

Market equilibrium in the oil sector and public policy: trade-offs between profitability and welfare

Manuel Oliva Caridi¹ and María del Mar Megy²

¹ Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires, Argentina
manuoliva123456@gmail.com

² Universidad del CEMA, Buenos Aires, Argentina

Abstract. This work proposes a model of the Argentine crude oil market, composed of a state-controlled firm (YPF) and a set of smaller, symmetric firms. The firm with state participation seeks to maximize an objective function that takes into account not only corporate profitability, but also social welfare, whereas the remaining firms seek only to maximize profits. In the proposed model, YPF holds a dominant position and therefore moves first by choosing the quantities supplied to the market, while the other firms move afterwards. The model is used to analyze how the policy maker's preferences affect market equilibrium and, consequently, production, prices, and profitability. Before presenting the model, empirical evidence on the recent evolution of the Argentine oil market is discussed in order to assess some of its main underlying assumptions. In addition, the model parameters are calibrated using empirical information on production levels, market shares, and observed prices in Argentina. This calibration allows the theoretical framework to be linked to the main features of the Argentine oil sector and facilitates the interpretation of the results.

Keywords: Argentine oil market , Stackelberg game , market equilibrium , YPF , public policy

Equilibrio de mercado en el sector petrolero y política pública: trade-offs entre rentabilidad y bienestar

Abstract. En este trabajo se propone un modelo para representar el mercado argentino de petróleo compuesto por una empresa bajo control estatal (*YPF*) y un conjunto de firmas privadas de menor escala, atomizadas y simétricas entre sí. La empresa con participación estatal busca maximizar una función objetivo que contempla tanto la rentabilidad empresarial como el bienestar social, mientras que las restantes firmas maximizan exclusivamente sus beneficios. En el modelo propuesto,

YPF ocupa una posición dominante y actúa como líder en un juego tipo Stackelberg, definiendo primero las cantidades que vuelca al mercado, mientras que las demás empresas reaccionan posteriormente. El trabajo analiza cómo las preferencias del *policy maker* afectan el equilibrio de mercado y, en consecuencia, la producción, los precios y la rentabilidad. Previamente, se presenta evidencia empírica sobre la evolución reciente del mercado petrolero argentino con el objetivo de discutir algunos de los supuestos centrales del modelo. Adicionalmente, los parámetros se calibran utilizando información empírica sobre producción, participación de mercado y precios observados en Argentina.

Keywords: mercado de petróleo, juego de Stackelberg, equilibrio de mercado, YPF, políticas públicas

1 Contexto empírico y motivación

A lo largo de los años la producción de petróleo en Argentina ha mostrado una evolución heterogénea, reflejando cambios económicos, institucionales y tecnológicos. En esta sección se presenta evidencia empírica que motiva los principales supuestos del modelo. Como se observa en la Figura 1, la trayectoria de la producción presenta variaciones marcadas entre distintas etapas del período analizado. En este marco, resulta relevante considerar el rol de las decisiones de política pública, ya que pueden influir sobre los incentivos a la producción y a la inversión.

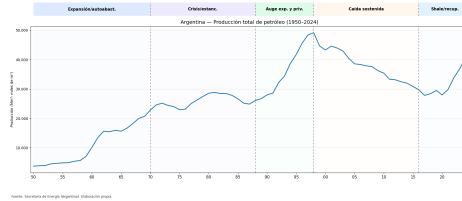


Fig. 1: Evolución en el tiempo de la producción de petróleo crudo en m^3 desde 1950 hasta 2024. Fuente: secretaría de Energía. Elaboración propia.

El mercado de petróleo en Argentina presenta una característica estructural distintiva: la coexistencia de una empresa de gran escala con participación estatal significativa (*YPF*) junto a otras firmas de menor tamaño relativo. Como se observa en la Figura 5, la distribución de la producción entre empresas en 2024 exhibe una marcada concentración en torno a YPF y participaciones considerablemente menores para el resto. La evolución de los índices de concentración entre 2009 y 2024 refuerza esta caracterización, mostrando una participación creciente de *YPF* frente al resto. Como se observa en la Figura 2, la participación

de la empresa líder (CR1) aumentó de aproximadamente un 34% en 2009 a un 48,5% de la producción total en 2024, mientras que los indicadores agregados de concentración (CR4, CR8, y HHI) también muestran una tendencia creciente. En particular, el índice HHI supera los 2500 puntos durante los últimos años del período analizado, nivel habitualmente asociado a mercados altamente concentrados. Estos indicadores muestran un fortalecimiento progresivo de la posición dominante de YPF dentro del sector petrolero, acompañado por una pérdida relativa de participación de las firmas más pequeñas. Esta estructura introduce una asimetría relevante en la toma de decisiones y en la dinámica competitiva del sector, diferenciándolo de esquemas de competencia más estándar. En este contexto, modelar a *YPF* como una firma líder que toma decisiones anticipadamente respecto del resto de las empresas constituye el supuesto de *firma dominante*, consistente con la estructura observada del mercado argentino de petróleo.

