



**Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca**

**Facultad de Economía**

*Serie Documentos de trabajo\**

## **Un modelo de crecimiento económico con petróleo y política fiscal**

**Ana Yeniza Altamirano Carrillo e Ivan Porras Chaparro**

Workingpaper2021003A

Diciembre de 2021

Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca  
Facultad de Economía  
Av. Universidad s/n, Ex Hacienda de Cinco Señores  
Oaxaca de Juárez, Oaxaca, C.P. 68120

---

\* Los documentos de trabajo de la Facultad de Economía de la UABJO son material preliminar que ha pasado por un proceso de revisión y se pone a disposición de la comunidad académica para estimular la discusión, los comentarios, la revisión y mejora del documento como tal con miras a su publicación bajo estándares rigurosos.

Los puntos de vista son propios de los autores y no representan la posición oficial de la UABJO, ni de la dirección de la Facultad de Economía ni de las autoridades de la administración central.

# UN MODELO DE CRECIMIENTO ECONÓMICO CON PETRÓLEO Y POLÍTICA FISCAL

## [AN ECONOMIC GROWTH MODEL WITH OIL AND FISCAL POLICY]

Ana Yeniza Altamirano Carrillo<sup>‡</sup> e Ivan Porras Chaparro<sup>§</sup>

### Tabla de contenido

Introducción .....	3
Materiales y métodos .....	8
El modelo .....	8
El sector de producción .....	9
El gobierno .....	10
Los hogares .....	11
Equilibrio de mercado .....	12
Selección de datos para el análisis de regresión .....	13
Resultados .....	13
La solución en el estado estacionario .....	13
Discusión .....	17
Conclusiones .....	19
Literatura citada .....	19

---

<sup>‡</sup> Pasante de la Licenciatura en Economía – Facultad de Economía UABJO - [ayac97@hotmail.com](mailto:ayac97@hotmail.com) – Oaxaca de Juárez, México.

<sup>§</sup> Doctor en Ciencias Económicas - Facultad de Economía UABJO - [iporras23@cecad-uabjo.mx](mailto:iporras23@cecad-uabjo.mx) - Oaxaca de Juárez, México.

## RESUMEN

El petróleo es un producto básico no renovable potencialmente demandado en la época contemporánea y precursor del crecimiento económico; esto último se atribuye al dinamismo que tiene como fuente de energía en la producción. La evidencia empírica ha demostrado que un número importante de naciones con grandes dotaciones del recurso exhiben niveles de crecimiento bajos y hasta negativos. El objetivo es demostrar que a través de la aplicación de un impuesto al sector extractivo se recauda un mayor nivel de ingresos, se consigue reducir la velocidad de agotamiento del *stock* del petróleo y continua la producción de la economía. Se realiza una modificación en el modelo de Solow-Swan para incluir en la empresa representativa el factor productivo que incorpore la utilización del petróleo,  $E_t$ , especificando que el recurso disminuye una proporción constante y exógena,  $s_E$ , en cada periodo. Asimismo, se incluye la participación del gobierno con un impuesto a la utilización del recurso,  $\tau$ , y los ingresos recaudados son transferidos al hogar representativo en una transferencia de suma fija,  $T_t$ . Los resultados demostraron que la implementación de la política fiscal no tiene influencia significativa en la tasa de crecimiento de la producción por trabajador, pero influye positivamente en la conservación del petróleo para un periodo más largo. Se realizó una regresión con el método mínimos cuadrados ordinarios, utilizando 52 países (aquellos que tienen reservas importantes de petróleo), el resultado expone que el petróleo explica alrededor del 14 por ciento del PIB por trabajador.

**Palabras clave:** agotamiento, imposición al uso del recurso básico, mínimos cuadrados ordinarios, modelo de Solow-Swan, senda de crecimiento equilibrada.

## ABSTRACT

Oil is a non-renewable commodity potentially in demand in contemporary times and a precursor to economic growth; the latter is attributed to the dynamism it has as a source of energy in production. Empirical evidence has shown that a significant number of resource-endowed nations exhibit low and even negative levels of growth. The objective is to demonstrate that by applying a tax to the extractive sector, a higher level of income is collected, the speed of depletion of the oil stock can be reduced and the economy continues to produce. The Solow-Swan model is modified to include in the representative company the productive factor that incorporates the use of oil,  $E_t$ , specifying that the resource decreases in a constant and exogenous proportion,  $s_E$ , in each period. Also, the government share is included with a resource use tax,  $\tau$ , and the revenue collected is transferred to the representative household in a lump sum transfer,  $T_t$ . The results showed that the implementation of fiscal policy does not have a significant influence on the growth rate of production per worker, but it does have a positive influence on the conservation of oil for a longer period. A regression was performed with the ordinary least squares method, using 52 countries (those that have significant oil reserves), the result shows that oil explains about 14 percent of GDP per worker.

**Index words:** balanced growth path, depletion, imposition of basic resource use, ordinary least squares, Solow-Swan model.

