

PRODUCCIÓN DEL PETRÓLEO EN VENEZUELA DESPUÉS DEL 2002: ANÁLISIS BASADO EN LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DE COBB-DOUGLASDL

DIDIER BERMÚDEZ C.

Universidad Central de Venezuela. Escuela de Ingeniería Mecánica. e-mail: ucvimpl@gmail.com,

Recibido: abril 2017

Aprobado para publicación: mayo 2018

RESUMEN

La generación de energía está directamente relacionada a la demanda creciente y a la excesiva dependencia de la explotación 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 período comprendido entre el 2002 y el 2014. Se elaboró un modelo econométrico utilizando la función de producción de Cobb-Douglas, y los resultados obtenidos permitieron observar la brecha existente entre las metas propuestas por el Estado venezolano y los objetivos alcanzados realmente.

Palabras Clave: producción, energía, petróleo, gas, modelos de pronósticos

PETROLEUM PRODUCTION IN VENEZUELA AFTER 2002: ANALYSIS BASED ON THE COBB-DOUGLAS PRODUCTION FUNCTION

ABSTRACT

The production of energy is directly related to the growing demand and excessive dependence on the production of fossil resources, as 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 2014. 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, gas and forecast models

INTRODUCCIÓN

La elaboración de planes estratégicos y políticas de desarrollo sustentable asociadas a la producción de energía, se basan en los pronósticos o escenarios futuros sobre oferta y demanda de ese recurso –obtenidos mediante el uso de modelos energéticos–. Dependiendo de la respuesta que se quiere obtener, se puede elaborar uno de estos modelos, con características propias y novedosas, o se puede elegir algún otro ya hecho por organizaciones reconocidas internacionalmente, tales como: la Comunidad de Investigación de la Comisión Europea, la Agencia Internacional de la Energía (IEA por sus siglas en inglés: International Energy Agency), el Consejo Mundial de Energía (WEC por sus siglas en inglés: Energy Council), y la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP).

Los resultados de un acertado pronóstico son la base fundamental para que la planificación energética cubra las necesidades de las economías y preserve el medio ambiente, incorporando todos los factores que posibilitan o restringen esa planificación. Esto requiere de la estimación de la demanda a futuro, tanto de la energía como del tipo de fuente energética necesaria para cubrir los suministros a mediano o largo plazo.

Desde la década de 1970, los combustibles fósiles tradicionales (carbón, petróleo y gas) han sido la fuente de energía dominante. Se espera que la producción de hidrocarburos, asociada a la demanda de energía, crezca sostenidamente durante los próximos años, alcanzando para el 2040, 399 millones de barriles diarios equivalente(MMBPED) lo cual sería un 47% de la demanda de energía, incluyendo la combinación dominante: petróleo-gas. (Dudley, 2015).

El presente trabajo tiene como objetivo: analizar la producción de petróleo en la República Bolivariana de Venezuela, durante el período comprendido entre el 2002 y el 2014. Se usarán los datos publicados oficialmente (en el lapso de tiempo antes señalado) por la empresa estatal venezolana Petróleos de Venezuela (PDVSA), y sus empresas filiales, para medir los indicadores de productividad, con respecto al rendimiento de dichas empresas. Adicionalmente, mediante la elaboración de un modelo econométrico basado en la función de producción de Cobb-Douglas, se podrá medir el impacto que, tanto el nivel de gastos como la cantidad de trabajadores petroleros, ejercen sobre el proceso productivo.

En contraste con Aljebrin (2013), Halid (2015), Tochukwu (2016), para quienes el modelo econométrico de Cobb-Douglas se utiliza como un instrumento que mide el impacto financiero que tiene la producción petrolera en el producto interno bruto (PIB) de un país; en esta investigación, ese modelo permite medir el impacto de las variables sobre el proceso productivo mismo. Se considera la producción de petróleo crudo, medida en barriles de petróleo equivalente diario (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.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

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, condición que convierte al país en uno de los principales proveedores de energía primaria (PDVSA, 2016).