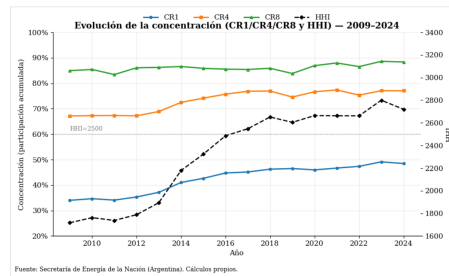


Fig. 2: Evolución de la concentración del mercado petrolero argentino entre 2009 y 2024. CR1 representa la participación de mercado de la empresa más grande (YPF), CR4 y CR8 la participación conjunta de las 4 y 8 empresas más grandes y HHI (Índice de Herfindahl-Hirschman) una medida sintética de concentración construida a partir de las participaciones de mercado de todas las firmas. Fuente: Secretaría de Energía. Elaboración propia.

La evidencia presentada también sugiere que las decisiones de producción no responden únicamente a criterios de rentabilidad empresarial, sino que pueden incorporar objetivos de política pública. Este hecho motiva el supuesto de *objetivos múltiples del Estado* utilizado posteriormente en el modelo. En particular, la empresa bajo control estatal enfrenta un problema de optimización que contempla no solo su rentabilidad, sino también el impacto del precio del petróleo sobre el resto de la economía. Cabe destacar que este proceso coincide temporalmente con la renacionalización de *YPF* en 2012. A partir de ese momento se observa un aumento sostenido tanto de la participación de la empresa líder como de los indicadores de concentración del mercado. Si bien estos cambios pueden responder a múltiples factores, entre ellos el desarrollo de los recursos no convencionales y las decisiones de inversión del sector, la mayor participación estatal en *YPF* fortaleció su rol como actor estratégico dentro del mercado petrolero.

argentino. Por esta razón, resulta razonable considerar que las decisiones de producción de la firma pueden reflejar no solo objetivos de rentabilidad empresarial, sino también objetivos de política pública. La relación entre el precio internacional del petróleo y el precio observado en el mercado local argentino tampoco fue constante a lo largo del tiempo. Como se observa en la Figura 3, existen períodos en los cuales ambos precios evolucionan de manera similar y otros en los que se produce un desacople significativo. En particular, durante buena parte del período comprendido entre 2004 y 2015, el precio local se ubicó sistemáticamente por debajo del precio internacional de referencia (Brent), mientras que en otros momentos las diferencias se redujeron considerablemente o desaparecieron. Estas diferencias reflejan la existencia de intervenciones y mecanismos de regulación que afectan la transmisión de los precios internacionales al mercado local. Un ejemplo de ello es la política conocida como “barril criollo”, mediante la cual el Estado fijó o promovió precios internos de referencia distintos de los observados en el mercado internacional, con el objetivo de proteger el abastecimiento interno, sostener la actividad de las empresas y moderar el impacto de los precios energéticos sobre el resto de la economía. La evidencia histórica muestra que las autoridades no siempre enfrentaron el mismo trade-off entre rentabilidad del sector y bienestar de consumidores y empresas, sino que adoptaron estrategias diferentes según las condiciones económicas y los objetivos de política pública de cada período.

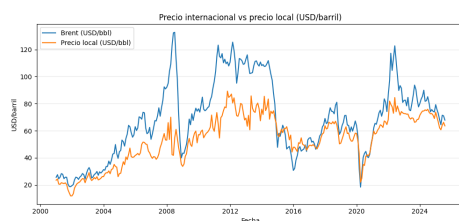


Fig. 3: Evolución del precio internacional del petróleo Brent y del precio local del petróleo en Argentina (USD por barril), 2001–2025. Fuente: Secretaría de Energía, U.S. Energy Information Administration (EIA) y elaboración propia.

La evolución reciente de la producción petrolera argentina también pone de manifiesto la importancia de los cambios tecnológicos dentro del sector. Como se observa en la Figura 4, durante la última década la producción no convencional se incrementó sostenidamente respecto a la producción total, impulsando una recuperación significativa de la producción luego de varios años de estancamiento. Este proceso estuvo asociado principalmente al desarrollo de los recursos no convencionales de Vaca Muerta con la incorporación de nuevas tecnologías de exploración y extracción, modificando la estructura productiva del sector. La Figura 5 muestra además que las principales empresas presentan perfiles productivos muy diferentes en términos de la composición entre producción convencional y

no convencional. Mientras algunas firmas concentran gran parte de su actividad en yacimientos no convencionales, otras continúan especializándose principalmente en producción convencional. En términos más generales, esta evidencia muestra que el sector se encuentra sujeto a cambios tecnológicos, regulatorios y de inversión que modifican su estructura a lo largo del tiempo. Por esta razón, el modelo propuesto debe entenderse como una representación de corto plazo, basada en el supuesto de *estructura tecnológica fija* en la cual la estructura productiva y tecnológica se considera fija, con el objetivo de aislar el impacto de distintas preferencias de política pública sobre el equilibrio de mercado.