## Introducción

El crecimiento económico es un tema de vital importancia para las naciones. Su relevancia radica en la presencia de una economía más productiva capaz de generar ingresos más altos, logrando así mejores niveles de crecimiento económico que se verán reflejados en la disminución de los niveles de pobreza (Sorensen & Whitta-Jacobsen, 2008). Esto significa la obtención de

niveles de bienestar más altos que permita a los hogares disfrutar de una mejor calidad de vida. Sin embargo, la evidencia empírica ha demostrado que no todas las naciones disfrutan de niveles de crecimiento económico significativos. Así como hay factores que promueven el crecimiento de las naciones, también hay factores que lo obstaculizan. En relación con los recursos naturales, el petróleo es un factor que puede ayudar al crecimiento económico al ser utilizado como insumo de producción, pero también se ha demostrado que puede ser una remora cuando es utilizado como producto básico exportador. Es en este último punto en el que se desenvuelve la presente investigación.

Antes de la aparición del petróleo como fuente de energía, se creía que el crecimiento económico únicamente podía lograrse a través de la acumulación de capital físico y humano. Barbier (2005) menciona que el crecimiento no se logra únicamente con estos dos factores, se debe considerar un tercer factor, el factor natural. Por ejemplo, el petróleo como fuente de energía ha facilitado el proceso de producción convirtiéndose en un recurso valioso para las grandes economías industriales. Los países pertenecientes a la región Asia Pacífico son un ejemplo de que con altos niveles de consumo de petróleo se ha logrado la mejora y el crecimiento del sector industrial de estos países, el cual va acompañado de niveles de crecimiento más altos y, por ende, de mayores ingresos. Esto es consecuencia del dinamismo que tiene el sector industrial (Barbier, 2005). Sin embargo, no sucede lo mismo en aquellas economías con grandes dotaciones de recursos naturales que son utilizados como productos básicos de exportación. Hasta se ha llegado a pesar de que las grandes dotaciones de recursos naturales son una maldición para las economías dueñas de ellas.

El tema de porque las grandes dotaciones de recursos naturales son una maldición para el crecimiento económico no es reciente. Existen diversos estudios que tratan de analizar de donde

surge la relación negativa entre crecimiento y las grandes dotaciones de productos básicos. Un primer candidato que explica el bajo crecimiento de las economías ricas en recursos es la volatilidad de los precios de los productos básicos, o en específico del petróleo. Los precios del producto básico distan de ser constantes. Cambios en la oferta o en la demanda, situaciones geopolíticas, situaciones económicas en los principales países consumidores y productores, el incremento o disminución del stock de petróleo, el comportamiento del dólar, la especulación financiera, los costos de acceso, búsqueda y explotación de los yacimientos son algunos factores que pueden llegar a provocar movimientos excesivos en los precios. Y estos movimientos llegan a afectar el desempeño de las economías con una baja estabilidad macroeconómica (Rossi, 2013), al igual que a aquellas economías que no diversifican el riesgo entre los demás sectores (secundarios y terciario) como consecuencia de su especialización en el sector primario.

La enfermedad holandesa es otro candidato que explica esta relación negativa. Esta situación se hace presente cuando el precio del producto básico se incrementa exhaustivamente o se encuentren nuevas reservas, generando la entrada de ingresos altos a corto plazo. Esto conduce a que el sector primario se vuelva más rentable. La inversión llega a concentrarse solo en ese sector generando un recorte en la inversión destinada a los demás sectores, reduciendo sus exportaciones (Barbier, 2005). La gravedad de esta situación es la posible desaparición de los demás sectores que suelen ser los más dinámicos, por lo tanto, la especialización en el sector primario conducirá a un ritmo de crecimiento mucho más lento.

Por otro lado, a pesar de que muchas economías no gozan de un desarrollo industrial fuerte y sí logran obtener altos niveles de ingresos por las exportaciones de su producto básico, su precario desarrollo económico puede atribuirse a las ambiciones personales de sus gobernantes, a la

corrupción y al mal manejo de los recursos naturales, es decir, a la falta de instituciones fuertes (Sala-i Martín & Subramanian, 2003).

Esto conlleva, dejando a un lado la corrupción y las ambiciones personales, a las acciones que las instituciones financieras y los gobiernos toman con respecto a la ejecución de las políticas económicas. Cuando una economía perciba mayores ingresos de las exportaciones de los productos básicos como consecuencia de un aumento en los precios, los gobiernos están acostumbrados a utilizar política económica procíclica (van der Ploeg & Poelhekke, 2009); esta política se caracteriza por un incremento en el gasto público más allá de los ingresos recaudados, hay reducciones en los impuestos y en las tasas de interés, en otras palabras, se le otorga mayor valor al consumo del presente que al consumo del futuro. El problema de esta acción aparece cuando los precios caen inesperadamente o se presenta una crisis económica; los gobiernos disminuyen el gasto, incrementan las tasas de interés y los impuestos generando un mayor deterioro en el desarrollo económico y una lenta recuperación de la economía. Y esto puede evitarse, de acuerdo con el Banco de México, si en lugar de utilizar políticas económicas procíclicas se utilizan políticas económicas contracíclicas, es decir, ejecutar acciones contrarias.

