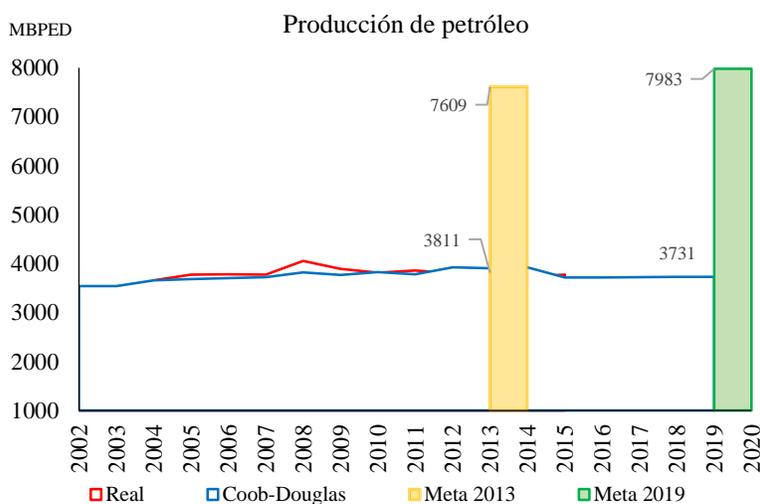


Figura 7. Producción total de petróleo. Fuente: elaboración propia.

El modelo contó con la robustez y la significancia estadística necesarias para elaborar pronósticos, y mediante su aplicación se pudo evidenciar que, de mantenerse las condiciones actuales, PDVSA no alcanzará las metas de producción establecidas para 2019, y que la brecha negativa sería superior al doble de lo esperado.

## 7. Recomendaciones

El modelo econométrico utilizado explica la variable dependiente mediante el uso de dos variables explicativas de carácter cuantitativo, y no considera variables de tipo técnico, político o social que pueden afectar los resultados y los pronósticos.

Se recomienda el uso de modelos energéticos propuestos por organismos reconocidos de talla mundial, tales como la IEA, EIA o WEC, siempre que se disponga de datos estadísticos confiables que incluyen otras variables.

## Referencias

- [1] F. García, M. Yujato, and A. Arenas, “Manual de Estadística Energética,” Quito, 2017.
- [2] S. C. Bhattacharyya and G. R. Timilsina, “Energy demand models for policy formulation: a comparative study of energy demand models,” Mar. 2009.
- [3] B. Y. Moratilla Soria and M.-T. Estevan Bolea, *Planificación energética sostenible para la generación eléctrica*. Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI, 2012.
- [4] S. Dale, “Energy in 2015: A year of plenty Spencer Dale Group chief economist London,” London, 2016.
- [5] Petróleos de Venezuela S.A. “Informe de gestión anual”. Periodo 2002 al 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.pdvs.com/>
- [6] E. J. De La Hoz Granadillo, T. J. Fontalvo Herrera, and J. Morelos Gómez, “Evaluación del comportamiento de los indicadores de productividad y rentabilidad financiera del sector petróleo y gas en Colombia mediante el análisis discriminante,” *Contaduría y Adm.*, vol. 59, no. 4, pp. 167–191, 2014.
- [7] D. N. Gujarati, D.C. Porter, “*Econometría*” 5ª ed. Mexico D.F., México: Mcgraw Hill; 2010.
- [8] H. Olva Maldonado, “Análisis De La Función De Produccióncobb-Douglas Y Su Aplicación Enel Sector Productivo Mexicano,” Universidad Autónoma Chapingo, 2009.
- [9] M. A. Aljebrin, “A Production Function Explanation of Saudi Economic Growth 1984-2011,” *Int. J. Econ. Financ.*, vol. 5, no. 5, p. p97, Apr. 2013. doi: 10.5539/ijef.v5n5p97.
- [10] O. Y. Halid, “The Cobb-Douglas Production of the Nigerian Economy (1974-2009),” *Int. J. Stat. Appl.*, vol. 5, no. 2, pp. 77–80, 2015. doi:10.5923/j.statistics.20150502.05.
- [11] T. C. Akobi, “Estimating the rate of technical change in the oil and gas industry using data from private and national companies,” Massachusetts Institute of Technology, 2016.
- [12] D. Bermudez. “Productividad en la producción del petróleo en Venezuela después del 2002: análisis basado en la función de producción de Cobb-Douglas”. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la UCV*. Artículo arbitrado y en proceso de publicación.
- [13] The United Nations Statistical Commission, *International Recommendations for Energy Statistics*. The United Nations Statistical Commission, 2018.
- [14] R. Silbergliitt, A. Hove, and P. Shulman, “Analysis of US energy scenarios: Meta-scenarios, pathways, and policy implications,” *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 70, no. 4, pp. 297–315, 2003. doi: 10.1016/S0040-1625(02)00254-8.
- [15] S. Karbus and B. Castellano, “The Role of Supply-Demand Forecasts and Scenarios in Long-term EU Natural Gas Insecurity,” OME Discussion Paper, Observatoire Mediteranneen de l’Energie, 2009.
- [16] Gobierno de Venezuela, “República Bolivariana de Venezuela Líneas Generales del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social de la Nación,” 2001.
- [17] Gobierno de Venezuela, “Proyecto Nacional Simón Bolívar Primer Plan Socialista-PPS,” Caracas, 2007.
- [18] La Asamblea Nacional De La República Bolivariana De Venezuela, “Ley del Plan de la Patria 2013-2019 Segundo Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2013-2019.”
- [19] C. W. Cobb and P. H. Douglas, “A Theory of Production,” *Am. Econ. Rev.*, vol. 18, no. 1, pp. 139–165, 1928.