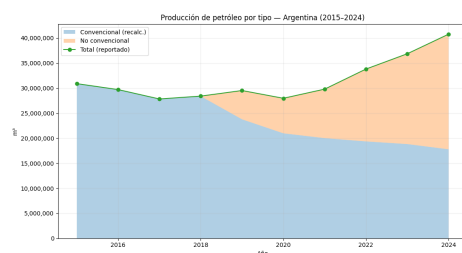


Fig. 4: Fuente: Secretaría de Energía. Elaboración propia.

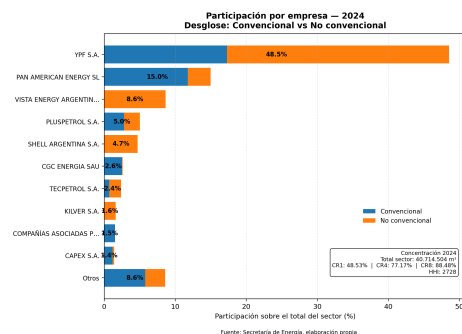


Fig. 5: Fuente: Secretaría de Energía. Elaboración propia.

Estas características del mercado petrolero argentino motivan la construcción de un modelo que permita formalizar cómo las decisiones de política pública afectan el equilibrio del mercado de petróleo y sus consecuencias sobre el aparato productivo y los hogares. Estas decisiones dependen de las preferencias del *policy maker*, lo que se traduce en distintos *trade-offs* entre rentabilidad, niveles de producción y precios Laffont and Tirole, 1993. Con este objetivo, se propone un modelo teórico de corto plazo que combina los supuestos de firma dominante, objetivos múltiples del Estado y firmas privadas simétricas, basado en un esquema

de competencia estratégica tipo Stackelberg, donde la empresa con participación estatal actúa como líder y el resto de las firmas, como seguidoras (Varian, 2020). A diferencia de los trabajos clásicos sobre oligopolios mixtos de De Fraja y Delbono De Fraja and Delbono, 1989 y Matsumura Matsumura, 1998, que analizan de manera general la interacción entre empresas públicas y privadas, el presente trabajo incorpora un parámetro que permite representar distintos regímenes de política pública según las preferencias del *policy maker* balanceando rentabilidad y bienestar social. Esta formulación muestra que las diferencias de producción entre dichos regímenes presentan un comportamiento no monótono a medida que aumenta la convexidad del costo social respecto al precio. Finalmente, el presente modelo se desarrolla específicamente para el mercado petrolero argentino e incorpora una calibración basada en datos observados de precios, participación de mercado y producción total.

2 Modelo de Mercado de Petróleo

El modelo propuesto representa un escenario del mercado argentino de petróleo en el que interactúan el Estado (a través de la empresa *YPF*) y el resto de las empresas del sector. El modelo considera un mercado de petróleo en el corto plazo con $n + 1$ firmas: *YPF*, que actúa como líder, y otras n empresas privadas seguidoras. Se asume que estas últimas son simétricas entre sí, enfrentando la misma tecnología de producción y estructura de costos, por lo que en equilibrio eligen idénticos niveles de producción. Esta formulación incorpora explícitamente el supuesto de *firma dominante* discutido en la sección anterior. Asimismo, al tratarse de un modelo de corto plazo, se adopta el supuesto de *estructura tecnológica fija*, según el cual las tecnologías de producción y la estructura del mercado permanecen constantes durante el horizonte analizado. Por su parte, el supuesto de *firmas simétricas* constituye una simplificación analítica adoptada para aislar los mecanismos económicos centrales del problema. En la práctica, las empresas presentan diferencias en términos de escala, costos y tecnologías de producción, tal como se observa en la Figura 5, donde la composición entre producción convencional y no convencional difiere entre firmas. El mercado se modela como un juego secuencial tipo Stackelberg en dos etapas von Stackelberg, 1934. Esta estructura refleja que, además de su participación accionaria en la empresa, el Estado interviene en el diseño del marco regulatorio del sector (por ejemplo, a través de la Secretaría de Energía), lo que le otorga capacidad de influir anticipadamente sobre las condiciones del mercado (ver por ejemplo resolución del boletín oficial Argentina. Secretaría de Energía, 2015). En este sentido, se asume que dicha posición le permite actuar como agente líder en la determinación de cantidades, en línea con el supuesto de *firma dominante*. El juego se modela como:

- En la **primera etapa**, *YPF* elige su nivel de producción q_y .
- En la **segunda etapa**, las n firmas seguidoras observan q_y y eligen simultáneamente su nivel de producción individual q_f .