Por lo tanto, es posible determinar que son las acciones de política económica (específicamente la política fiscal) de las instituciones y de los gobiernos para gravar los ingresos provenientes de los recursos básicos las causantes del precario desarrollo económico de los países con grandes dotaciones de recursos naturales (van der Ploeg, 2007). Con esta idea no solo se obtendrían mayores ingresos, también es posible disminuir los riesgos generados por la escasa diversificación de las fuentes de ingresos y la volatilidad de los precios (Jiménez & Tromben, 2006).

Con base en lo mencionado hasta este momento, se asevera que con la implementación de un impuesto al sector petrolero los países exportadores obtienen mayores ingresos fiscales y consiguen niveles de crecimiento económico más altos.

En la literatura teórica se han realizado algunos modelos que expliquen la relación negativa que existe entre el crecimiento económico y las dotaciones de recursos naturales, principalmente con aquellos recursos no renovables como el petróleo. De acuerdo con Groth (2007), la opiniones malthusianas y ricardianas afirmaban que la utilización de recursos no renovables en el largo plazo provoca un estancamiento económico derivado de los rendimientos decrecientes en los factores de capital y trabajo. Aunque Malthus y Ricardo se referían específicamente al uso de la tierra como factor fijo en la producción (Sorensen & Whitta-Jacobsen, 2008). Así, Sorensen & Whitta-Jacobsen (2008) realizan un modelo de crecimiento de Solow en el que, además de los factores de capital y trabajo, también incluyen al petróleo como factor productivo con la restricción que disminuye a una tasa constante mientras es utilizado. La función de producción de la empresa representativa exhibe rendimientos constantes de escala y el modelo se desarrolla en mercados perfectamente competitivos, además de utilizar el progreso tecnológico para obtener el trabajo efectivo. A pesar de que el progreso tecnológico actúa de manera positiva en la producción por trabajador, la utilización del petróleo por sí misma muestra un precario crecimiento económico. Así mismo, Jones & Vollrath (2013) realizan un modelo de Solow en donde agregan, además de los factores de capital y de trabajo, el factor de recursos no renovables. La función de producción de la empresa representativa exhibe rendimientos constantes de escala, progreso tecnológico y crecimiento poblacional exógeno. Y solo se utiliza una fracción constante del *stock* de energía restante en cada periodo. Los resultados a los que llega son los siguientes: a) el crecimiento acelerado de la población actúa negativamente sobre el crecimiento per cápita, puesto que una mayor número de



habitantes hacen una mayor presión sobre los recursos escasos, b) aumentar la tasa de utilización de los recursos (véase como una tasa de agotamiento) disminuye en el largo plazo la tasa de crecimiento de la economía y, c) aunque es fácil pensar que al no utilizar el recurso este se encontrará disponible por un mayor tiempo, no debe ser una opción no utilizarlo porque entonces la producción de la economía sería cero. Finalmente, Groth & Schou (2004) realizan un modelo tipo Ramsey en donde se concentran en el aumento de los rendimientos a nivel agregado del capital, la mano de obra y el recurso natural. Además de exponer diversos impuestos y subvenciones que impactan al crecimiento económico, entre ellos un impuesto sobre las ganancias de capital en el *stock* de recursos naturales y la disminución de un impuesto sobre la utilización de los recursos. La conclusión a la que llegan es que considerando los recursos naturales agotables en el motor de crecimiento de las economías solo los impuestos que afectan la extracción de los recursos básicos son importantes en el largo plazo para el crecimiento económico.

El documento está organizado de la siguiente manera. En la segunda sección se desarrolla en modelo de crecimiento económico con petróleo y política fiscal, así como también se exponen la selección de datos para el análisis de regresión. En la tercera sección se presenta la solución en el estado estacionario, al igual que se expone el análisis de regresión de la senda de crecimiento equilibrado para 52 países. En la cuarta sección, se presenta la discusión en torno a los resultados. Y en la quinta sección, se exponen las conclusiones.

## Materiales y métodos

### El modelo

La economía con un solo sector es pequeña, con gobierno y cerrada al comercio internacional. La empresa representativa que maximiza sus beneficios tiene tres factores de producción: capital, trabajo y petróleo. La función de producción es del tipo Cobb-Douglas y posee rendimientos

constantes de escala. Los hogares son dueños de los factores de producción que venden a la empresa representativa en un mercado competitivo donde los precios de los factores son:  $r_t$ ,  $w_t$  y  $v_t$ , respectivamente. También los hogares ahorran una fracción constante de su ingreso disponible. El gobierno asigna un impuesto al sector extractivo,  $\tau$ ; los ingresos tributarios son transferidos a los hogares a través de transferencia de suma fija.