Los datos estadísticos para esta investigación corresponden a los publicados oficialmente por PDVSA en los informes de gestión y estados financieros correspondientes al período: 2002-2014.

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 período de estudio y sus proyecciones al 2019.

HIPÓTESIS

Al aumentar los niveles de inversión y la cantidad de trabajadores, se incrementa la producción de petróleo.

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 (Gujarati, 2010). También explica que el incremento de los insumos aumenta la producción con un factor de escala, el cual dependerá del valor de los coeficientes de la ecuación de producción (Maldonado, 2009).

METODOLOGÍA

Para medir tanto el comportamiento de la producción como la productividad: se analizarán los datos históricos publicados desde el 2002 al 2014, 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.

$$IP1 (P/G) \quad (1)$$

$$IP2 (P/T) \quad (2)$$

$$IP3 (P/(T+G)) \quad (3)$$

Estos indicadores son una medida relativa que evalúa la productividad al terminar un periodo, y se compara con el resultado del periodo anterior. (De la Hoz & Granadillo 2014).

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 (Gujarati, 2010) y se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X \quad 0 < \beta_2 < 1 \quad (4)$$

Donde: Y representa el Consumo y X el Ingreso.

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

$$Y = A \prod_{i=1}^{i=n} V_i^{\alpha_i} \quad (5)$$

Donde:

Y = cantidad de salida obtenida
 A = parámetro constante de eficiencia
 ai = parámetros de elasticidad
 V_i = factores productivos empleados

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

Donde:

Y_i = Producción
 X_{2i} = Gastos
 X_{3i} = Capital humano
 $\beta_{(1,2,3)}$ = Parámetros
 u_i = Término de perturbación estocástica o residuo
 e = Base del logaritmo natural

Aplicando la función logaritmo se tiene:

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

$$\beta_0 = \ln \beta_1 \quad (8)$$

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

De esta forma, mediante el incremento de las variables explicativas o insumos (X_{2i} y X_{3i}) se debe esperar un aumento en la producción (Y_i), 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_i) puede ser explicada a través de la combinación de los gastos que se realizan en los procesos de exploración y producción (E&P) (X_{2i}), con la cantidad de trabajadores activos en el sector petrolero (X_{3i}). 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.

La fortaleza del modelo se realiza mediante la aplicación de las pruebas de: Normalidad de los Residuos (PNR), conocido como el 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.

$$S = \frac{u^3/n}{(u^2/n)^{3/2}} \quad (10)$$

$$K = \frac{u^4/n}{\left(\frac{u^2}{n}\right)^2} \quad (11)$$

Donde u es la variación entre el valor real de la función Y , y la función estimada \hat{Y} .

Estos coeficientes son utilizados para calcular el índice JB, por medio de la siguiente ecuación:

$$JB = n \left[\frac{s^2}{6} + \frac{(K-3)^2}{24} \right] \quad (12)$$

La probabilidad de conseguir el estadístico de JB, cuando se tienen dos grados de libertad, se obtiene con aproximación mediante la ecuación:

$$y = 100.01 e^{-0.5x} \quad (13)$$

La validez del modelo para realizar pronósticos se obtiene mediante la prueba de significancia conocida como T-Student, aplicada a los valores de los estimadores con un margen de error o nivel de significancia estadística (α) 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 (Gujarati, 2010).

PETRÓLEOS DE VENEZUELA, S.A. (PDVSA)

PDVSA (y sus empresas filiales) es una corporación propiedad de la República Bolivariana de Venezuela, creada por el Estado en 1975, en cumplimiento de la Ley Orgánica que le otorga el control de la industria y el comercio de hidrocarburos (Ley de Nacionalización). Sus operaciones son supervisadas y dirigidas por el Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo (MENPET), manteniendo un monopolio exclusivo de los hidrocarburos, lo cual está establecido en La Constitución Nacional de 1999.