La producción total del mercado es la suma de la producción de *YPF* y de las firmas seguidoras:

$$Q = q_y + nq_f \quad (1)$$

donde q_f representa la producción individual de cada firma seguidora en un equilibrio simétrico. Dado que todas las firmas privadas son idénticas, la producción agregada de las seguidoras se expresa como nq_f .

Precio y Demanda

Se asume que el petróleo es un bien único y homogéneo, por lo tanto el precio no depende de qué empresa lo produjo. Se asume además que no existen costos de transacción ni de transporte. El precio del petróleo se modela como una función de la cantidad total producida, $P(Q)$, que surge de un equilibrio de mercado en el cual la oferta se iguala a la demanda. Asimismo, suponemos una función de demanda inversa del petróleo inelástica, de modo que la cantidad demandada presenta baja sensibilidad frente a variaciones en el precio Dahl, 1993. En consecuencia, el precio puede expresarse como una función de la cantidad total producida, de la forma:

$$P(Q) = AQ^{-k}, \quad A > 0, \quad k > 1 \quad (2)$$

donde k es el parámetro que determina la elasticidad precio de la demanda y A es una constante.

Costos

Los costos son funciones convexas de las cantidades producidas y difieren entre la empresa bajo control estatal, $C_y(q_y)$, y las privadas, $C_o(q_f)$. En ambos casos, las funciones de costos incluyen un componente fijo y un componente variable que depende de las cantidades producidas. Para *YPF*, el costo como función de la cantidad producida se expresa como:

$$C_y(q_y) = F_y + c_y q_y^\alpha \quad (3)$$

Y el costo para las seguidoras es:

$$C_o(q_f) = F_o + c_o q_f^\beta \quad (4)$$

donde $\alpha, \beta > 1$, $\alpha < \beta$ y los costos fijos son tales que el de *YPF* es mayor al de las otras firmas, es decir, $F_y > F_o$. Este último supuesto se justifica por la mayor escala operativa de la empresa con participación estatal. Los costos marginales se obtienen derivando las funciones de costo respecto a las cantidades producidas para cada tipo de empresa, es decir:

$$MC_y(q_y) = c_y \alpha q_y^{\alpha-1}, \quad MC_o(q_f) = c_o \beta q_f^{\beta-1} \quad (5)$$

siendo $MC_y(q_y)$ el costo marginal de *YPF* y $MC_o(q_f)$, el costo marginal de las firmas seguidoras.

Beneficios

La ganancia de cada firma se define como la diferencia entre sus ingresos totales y sus costos totales:

$$\Pi_y = P(Q) q_y - C_y(q_y) \quad (6)$$

$$\Pi_f = P(Q) q_f - C_o(q_f) \quad (7)$$

Beneficio y objetivo de las firmas seguidoras Cada empresa seguidora maximiza su beneficio Π_f en función de su propia cantidad producida, teniendo en cuenta que la cantidad total Q depende de q_y y de la producción del resto de las firmas seguidoras. Esto significa que la condición de primer orden es:

$$\frac{\partial \Pi_f}{\partial q_f} = P(Q) + P'(Q) q_f - MC_o(q_f) = 0 \quad (8)$$

Es importante notar que la expresión de la Ec. 1, corresponde al caso de equilibrio simétrico entre las firmas seguidoras. En forma más general, la producción total del mercado puede escribirse como:

$$Q = q_y + \sum_{i=1}^n q_i, \quad (9)$$

donde q_i representa la producción de la firma privada i . Bajo simetría, todas las firmas eligen la misma cantidad, es decir, $q_i = q_f$ para todo i , por lo que ambas expresiones resultan equivalentes. Sin embargo, al derivar el problema de maximización de una firma individual i -ésima en la Ec. 9, se considera la variación de su propia producción, manteniendo constantes las decisiones del resto de las firmas. En consecuencia,

$$\frac{\partial Q}{\partial q_i} = 1.$$

Dado que $P'(Q) = -k \frac{P(Q)}{Q}$, se obtiene:

$$P(Q) \left(1 - \frac{k q_f}{Q} \right) = c_o \beta q_f^{\beta-1} \quad (10)$$

Bajo supuestos estándar de convexidad de costos y regularidad de la demanda, esta ecuación define implícitamente la función de reacción $q_f(q_y)$ que representa la mejor respuesta de cada firma privada ante un nivel dado de producción de la empresa estatal. En particular, se cumple que:

$$\frac{dq_f}{dq_y} < 0 \quad (11)$$

lo que indica que las cantidades producidas son estratégicamente sustitutas: un aumento en la producción de la empresa estatal reduce la cantidad óptima producida por las firmas privadas.