### El sector de producción

La función de producción de la empresa representativa es:

$$Y_t = AK_t^\alpha L_t^\beta E_t^\gamma \quad \alpha > 0, \beta > 0, \gamma > 0 \quad \alpha + \beta + \gamma = 1 \quad (1)$$

Donde  $Y_t$  es la producción de la economía,  $A$  representa el progreso tecnológico,  $K_t$  expresa el capital utilizado,  $L_t$  es el trabajo empleado en el sector,  $E_t$  es la cantidad de petróleo utilizada en la producción,  $\alpha$  es la participación de  $K_t$  en  $Y_t$ ,  $\beta$  es la participación de  $L_t$  en  $Y_t$  y  $\gamma$  es la participación de  $E_t$  en  $Y_t$ . La empresa representativa maximiza sus beneficios  $\pi_t = Y_t - r_t K_t - w_t L_t - v_t E_t(1 + \tau)$ , donde  $r_t$  expresa la tasa de alquiler del capital,  $w_t$  es el salario,  $v_t$  es el precio de la renta del petróleo y  $\tau \in (0,1)$  es la tasa de impuesto sobre el sector de extractivo. Las condiciones de primer orden son:

$$r_t = \alpha AK_t^{\alpha-1} L_t^\beta E_t^\gamma \quad (2)$$

$$w_t = \beta AK_t^\alpha L_t^{\beta-1} E_t^\gamma \quad (3)$$

$$v_t = \frac{\gamma AK_t^\alpha L_t^\beta E_t^{\gamma-1}}{1 + \tau} \quad (4)$$

La ecuación (2) denota que la tasa de alquiler del capital,  $r_t$ , es igual al producto marginal del capital. La ecuación (3) expresa que el salario en el sector,  $w_t$ , es igual al producto marginal del trabajo. La ecuación (4) denota que el precio de la renta del petróleo,  $v_t$ , es igual al producto marginal del petróleo dividido entre  $(1 + \tau)$ .

Se supone que, al comienzo de la producción, la economía dispone de un *stock* de petróleo, el cual se denota con  $R_0$ . Cuando la economía hace uso del recurso en una cantidad  $E_t$  para producir, el *stock* comienza a disminuir. Por lo tanto, el comportamiento del recurso es negativo y puede representarse a través de la siguiente ecuación:

$$\dot{R}_t = -E_t \quad (5)$$

También se supone que en cada periodo se utiliza una tasa constante y exógena de petróleo para producir,  $s_E \in (0,1)$ . Por lo tanto,  $E_t = s_E R_t$ , donde  $R_t$  representa el *stock* del petróleo en el periodo  $t$ . Sustituyendo esta expresión en la ecuación (5) se obtiene:

$$\dot{R}_t = -s_E R_t \quad (6)$$

Dividiendo la ecuación (6) entre  $R_t$  se obtiene la tasa a la que crece el petróleo:

$$\frac{\dot{R}_t}{R_t} = -s_E \quad (7)$$

## El gobierno

Los ingresos que percibe el gobierno son recaudados a través del impuesto a la utilización del petróleo,  $\tau v_t E_t$ . Para facilitar el análisis del modelo se supone que el gobierno no tiene deuda, no tiene gasto público en consumo y tampoco en inversión. Y los ingresos son transferidos a los hogares a través de una transferencia de suma fija denotada con  $T_t$ . Por lo tanto, la restricción del gobierno es la siguiente:

$$\tau v_t E_t = T_t \quad (8)$$

Donde  $\tau \in (0,1)$  es una tasa constante y exógena.

## Los hogares

Se supone que los hogares (representados por uno) son dueños del capital, trabajo y del petróleo. Aunque el hogar representativo es dueño del petróleo, no influye significativamente en los precios ni sobre el *stock* en el futuro (Sorensen & Whitta-Jacobsen, 2008). Es la interacción entre la oferta y la demanda quienes determinan el precio del petróleo. La restricción presupuestaria del hogar representativo es:

$$r_t K_t + w_t L_t + v_t E_t (1 + \tau) + T_t = C_t + I_t \quad (9)$$

El lado izquierdo de la ecuación (9) es el ingreso del hogar representativo, donde  $r_t K_t$  representa el ingreso por la renta del capital,  $w_t L_t$  expresa el ingreso salarial,  $v_t E_t (1 + \tau)$  representan los ingresos por renta del petróleo y  $T_t$  representan las transferencias. El lado derecho de la ecuación (9) representan los gastos del hogar representativo, donde  $C_t$  representa el consumo de los hogares en el momento  $t$  e  $I_t$  es la inversión bruta que es utilizada para consumo e inversión en bienes de capital, es decir,  $I_t = \dot{K}_t + \delta K_t$ , donde  $\dot{K}_t = \frac{dK}{dt}$  con  $K_0 > 0$ . También se supone que el hogar representativo ahorra una proporción exógena y constante,  $s \in (0,1)$ , del ingreso total. Por lo tanto, el ahorro de los hogares se representa a través de la siguiente ecuación:

$$S_t = s Y_t \quad (10)$$

Por último, debe representarse la conducta bilógica de los hogares a través de una tasa de crecimiento exógena,  $n$ , es decir, con esta tasa se describe el crecimiento de la población activa y se representa con la siguiente ecuación:

$$\frac{\dot{L}_t}{L_t} = n \quad (11)$$

### Equilibrio de mercado

Para llegar a la identidad contable nacional se sustituyen los precios reales  $r_t$ ,  $w_t$  y  $v_t$  de las ecuaciones (2), (3) y (4) en la restricción presupuestaria de los hogares expuesta en la ecuación (9), obteniéndose:

$$Y_t + T_t = C_t + I_t \quad (12)$$

La ecuación (12) expresa que todo lo que se produce más las transferencias realizadas por el gobierno debe ser consumido. El hogar representativo al absorber todos los ingresos de la economía, debe decir que proporción será destinada al consumo y al ahorro. En consecuencia, partiendo de la idea que lo que no consume el hogar representativo lo ahorra, se llega a la ecuación del ahorro bruto,  $S_t = Y_t - C_t$ . Por otro lado, por definición se sabe que la inversión bruta es igual a la depreciación del capital más el aumento del capital,  $I_t = \dot{K}_t + \delta K_t$ . Por lo tanto, sustituyendo estas expresiones y el valor del ahorro expuesto en la ecuación (10), la ecuación de la identidad contable queda de la siguiente manera:

$$sY_t + T_t = \dot{K}_t + \delta K_t \quad (13)$$

La ecuación (13) establece que el ahorro de los hogares más las trasferencias es igual a la inversión bruta. Sustituyendo el valor de  $T_t$  de la ecuación (8) en la ecuación (13), y dividiendo esta última entre el factor trabajo,  $L_t$ , se obtiene lo siguiente:

$$\dot{k}_t = sy_t + \tau v_t \frac{E_t}{L_t} - (n + \delta)k_t \quad (14)$$

La ecuación (14) es la ecuación de Solow con impuesto por trabajador, donde  $y_t = \frac{Y_t}{L_t}$  y  $k_t = \frac{K_t}{L_t}$ .

## Selección de datos para el análisis de regresión

Con base en las reservas probadas presentadas en *The World Factbook* por la Central Intelligence Agency (s.f) se han seleccionado los países para el estudio econométrico. Las variables utilizadas y que fueron descargadas del banco de datos del Banco Mundial son: Producto Interno Bruto (PIB) en el año 2014 (US\$ a precios constantes de 2010), la población activa total en el año 2014, el ahorro bruto en el periodo 1970-2014 (% del PIB), los activos del subsuelo como capital natural en donde se incluye al petróleo en el año 2014 (US\$ constantes del 2014) y la tasa de crecimiento de la población para el periodo 1970-2014. Los datos fueron capturados en un libro de Excel y el análisis de regresión se ejecutó en el programa EViews. Además, se han considerado los siguientes valores para los parámetros:  $\alpha = 0.2$ ,  $\beta = 0.6$ ,  $\gamma = 0.2$ ,  $\tau = 0.01$ ,  $\delta = 0.07$  y  $s_E = 0.005$ .

## Resultados

### La solución en el estado estacionario

Para llegar a la solución de estado estacionario se sustituyen los valores per cápita de  $y_t$  y  $v_t$  en la ecuación (14), también se hace uso de la siguiente igualdad  $E_t = s_E R_t$ . Llevando a cabo algunas operaciones algebraicas la ecuación (14) queda de la siguiente manera:

$$\dot{k}_t = A s_E^\gamma k_t^\alpha R_t^\gamma L_t^{-\gamma} [s + \tau\gamma(1 - \tau)^{-1}] - (n + \delta)k_t \quad (15)$$

En el lado derecho de la ecuación (15) se tienen los factores que influyen en el comportamiento del capital: el ahorro por trabajador y el impuesto a la utilización del recurso influyen de manera positiva sobre el *stock* del capital. Ambos conjuntamente compensan la depreciación del capital y el crecimiento de la población, es decir, la diferencia expuesta en el lado derecho de la ecuación

(15) es lo que acumula el capital en términos por trabajador. Utilizando la relación capital-producto

$z_t = \frac{k_t}{y_t}$  se obtiene:

$$y_t = A^{\frac{1}{\beta+\gamma}} s_E^{\frac{\gamma}{\beta+\gamma}} (z)^{\frac{\alpha}{\beta+\gamma}} \left(\frac{R_t}{L_t}\right)^{\frac{\gamma}{\beta+\gamma}} \quad (16)$$

Aplicando logaritmos a la ecuación (16) y derivando con respecto al tiempo se obtiene la tasa de crecimiento de la producción por trabajador del estado estacionario, la cual se muestra a continuación:

$$g_Y = -\bar{\gamma}s_E - \bar{\gamma}n \quad \bar{\gamma} = \frac{\gamma}{\beta + \gamma} \quad (17)$$