La Constitución Nacional de 1999 señala que es una obligación del Ejecutivo Nacional la preparación de un Plan de Desarrollo Económico y Social de la Nación; cuyas líneas generales deben ser sometidas a la aprobación de la Asamblea Nacional en el transcurso del tercer trimestre del primer año de cada período constitucional (artículo

187:8). Esto condujo a la planificación y promulgación del Plan de Desarrollo Económico y Social de la Nación, 2001-2007, en el cual se presenta una nueva estructura de Estado, integrado por cinco ejes de equilibrio: económico, social, político, territorial e internacional. Posteriormente, este Plan sirvió de base para el Proyecto de Transición Bolivariana con metas a corto y mediano plazo, así como para el Proyecto Nacional Simón Bolívar, cuyos objetivos se ubican a largo plazo.

De esta forma, PDVSA está subordinada a los grandes lineamientos del Proyecto Nacional Simón Bolívar y al Primer Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2007–2013; traducidos a su vez en objetivos estratégicos por el Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo, (Abreu, 2016).

Posteriormente, en diciembre de 2013, la Asamblea Nacional aprobó: el “Plan de la Patria, Proyecto Nacional Simón Bolívar, Segundo Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación, 2013-2019”. El Plan fue publicado en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 6.118 Extraordinario, y contempla políticas y programas dirigidos a incrementar la producción del sector nacional de hidrocarburos (Plan de la Patria, 2013).

Reservas

Durante los años 1979 y 1983, la Corporación Venezolana del Petróleo (CVP) y PDVSA realizaron una importante campaña de exploración de reservas petrolíferas. La cantidad de pozos perforados para tal fin fue de 662, contabilizándose –in situ– finalmente la suma de 1.200 miles de millones de barriles de petróleo (MMBP), de los cuales 270 MMBP eran recuperables.

En 2002 PDVSA registró reservas por 22.842 MMBP. En 2005 se inició un proceso de certificación realizado por empresas extranjeras bajo el nombre: “Proyecto Magnas Reservas”, mediante el cual, para el año 2011 se anunció que el país poseía las reservas de petróleo más grandes del mundo con 297.571 MMBP.

En el 2014, fue generado un incremento en las reservas de petróleo por la incorporación de los yacimientos probados pertenecientes a la Faja Petrolífera del Orinoco. Estas incorporaciones generaron un total de 299.953 MMBP.

En la actualidad, Venezuela registra reservas por el orden de 300.878 MMBP, que la convierten en el país con las mayores reservas de petróleo probadas del planeta, lo que

representa el 25% de las reservas mundiales, según datos oficiales de la OPEP (PDVSA, 2016).

Para definir este nivel de reservas certificadas, se utilizó como base de cálculo un factor de recobro (mediante técnicas primarias) del 20% como un objetivo y no sobre valores reales (Péné-Annette, Pirela y Ramousse, 2012).

Producción

PDVSA registra la producción mediante la sumatoria de los diferentes tipos de petróleo, clasificados, de acuerdo con su densidad en comparación con el agua a temperaturas iguales, en: crudos condensado, liviano, mediano, pesado y extrapesado; los cuales son medidos en grados API (por las siglas en inglés: American Petroleum Institute).

La Figura 1 muestra el incremento de la producción de petróleo pesado y extrapesado con relación a la disminución de petróleos livianos y medianos, durante el periodo de estudio.