Beneficio y objetivo de la empresa con participación estatal El Estado, en cambio, maximiza una función de bienestar que pondera la renta de *YPF* y el costo social del precio del petróleo. Esta formulación incorpora el supuesto de *objetivos múltiples del Estado*, según el cual las decisiones de política energética no responden exclusivamente a criterios de rentabilidad empresarial sino también a consideraciones de bienestar económico más amplias De Donder and Roemer, 2009. Dicho bienestar se ve afectado por el nivel de precios del petróleo a través de la siguiente función:

$$W = \tau \Pi_y - (1 - \tau)D(P), \quad \tau \in (0, 1) \quad (12)$$

donde el costo social asociado al precio del petróleo, $D(P)$, se modela como:

$$D(P) = \delta P^\omega, \quad \delta > 0, \omega > 1 \quad (13)$$

De esta forma, τ representa las preferencias del *policy maker* respecto del *trade-off* entre la rentabilidad de YPF y el bienestar social. En particular, valores altos de τ reflejan una mayor ponderación de la rentabilidad empresarial, mientras que valores bajos asignan mayor importancia al costo social asociado a precios elevados. Dado un valor de τ , que puede interpretarse como una característica del gobierno o de la orientación de política económica, el *policy maker* determina el nivel de producción de YPF que maximiza la función W .

2.1 Resolución del juego

La producción de equilibrio se obtiene por inducción hacia atrás. Primero se obtiene la función de reacción $q_f(q_y)$. Luego, *YPF* elige q_y maximizando su función objetivo W , anticipando dicha reacción de las empresas privadas. Para resolver el problema del Estado, que busca maximizar el bienestar W definido en la Ec. (12), se calculan las derivadas de Q , P y Π_y respecto de q_y , teniendo en cuenta la dependencia de las cantidades de las firmas seguidoras con la de *YPF*, $q_f(q_y)$. La derivada de la producción total definida en la Ec. (9) respecto a la cantidad de *YPF* (q_y) es:

$$\frac{dQ}{dq_y} = 1 + n \frac{dq_f}{dq_y} \quad (14)$$

La derivada de la función de precios definida en Ec. (2) respecto a q_y es:

$$\frac{dP}{dq_y} = -k \frac{P(Q)}{Q} \left(1 + n \frac{dq_f}{dq_y} \right) \quad (15)$$

Derivando la función de beneficio de *YPF* (Π_y) definida en Ec. (7), respecto de q_y y usando la regla de la cadena para derivar el precio $P(Q)$, se obtiene:

$$\frac{d\Pi_y}{dq_y} = P(Q) - k \frac{P(Q)}{Q} q_y \left(1 + n \frac{dq_f}{dq_y} \right) - MC_y(q_y) \quad (16)$$

Derivando la función de costo social del precio $D(P)$ definida en Ec. (13) respecto de q_y , se obtiene:

$$\frac{dD}{dq_y} = \delta\omega P^{\omega-1} \frac{dP}{dq_y} = -\delta\omega k \frac{P^\omega}{Q} \left(1 + n \frac{dq_f}{dq_y}\right) \quad (17)$$

Por último, la condición de primer orden del problema del Estado (usando Ec.(12)) queda dada por:

$$\underbrace{\tau \left[P - k \frac{P}{Q} q_y \left(1 + n \frac{dq_f}{dq_y}\right) - MC_y(q_y) \right]}_{\text{RENTA YPF}} + \underbrace{(1 - \tau) \delta\omega k \frac{P^\omega}{Q} \left(1 + n \frac{dq_f}{dq_y}\right)}_{\text{COSTO SOCIAL DEL PRECIO}} = 0 \quad (18)$$

En equilibrio, el Estado elige el nivel de producción de *YPF* de modo tal que el beneficio marginal de la empresa se iguala con el costo social marginal asociado al precio del petróleo.