Además, el valor de la relación capital-producto en estado estacionario,  $z^*$ , es:

$$z^* = \frac{s + \frac{\tau\gamma}{1-\tau}}{(n + \delta) - \frac{\gamma}{\beta + \gamma} (s_E + n)} \quad (18)$$

Dado que  $s$ ,  $\tau$ ,  $\gamma$ ,  $n$ ,  $\delta$ ,  $\beta$  y  $s_E$  son constantes, la relación capital-producto es constante en el estado estacionario. Con  $z^*$  en la ecuación (16) se obtiene la senda de crecimiento equilibrado en el estado estacionario de  $y_t$ :

$$y_t^* = A^{\frac{1}{\beta+\gamma}} s_E^{\frac{\gamma}{\beta+\gamma}} (z^*)^{\frac{\alpha}{\beta+\gamma}} \left(\frac{R_t}{L_t}\right)^{\frac{\gamma}{\beta+\gamma}} \quad (19)$$

Se puede observar en la ecuación (19) que la presencia de petróleo en la economía influye positivamente en la producción por trabajador. Sustituyendo el valor de  $z^*$  de la ecuación (18) en la ecuación (19) y tomando logaritmos en ambos miembros de la ecuación, la senda de crecimiento equilibrado de  $y_t$  puede expresarse de la siguiente manera:

$$\ln y_t^* = \frac{1}{\beta + \gamma} \ln A + \frac{\gamma}{\beta + \gamma} \ln s_E + \frac{\alpha}{\beta + \gamma} \left( \ln \left( s + \frac{\tau\gamma}{1 - \tau} \right) - \ln \left( (n + \delta) - \frac{\gamma}{\beta + \gamma} (s_E + n) \right) \right) + \frac{\gamma}{\beta + \gamma} \ln \left( \frac{R_t}{L_t} \right) \quad (20)$$

Para el análisis de regresión se considera que los parámetros  $A$ ,  $s_E$ ,  $\tau$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  son los mismos en todos los países, reordenando la ecuación (20) se obtiene una ecuación de regresión que puede estimarse para un grupo de países:

$$\ln y_{14}^i = \beta_0 + \beta_1 \left( \ln \left( s^i + \frac{\tau\gamma}{1 - \tau} \right) - \ln \left( (n^i + \delta) - \frac{\gamma}{\beta + \gamma} (s_E + n^i) \right) \right) + \beta_2 \ln \left( \frac{R_{14}}{L_{14}} \right) \quad (21)$$

La estimación de la ecuación (21) utilizando el método de mínimos cuadrados con una muestra de 52 países proporciona el siguiente resultado:

$$\begin{aligned} \ln y_{14}^i &= \mathbf{9.53} \\ &+ \mathbf{0.59}(\ln(s^i + \mathbf{2.02})) \\ &- \ln \left( (n^i + \mathbf{0.07}) - \mathbf{0.25}(\mathbf{0.005} + n^i) \right) \\ &+ \mathbf{0.14} \ln \left( \frac{R_{14}}{L_{14}} \right) \end{aligned} \quad (22)$$

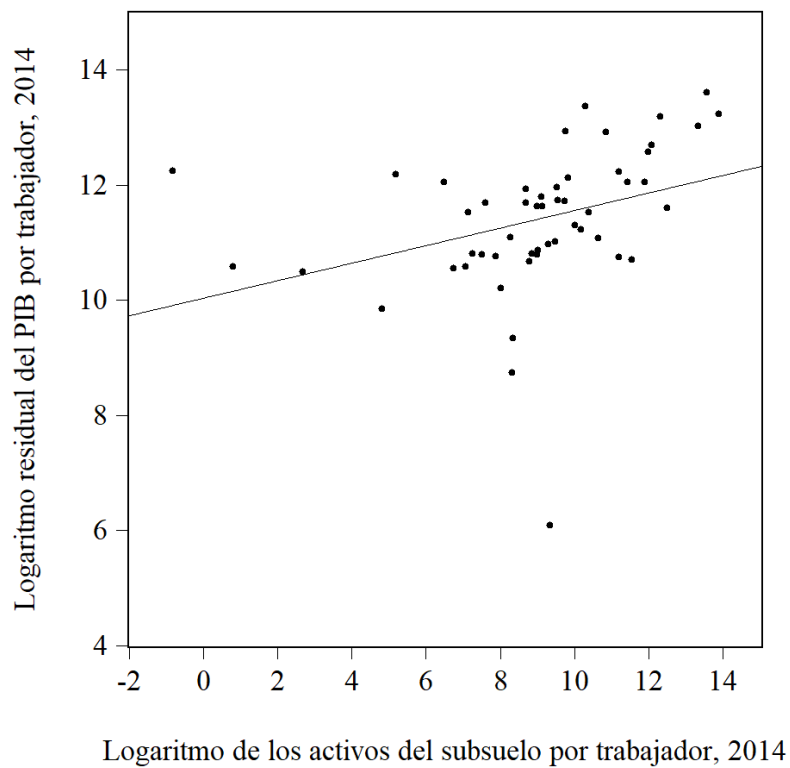
Con un  $R^2$  ajustado = 0.28

Por otro lado, también se grafica la relación del residuo del logaritmo del PIB por trabajador en el año 2014 y el valor de los activos del subsuelo por trabajador en el año 2014. Lo que se puede



observar en la gráfica es una relación positiva entre ambas variables, lo que significa que los recursos naturales incluido el petróleo si influyen en la producción por trabajador.