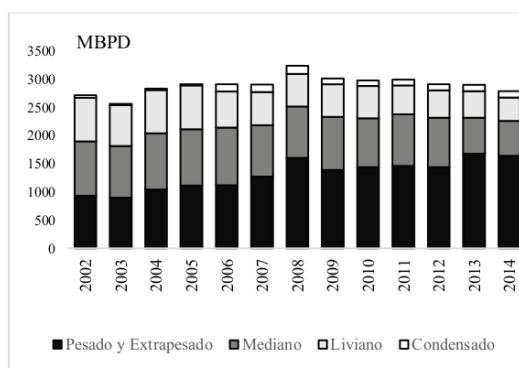


Figura 1. Producción según tipo de petróleo. Fuente primaria: PDVSA. (s.f). Página web oficial

Metas

Aun cuando los objetivos estratégicos trazados por el Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo (desprendidos de los lineamientos generales estipulados tanto en el Proyecto Nacional Simón Bolívar como en el Primer Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2007–2013) incluyen aspectos que van más allá de su rentabilidad, se fijan metas en términos de producción, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Metas de producción de PDVSA

PLAN	META en MMBPD
2001-2007	3.0
2007-2013	5.8
2013-2019	6.0

MMBD: Millones de barriles de petróleo diarios Fuente: PDVSA. (s.f).

Página web oficial

Inversiones

Se clasificaron las inversiones en términos de los gastos y costos directos (Gastos de E&P), equivalentes a la sumatoria de las partidas: Gastos de Operación, Gastos de Exploración, Gastos de Venta y Gastos Financieros. Se descontaron los gastos realizados en E&P de gas y no se tomaron en cuenta partidas tales como depreciación, regalías o aportes sociales, entre otros, ya que estos no influyen directamente en la operación.

Trabajadores

PDVSA clasifica a los trabajadores en: petroleros, no petroleros y contratados. Para efectos de esta investigación, solo se consideran la cantidad de trabajadores petroleros durante el periodo: 2002-2014.

La Tabla 2 muestra los valores asociados a cada una de las variables que son usadas para el modelo y que fueron registradas por PDVSA en los reportes de gestión anual durante el periodo de estudio.

Tabla 2. Variables del modelo

Año	Producción (MBPD) P	Trabajadores petroleros T	Inversiones (MMS) G
2002	2,716	45,683	11,457
2003	2,562	33,998	11,214
2004	2,833	38,519	14,712
2005	2,906	49,180	15,594
2006	2,907	52,815	16,111
2007	2,904	61,909	18,135
2008	3,235	78,739	20,828
2009	3,012	91,949	19,722
2010	2,975	99,867	19,062
2011	2,991	104,187	21,050
2012	2,910	111,342	28,183
2013	2,899	118,288	27,003
2014	2,785	121,752	27,192

Fuente: PDVSA. (s.f). Página web oficial

RESULTADOS

Durante el periodo comprendido entre 2002 y 2014 se gastaron 250.263 millones de dólares en E&P, con un incremento promedio anual de 8.2%.

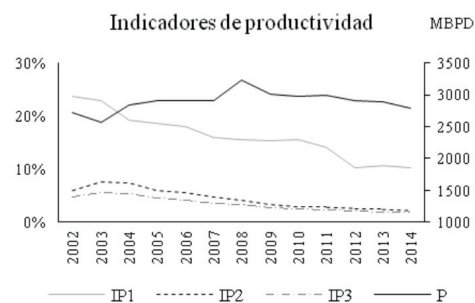
En el 2014, la cantidad de trabajadores petroleros se incrementó, considerando un promedio anual de 9%, a la cantidad de 121.752 trabajadores; es decir, 76.069 más que en el 2002.

La producción promedio diaria fue 2.895 MBPD, con un 0,35% de incremento anual; sin embargo, la producción en 2014 es ligeramente mayor que la de 2002, por tan solo 69 MBPD.

Según Chase & Jacobs (2014), la productividad es una medida común para saber si un país, industria o unidad de negocios utiliza bien sus recursos (o factores de producción), por lo que la gestión de PDVSA se puede calificar como totalmente improductiva, tal como se muestra en la Tabla 3, donde todos los indicadores calculados decrecieron constantemente durante todo el periodo estudiado.