2.2 Resultados y estática comparativa

La Figura 6 muestra la evolución de las cantidades producidas y el precio de equilibrio en función del parámetro τ . Por su definición en la Ec. 12, τ captura el peso relativo que el Estado asigna a la rentabilidad de la firma dominante con participación estatal dentro de su función objetivo frente al bienestar social. Se observa en la Figura 6 que, a medida que τ aumenta (mayor es el peso hacia la rentabilidad y menor hacia el bienestar social), la producción de dicha firma disminuye de manera significativa, mientras que la producción del resto de las empresas aumenta. Sin embargo, este aumento no compensa la caída de (*YPF*), por lo que la producción total del mercado se reduce. Como consecuencia, el precio de equilibrio aumenta. Intuitivamente, cuando el Estado otorga mayor peso a la rentabilidad, internaliza en menor medida el costo social asociado a precios elevados, lo que lo lleva a restringir la producción total y permitir niveles de precios más altos. Por otro lado, valores bajos de τ se asocian no solo con menores precios y mayores niveles de producción agregada, sino también con una mayor participación relativa de la firma dominante en la producción total. Finalmente, el panel superior de la Figura 6 se obtuvo a partir de la versión calibrada del modelo, cuyos detalles se presentan en la sección siguiente. Los puntos señalados en la figura representan los valores observados de producción total y precio del petróleo en Argentina durante 2024 y constituyen el equilibrio de referencia utilizado para la calibración. Dicho equilibrio corresponde a un valor de preferencias $\tau = 0.5$, que se adopta como escenario base. El panel inferior de la Figura 6 presenta la evolución de los beneficios de la firma dominante y del conjunto de firmas privadas en función de τ , reescalados entre 0 y 100 normalizando cada serie entre su valor mínimo y máximo a lo largo del rango considerado de τ , de modo que el valor mínimo se asigna a 0 y el máximo a 100. Se observa que ambos aumentan con τ , en línea con el incremento del

precio. Sin embargo, los beneficios de la firma dominante son más sensibles a cambios en τ que los del sector privado. Cuando el Estado asigna un mayor peso a la reducción del costo social del precio (es decir, valores bajos de τ), ambas partes ven reducida su rentabilidad debido al menor nivel de precios. No obstante, la firma dominante absorbe la mayor parte de ese ajuste, ya que es a través de su decisión de producción que se implementa la política de precios. En cambio, las firmas privadas reaccionan óptimamente a las condiciones de mercado resultantes ajustando sus cantidades (maximizando sus ganancias o minimizando sus pérdidas), lo que atenúa el impacto sobre sus beneficios. La Figura 7 muestra la estática comparativa respecto del parámetro ω , que captura la convexidad del costo social del precio. Es importante resaltar que mientras τ refleja las preferencias del gobierno, ω describe la intensidad con la que el aumento del precio del petróleo se traduce en costos sociales. Para todos los valores de τ (distintos a los casos extremos 0 y 1), un aumento en ω incrementa la producción total y reduce el precio de equilibrio (en el panel superior se observan dos valores extremos de τ). Esto ocurre porque un mayor valor de ω hace que los precios altos resulten más costosos para la sociedad, por lo que el Estado responde aumentando la producción para reducirlos. El panel inferior resume el efecto de las preferencias del *policy maker* sobre la producción total de equilibrio. Para ello se define el indicador

$$R(\omega) = \frac{Q(\tau_H, \omega)}{Q(\tau_L, \omega)}, \quad \tau_H > \tau_L, \quad (19)$$

donde $Q(\tau, \omega)$ representa la producción total de equilibrio para un determinado conjunto de preferencias del *policy maker*. En particular, se consideran dos regímenes extremos: un gobierno relativamente más orientado a la rentabilidad de YPF ($\tau_H = 0.95$) y otro relativamente más orientado al bienestar social ($\tau_L = 0.05$). De esta manera, $R(\omega)$ mide cuán diferente es la producción de equilibrio entre ambos regímenes para cada valor de ω . Valores de $R(\omega)$ cercanos a uno indican que las preferencias del gobierno tienen un efecto reducido sobre la producción, mientras que valores bajos reflejan diferencias más marcadas entre ambos escenarios, indicando que el régimen más orientado a la rentabilidad produce relativamente menos que el régimen más orientado al bienestar social. Los resultados numéricos, obtenidos a partir de la calibración presentada en la sección siguiente, muestran que $R(\omega)$ presenta un comportamiento no monótono. En particular, existe un valor intermedio ω^* para el cual el indicador alcanza su mínimo. Formalmente:

$$R(\omega^*) = \arg \min_{\omega} R(\omega), \quad (20)$$

Este resultado refleja el punto en el que las diferencias de producción entre ambos regímenes son máximas. Las diferencias de producción primero se amplían hasta llegar a ω^* y luego se reducen a medida que aumenta ω . Desde el punto de vista económico, el comportamiento no monótono observado surge de la interacción entre dos mecanismos contrapuestos. Para valores bajos o intermedios de ω , los gobiernos que asignan mayor peso al bienestar social reaccionan más

intensamente frente al aumento del costo social asociado a precios elevados, ampliando las diferencias en la producción respecto de los gobiernos más orientados a la rentabilidad. Como consecuencia, la brecha entre los niveles de producción se expande y el cociente disminuye. Sin embargo, cuando ω alcanza valores suficientemente elevados, superiores a ω^* , el término de bienestar social adquiere relevancia incluso bajo regímenes más orientados a la rentabilidad. En este caso, ambos tipos de gobierno enfrentan incentivos cada vez más similares para expandir la producción y contener el precio, las diferencias entre los equilibrios se reducen y $R(\omega)$ vuelve a aumentar, como se observa en las simulaciones.