**Gráfica 1.** Relación entre el logaritmo residual del PIB por trabajador y el logaritmo del subsuelo por trabajador en el año 2014.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del Banco Mundial.

## Discusión

Los resultados de Sorensen & Whitta-Jacobsen (2008) y de Jones & Vollrath (2013) con respecto a la tasa de crecimiento de la producción por trabajador es bastante similar. Utilizar al progreso tecnológico como una variable del tiempo que crece a una tasa cualquiera influye de manera positiva en el crecimiento de la producción por trabajador, resultado de un aumento en la eficiencia del trabajo (Sorensen & Whitta-Jacobsen, 2008). Pero, el aumento del trabajo efectivo (lo que implica un incremento de  $n$ ) de por sí ya implica una fuerza negativa para la producción por trabajador, puesto que si la economía no genera mayores ingresos, la participación de la producción por trabajador será menor. Por otro lado, si se considera la presencia del petróleo, el cual disminuye en cada periodo conforme es utilizado, se esperaría que la producción de la economía también vaya disminuyendo como consecuencia de menores niveles del *stock* del recurso básico (Jones & Vollrath, 2013). Esto se traduce en tasas de crecimiento cada vez menores. Ahora, considerando el lastre de la utilización de los recursos no renovables como factor de producción y el crecimiento de la población, se tiene una mayor presión sobre los recursos limitados y, por ende, la tasa de crecimiento de la producción es más lenta y posiblemente negativa (Sorensen & Whitta-Jacobsen, 2008; Jones & Vollrath, 2013).

El resultado que se obtuvo en la presente investigación no difiere en gran medida de los resultados de Sorensen & Whitta-Jacobsen (2008) y de Jones & Vollrath (2013). A diferencia de ellos, no se consideró el progreso tecnológico como una variable del tiempo. En consecuencia, en la tasa de crecimiento de la producción por trabajador del estado estacionario expuesta en la ecuación (17), la tasa de crecimiento del progreso tecnológico no aparece. Y, de hecho, se observa en la ecuación que el crecimiento de la producción por trabajador en el largo plazo es negativo. La situación es aún mucho peor cuando no se considera el progreso tecnológico.

Por otro lado, lo nuevo en este modelo es la inserción de la política fiscal, la cual aparece gravando la utilización del petróleo en la producción. Para disminuir la utilización del petróleo en la producción y lograr que este se conserve por un periodo más largo, el gobierno decide aumentar el impuesto,  $\tau$ , al uso del recurso básico. Con la ecuación (18), se obtiene  $\frac{\partial z^*}{\partial \tau} > 0$ . Por lo tanto, un aumento del impuesto al uso del petróleo genera que la relación capital-producto en estado estacionario,  $z^*$ , aumente. Y concuerda con lo que se ha mencionado en los párrafos anteriores, prolongar la vida del petróleo por un mayor tiempo permite disfrutar de mayores ingresos al evitar que el recurso se agote. Algo similar se encuentra en los resultados presentados por Groth & Schou (2004), solo que ellos en lugar de implementar un impuesto a la utilización del recurso no renovable proponen un subsidio, como estímulo de aplazamiento, para mantener el recurso en el suelo y poder seguir utilizando las reservas en el largo plazo, lo cual afecta positivamente al crecimiento económico.

Aunque el impuesto ayuda a preservar el petróleo durante más tiempo y esto a su vez, permite la utilización del petróleo como factor productivo en el largo plazo, haciendo que la producción de la economía no sea nula, no genera de acuerdo con la ecuación (17) un gran impacto sobre el crecimiento de la economía. De hecho, lo que se observa en la ecuación es que el crecimiento de la producción por trabajador solo depende de dos factores, de la tasa de crecimiento de la población y de la tasa de agotamiento del petróleo. Y esta dependencia es negativa.