Tabla 3. Indicadores de productividad PDVSA

Año	IP1: P/G	IP2: P/T	IP3: P/(G+T)
2002	23.7%	5.9%	4.8%
2003	22.8%	7.5%	5.7%
2004	19.3%	7.4%	5.3%
2005	18.6%	5.9%	4.5%
2006	18.0%	5.5%	4.2%
2007	16.0%	4.7%	3.6%
2008	15.5%	4.1%	3.2%
2009	15.3%	3.3%	2.7%
2010	15.6%	3.0%	2.5%
2011	14.2%	2.9%	2.4%
2012	10.3%	2.6%	2.1%
2013	10.7%	2.5%	2.0%
2014	10.2%	2.3%	1.9%

**Figura 2.** Indicadores de Productividad.

Fuente: Elaboración propia

La Figura 2 muestra el comportamiento de los indicadores de productividad en contraste con la producción de petróleo. Con los datos obtenidos de la Tabla 2, se realizan los cálculos respectivos y se obtiene la función estimada de la producción Y_i . Reemplazando los valores en la ecuación (6), se tiene que:

$$Y_i = 1207.78 (X_{2i})^{0.0575} (X_{3i})^{0.028} \cdot e^{ui} \quad (14)$$

Donde:

Y_i = Producción estimada de petróleo

X_{2i} = Inversiones en E&P

X_{3i} = Cantidad de trabajadores petroleros

$\beta_2 = 0.0575$ es la elasticidad (parcial) de la producción con respecto a la variable X_2 . Al aumentar los gastos de E&P en 1%, la producción aumenta 0,0575% siempre que la cantidad de trabajadores, X_3 , se mantenga constante.

$\beta_3 = 0,028$ es la elasticidad (parcial) de la producción con respecto a la variable X_3 . Al aumentar la cantidad de trabajadores en 1%, la producción aumenta 0,028% siempre que la cantidad de gastos en E&P, X_2 , se mantenga constante.

$(\beta_2 + \beta_3) = 0,085 < 1$ determina que existen rendimientos decrecientes a escala; por ejemplo, aun cuando se duplique la cantidad de las inversiones y la cantidad de trabajadores, la producción crecería menos del doble.

La Figura 3 muestra los resultados mediante el gráfico de la función de la regresión estimada y los valores reales de cada una de las variables.

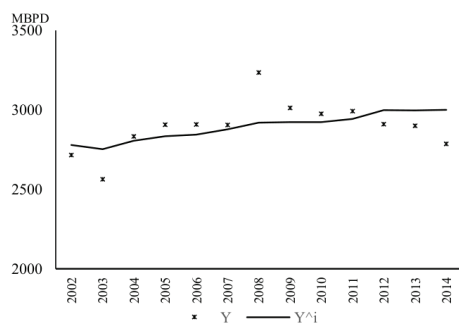


Figura 3. Función de regresión de la producción. Fuente: Elaboración propia

VALIDACIÓN DEL MODELO

En esta fase se trata de comprobar estadísticamente la calidad del modelo. En el supuesto de que los resultados del modelo ajustado sean una aproximación razonablemente de la realidad, se pueden establecer criterios apropiados

para comprobar si los valores estimados obtenidos de la ecuación concuerdan con las expectativas de la teoría o hipótesis planteada.

Prueba de robustez

La comprobación se realiza con la prueba de Normalidad de los Residuos, conocida como Test de Jarque-Bera (JB), para lo cual se calculan los coeficientes de asimetría y de curtosis. Si los comportamientos de estos valores se aproximan a cero (0) y a tres (3) respectivamente, el valor del JB disminuye e implica que la probabilidad de normalidad de los residuos aumenta. Se obtuvo un valor de $S = 0,4783$ para el de asimetría y $K = 3.4521$ para el de curtosis. Con los resultados se calcula el valor del $JB = 0,6063$ por medio del cual se puede validar la exactitud del estadístico en 70%.