2.3 Calibración

Con el objetivo de vincular el modelo con magnitudes observadas del mercado argentino, se realiza una calibración utilizando información sobre producción, participación de mercado de YPF y precios del año 2024. La calibración se efectúa sobre un escenario base definido por $\tau = 0.5$, $\delta = 1$ y $\omega = 2$. Se recopilan datos observados de producción total, producción de YPF, participación de YPF en la producción agregada y precio de referencia expresado en dólares por metro cúbico. Se utilizan los valores de la Tabla 1 obtenidos de la Secretaría de Energía:

Table 1: Datos observados utilizados en la calibración

Variable	Símbolo	Valor	Unidad
Producción total	Q	40.7784	$10^6 m^3$
Producción de YPF	q_y	19.7571	$10^6 m^3$
Participación de YPF	q_y/Q	0.4845	—
Precio	P	500	USD

La estrategia de calibración consiste en fijar algunos parámetros ($\tau = 0.5$, $\delta = 1$, y $\omega = 2$, entre otros, ver Tabla 2) y ajustar aquellos que permiten reproducir simultáneamente los datos observados detallados en la Tabla 1. En particular, los parámetros fijados cumplen las siguientes condiciones: coeficientes de costo variable comunes para YPF y las firmas privadas ($c_y = c_o = 2$), mientras que los costos fijos satisfacen $F_y > F_o$, reflejando la hipótesis de que YPF representa una economía de mayor escala e infraestructura instalada. Bajo estas restricciones, se ajustan tres parámetros del modelo: la escala de la demanda inversa (A), la convexidad de la función de costos de YPF (α) y la convexidad de la función de costos de las firmas privadas (β). Para ello, se resuelve iterativamente el equilibrio de Stackelberg y se seleccionan los valores de los parámetros que permiten reproducir de la mejor manera posible los datos observados de producción total, producción de YPF, participación de mercado y precio. La Tabla 2 presenta los valores calibrados de los parámetros del modelo. Con estos valores, el modelo reproduce exactamente los datos observados utilizados como referencia en la calibración, tal como se muestra en la Tabla 2.

Table 2: Parámetros fijados y calibrados

Parámetro	Valor	Interpretación	Tipo
A	62019.58	Escala de la demanda inversa	calibrado
k	1.30	Elasticidad de la demanda inversa	fijado
α	3.54	Convexidad del costo de YPF	calibrado
β	4.96	Convexidad del costo de las firmas	calibrado
c_y	2.00	Coefficiente de costo variable de YPF	fijado
c_o	2.00	Coefficiente de costo variable de las firmas	fijado
F_y	500.00	Costo fijo de YPF	fijado
F_o	100.00	Costo fijo de las firmas privadas	fijado
τ	0.50	Peso de la rentabilidad en el escenario base	fijado
δ	1.00	Peso del costo social del precio	fijado
ω	2.00	Convexidad del costo social del precio	fijado
n	8	Número de firmas privadas simétricas	fijado

Esta calibración no es una estimación estructural completa del mercado petrolero argentino. El objetivo es construir un escenario de referencia consistente con ciertas magnitudes reales observadas en el mercado argentino para facilitar la interpretación económica de la estática comparativa.

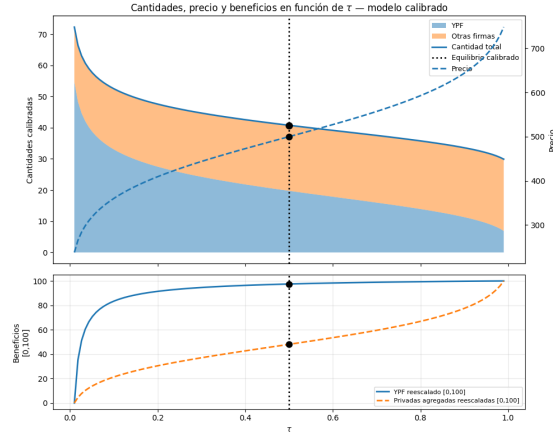


Fig. 6: Producción de YPF, producción agregada del resto de las firmas, cantidad total y precio de equilibrio en función de τ y beneficios de equilibrio de la firma dominante y del resto de las firmas agregadas en función de τ , reescalados al intervalo $[0,100]$.