Finalmente, con base en la Gráfica 1. Relación entre el logaritmo residual del PIB por trabajador y el logaritmo del subsuelo por trabajador en el año 2014 la relación del residuo del PIB, el cual representa la parte del PIB que no es explicada por el ahorro bruto,  $s$ , y el crecimiento de la población,  $n$ , con los activos del subsuelo (incluyendo petróleo) es positiva. Lo que significa que una proporción del petróleo influye positivamente en el crecimiento de esta economía. Y debería

de ser así considerando que es un recurso cotidianamente utilizado para las actividades diarias del ser humano; desde ser combustible para el transporte hasta convertirse en electricidad para el funcionamiento de las industrias. Aunque, de acuerdo con los resultados de la estimación de regresión (ver ecuación (22)), su aportación al crecimiento de la producción por trabajador no es tan significativa. Entonces, se puede concluir que ¿el petróleo es uno de los tantos factores que puede explicar el crecimiento económico?

## Conclusiones

En la presente investigación se ha construido un modelo de crecimiento económico con petróleo para analizar la intervención de la política fiscal. Se ha mostrado que, con un aumento del impuesto en la utilización del recurso para el proceso productivo, hay un incremento en la relación capital-producto en el largo plazo. Lo que significa que, con la preservación de las reservas de petróleo durante un mayor tiempo, esta economía seguirá produciendo. También se demostró que, en el largo plazo, el impuesto no tiene ningún efecto sobre la tasa de crecimiento por trabajador, y este solo depende negativamente del crecimiento de la fuerza de trabajo y de la tasa de agotamiento del petróleo. El grado de este problema puede disminuir al considerar el progreso tecnológico como una variable del tiempo (lo que no se consideró en la presente investigación), la cual tiene influencia positiva sobre la tasa de crecimiento de la producción por trabajador en el largo plazo. Sin embargo, es un hecho, que aun con la implementación de la política fiscal sobre el uso del petróleo no se consiguen tasas de crecimiento más altas. Esto último como consecuencia de emplear un factor productivo agotable.

## Literatura citada

Banco Mundial. s.f. PIB (US\$ a precios constantes de 2010). Indicadores del desarrollo mundial.

(Consultado: 30/09/2021). Disponible en:

<https://databank.bancomundial.org/reports.aspx?source=2&series=NY.GDP.PCAP.KD&country=>

Banco Mundial. s.f. Ahorro bruto (% PIB). Indicadores del desarrollo mundial. (Consultado: 30/09/2021). Disponible en:

<https://databank.bancomundial.org/reports.aspx?source=2&series=NY.GNS.ICTR.ZS&country=>

Banco Mundial. s.f. Crecimiento de la población (% anual). Indicadores del desarrollo mundial. (Consultado: 30/09/2021). Disponible en:

<https://databank.bancomundial.org/reports.aspx?source=2&series=NY.GNS.ICTR.ZS&country=>

Banco Mundial. s.f. *Natural capital, suboil assets (constant 2014 US\$), Wealth Accounts*. (Consultado: 30/09/2021). Disponible en: <https://databank.bancomundial.org/source/wealth-accounts/Type/TABLE/preview/on>

Banco Mundial. s.f. Población activa, total. Indicadores del desarrollo mundial. (Consultado: 30/09/2021). Disponible en:

<https://databank.bancomundial.org/reports.aspx?source=2&series=NY.GNS.ICTR.ZS&country=>

Barbier, E. B. 2005. *Naturales Resources and Economic Development*. New York: Cambridge University Press. 410 p.

Central Intelligence Agency. s.f. *The world factbook*. (Consultado: 30/09/2021). Disponible en: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/docs/rankorderguide.html>

- Groth, C. 2007. *A New-Growth Perspective on Non-renewable Resources*. Department of Economics and EPRU\*, University of Copenhagen. Studiestraede 6, DK-1455, Copenhagen K, Denmark. 46 p.
- Jiménez, J.P. & Tromben, V. 2006. Política fiscal y bonanza: Impacto del aumento de los precios de los productos no renovables en América Latina y el Caribe. CEPAL, (90). pp. 61–86. doi: 10.18356/ec763797-es.
- Jones, C. & Vollrath, D. 2013. *Natural resources and economic growth*. In Repcheck, J. *Introduction To Economic Growth*. Third. ed. United States of America, pp. 228–255.
- van der Ploeg, F. 2007. *AFRICA AND NATURAL RESOURCES: Managing Natural Resources for Sustainable Growth*. *Development*. 124(August), 68 p.
- van der Ploeg, F. & Poelhekke, S. 2009. *Volatility and the natural resource curse*. *Oxford Economic Papers*. pp. 727–760. doi: 10.1093/oep/gpp027.
- Rossi, G. D. 2013. La volatilidad en mercados financieros y de commodities, *INVENIO*, 16(30), pp. 59–74.
- Sala-i-Martin, X. & Subramanian, A. 2003. *Addressing the Natural Resource Curse: An Illustration from Nigeria*. 46 p.
- Sorensen, P. & Whitta-Jacobsen, H. J. 2008. ¿Tiene límites el crecimiento? El modelo de Solow con escasez de recursos naturales’, in Fernández Soria, J. I. (ed.) *Introducción a la macroeconomía avanzada Volumen I: crecimiento económico*. Primera. ed. España: McGRAW-HILL/iNTERAMERICANA DE ESPAÑA, pp. 191–211.