Teóricamente, cuando se usan menos de cincuenta (50) muestras es difícil obtener un valor superior al 80%, por lo que el 70% es aceptable ya que la muestra fue de solo 13 valores. Para obtener valores superiores al 80%, la exactitud del modelo debe ser extremadamente precisa (Gujarati, 2010).

Con estos resultados se puede afirmar que el modelo de regresión tiene un buen ajuste con respecto a las variables reales y, en este sentido, puede afirmarse que la ecuación obtenida explica el comportamiento de la producción durante el período 2002 al 2014.

Prueba de significancia

Si además de analizar la estimación basada en las mediciones realizadas durante el periodo de estudio, se pretende inferir o pronosticar a futuro; entonces, partiendo del supuesto: los residuos siguen una distribución normal con media cero y varianza constante, se realizan pruebas como T-Student y F-Fisher aplicadas a los valores de los estimadores con un margen de error o nivel de significancia estadística (α), basado en un porcentaje de aceptación de los resultados. Este porcentaje es fijado por el investigador, y se recomienda en valores iguales o mayores al 95%, lo que implica un nivel de significancia o grado de error $\alpha = 5\%$.

La prueba T-Student es usada para comprobar si la media de unos datos se comporta de forma normal con respecto a algún valor o media en específico. Para realizar esta prueba se define un supuesto, que permitirá rechazar o aceptar la hipótesis, la cual se conoce como "hipótesis nula" y se denota como H_0 . Para el caso de esta investigación, el supuesto será: $H_0 =$ La producción estimada, se comportará como la producción real, es decir, el valor residual de las medias de

las variables es 0, lo que equivale a afirmar que la cantidad de trabajadores no está relacionada con las inversiones y, éstas no afectan a la producción, $H_0: \beta_i = 0$.

Una vez definida la hipótesis, se calcula el valor de estadístico de t . Para aceptar la hipótesis nula el valor de este estadístico debe ser menor al valor t crítico, el cual se obtiene mediante las tablas de valores de la distribución de T-Student.

También es necesario definir los parámetros del error (α) y los grados de libertad (k), para establecer el valor del crítico del estadístico t con una distribución de dos colas.

Se estableció una región de aceptación de 95% para realizar una prueba de dos colas, es decir: $\alpha = 0.05$. Con esto se define el valor de t crítico, dado que el modelo tiene 3 variables: $k-1 = 2$ grados de libertad, y como hay 13 observaciones, entonces: $n-2 = 11$ grados de libertad. Utilizando los valores tabulados para la distribución de probabilidad de T, se tiene que para $\alpha/2 = 0.025$, entonces el t crítico $(0,025,11) = 2,201$

De modo que si el valor t , está entre -2.201 y 2.201, se acepta H_0 . La tabla 4 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 4. Prueba T-Student para β_2 y β_3

Prueba T-Student		
β_i	t	t crítico
β_2	0.4462	-2.201
β_3	0.3216	2.201

Como ambos valores de t son menores al valor de t crítico, es decir, que los valores se encuentran dentro de la región de aceptación del 95%. Por lo tanto, se puede afirmar que se acepta la hipótesis nula y, en conclusión: la producción estimada no presenta diferencias significativas con respecto a la producción real.

Metas y pronósticos

La Figura 4 muestra el comportamiento de la producción durante el periodo de estudio 2002-2014 y el pronóstico de producción al 2019.

Los resultados obtenidos muestran que durante el periodo comprendido entre 2002 al 2017 se logró la meta de mantener la producción de petróleo cerca de 3.0 MMBPD, sin embargo, no se alcanzó la meta de producción de 5.8 MMBPD propuesta para 2013. Finalmente, de mantenerse un aumento progresivo en los niveles de gastos e ingreso

de trabajadores (tal como sugiere el modelo), al año 2019 tampoco se alcanzaría la meta propuesta de 6.0 MMBPD.