3 Conclusiones, limitaciones y próximos pasos

El modelo desarrollado permite analizar cómo la interacción entre objetivos públicos y privados modifica el equilibrio del mercado petrolero. En particular, muestra que las preferencias del Estado respecto del trade-off entre rentabilidad

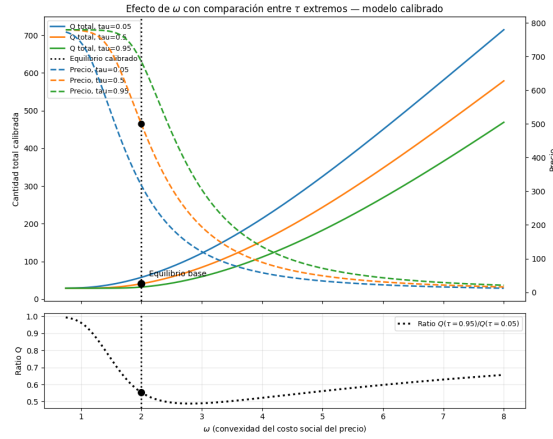


Fig. 7: Estática comparativa respecto del parámetro ω , que mide la convexidad del costo social asociado a precios elevados del petróleo. El panel superior muestra la producción total y el precio de equilibrio en función de ω para distintos valores de τ . El panel inferior presenta el cociente entre la producción total correspondiente a dos valores extremos del parámetro τ ($\tau = 0.95$ y $\tau = 0.05$), con el objetivo de comparar cómo cambian los niveles de producción relativa entre regímenes más orientados a la rentabilidad y al bienestar social.

y bienestar social, representadas por los parámetros τ y ω , afectan la producción, los precios, la rentabilidad de las firmas y la distribución de excedentes. Bajo los supuestos del modelo, YPF actúa no solo como una empresa dominante sino también como un instrumento de política económica capaz de modificar el equilibrio de mercado. Al mismo tiempo, es importante destacar que el modelo constituye una simplificación en varios sentidos. Se trata de un esquema de corto plazo, en una economía cerrada, que no incorpora precios internacionales ni dinámicas de inversión y que asume que las firmas restantes a YPF son simétricas entre sí. Asimismo, la función de bienestar social utilizada depende exclusivamente del precio del petróleo y no distingue entre distintos destinos de la producción (consumo interno, industria o exportaciones) ni entre diferentes mecanismos que podrían transmitir bienestar. Por lo tanto, el modelo intenta representar una herramienta conceptual que permite aislar mecanismos económicos fundamentales, y no una descripción completa del funcionamiento del mercado de hidrocarburos. Entre las extensiones futuras más interesantes se encuentran el desarrollo de un marco de largo plazo y una representación más detallada del bienestar social. En el primer caso, la producción podría ajustarse a través de decisiones de inversión. En ese contexto, la rentabilidad esperada del resto de las firmas (determinada en parte por las preferencias del Estado y su impacto sobre precios y cantidades de equilibrio) pasaría a jugar un rol central en la determinación de la capacidad productiva futura. En particular, dado que las decisiones de producción de la firma dominante con participación estatal afectan tanto el nivel de precios como

de las cantidades totales volcadas al mercado y de los beneficios de las demás empresas, las expectativas sobre la política económica incidirían directamente sobre los incentivos a invertir del resto del sector. Asimismo, resulta de interés analizar la robustez de la calibración realizada y estudiar bajo qué condiciones emerge el comportamiento no monótono identificado en las diferencias de producción entre regímenes alternativos, así como la sensibilidad de este resultado frente a cambios en la parametrización del modelo. Además, un paso adicional muy interesante sería incorporar mecanismos de formación de expectativas y señalización dentro del juego. En particular, las firmas podrían utilizar señales emitidas por el policy maker (como anuncios de política, cambios regulatorios o incluso expectativas sobre futuros gobiernos) para inferir la orientación futura de la política energética y, en función de ello, tomar decisiones de inversión. Este tipo de extensión permitiría capturar de manera más realista la interacción entre política económica e inversión en el sector, especialmente en contextos de elevada incertidumbre institucional.

Referencias

- Argentina. Secretaría de Energía. (2015). Resolución 14/2015. programa de estímulo a la producción de petróleo crudo [Boletín Oficial].
- Dahl, C. A. (1993). A survey of oil demand elasticities for developing countries. *OPEC Review*, 17(4), 399–419.
- De Donder, P., & Roemer, J. E. (2009). Mixed oligopoly equilibria when firms' objectives are endogenous. *International Journal of Industrial Organization*, 27(3), 414–423.
- De Fraja, G., & Delbono, F. (1989). Alternative strategies of a public enterprise in oligopoly. *Oxford Economic Papers*, 41(2), 302–311. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.oep.a041896>
- Laffont, J.-J., & Tirole, J. (1993). *A theory of incentives in procurement and regulation*. MIT Press.
- Matsumura, T. (1998). Partial privatization in mixed duopoly. *Journal of Public Economics*, 70(3), 473–483. [https://doi.org/10.1016/S0047-2727\(98\)00051-6](https://doi.org/10.1016/S0047-2727(98)00051-6)
- Varian, H. R. (2020). *Intermediate microeconomics: A modern approach* (9th ed.). W. W. Norton Company.
- von Stackelberg, H. (1934). *Marktform und gleichgewicht*. Julius Springer.