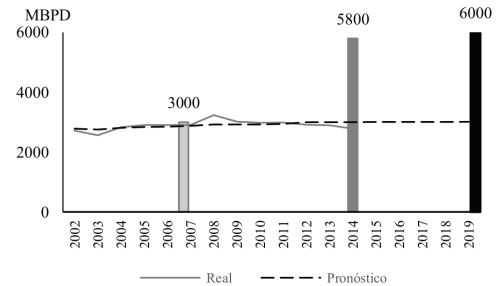


Figura 4. Producción de Petróleo en Venezuela. Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Mediante la aplicación del modelo de Cobb-Douglas se pudo medir el impacto que tuvieron las inversiones hechas en E&P y la cantidad de trabajadores, en la producción de petróleo, en Venezuela, durante el periodo comprendido desde 2002 al 2014.

Mediante el modelo se obtuvieron factores de escala de poco crecimiento y a pesar de 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.

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.

RECOMENDACIONES

El modelo econométrico utilizado, explica a 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 econométricos 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.

BIBLIOGRAFÍA

- ABREU, C. (2016), *Aplicación de la función de cobb-douglas sobre la producción de petróleo en Venezuela 2002-2014*. Trabajo Especial de Grado no publicado, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- ALJEBRIN, M.A. (2013). A Production Function Explanation of Saudi Economic Growth 1984-2011. *International Journal of Economics and Finance*; Vol. 5, No. 5; 2013.
- DUDLEY, B. (2015). *BP Statistical Review of World Energy 2016*. 67th Edition. Recuperado de: https://www.bp.com/content/dam/bp-country/es_es/spain/documents/downloads/PDF/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf.
- DE LA HOZ, E.J., Y GRANADILLO, T.J. (2014). Evaluación del comportamiento de los indicadores de productividad y rentabilidad financiera del sector petróleo y gas en Colombia mediante el análisis discriminante. *Contaduría y administración*, ISSN 0186-1042, Vol. 59, N°. 4, 2014, págs. 167-191. 2014
- GUJARATI, D. N. (2010). *Econometría (5ta edición)*. México D.F.: Mcgraw Hill.
- HALID, O. Y. (2015), The Cobb-Douglas Production of the Nigerian Economy (1974-2009). *Nigeria International Journal of Statistics and Applications*, 5(2): 77-80.
- DOI: 10.5923/j.statistics.20150502.05. 2015
- CHASE, R. & JACOBS, R. F. (2014). *Administración de Operaciones, Producción y cadena de suministros (13ª ed)*. México, D.F.: Mcgraw Hill.
- MALDONADO, H. O. (2009). *Análisis de la función de producción Cobb-Douglas y su aplicación en el sector productivo mexicano*. Tesis Profesional no publicada. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- PLAN DE LA PATRIA. (2013) Proyecto Nacional Simón Bolívar, Segundo Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación. *Ministerio del Poder Popular de Planificación*. Recuperado de <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-de-la-patria-2013-2019-de-venezuela>
- PDVSA. (s.f). *Página web oficial*. Recuperado en noviembre 24, 2017, en <http://www.pdvsa.com>
- PDVSA. (2016). *Informes de gestión anual*. Recuperado de: <http://www.pdvsa.com/>
- PÉNÉ-ANNETTE, A., PIRELA, A. Y RAMOUSSE, D. (2012). El Proyecto Socialista Orinoco: un nuevo territorio vinculado a la explotación petrolera en Venezuela, *Cuadernos del CENDES, Universidad Central de Venezuela*, vol. 29, núm. 80, 2012, 1-45
- TOCHUKWU, A. (2016) *Estimating the Rate of Technical Change in the Oil and Gas Industry using data from Private and National Companies*. M.S. thesis, Sci. Eng. Manag., Massachusetts Inst. Of Tech. USA