Documentos de trabajo Número XI – 2021

Política Arancelaria Estratégica en la Guerra Comercial China-Estados Unidos

Diana Guadalupe Martínez Padilla

Julen Berasaluce Iza

El Colegio de México

diciembre de 2021

http://cee.colmex.mx/documentos-de-trabajo

EL COLEGIO DE MÉXICO
CENTRO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS

POLÍTICA ARANCELARIA ESTRATÉGICA EN LA GUERRA COMERCIAL CHINA-ESTADOS UNIDOS

DIANA GUADALUPE MARTÍNEZ PADILLA

JULEN BERASALUCE IZA

6 de diciembre de 2021

Índice general

Introducción

Después de décadas de libre comercio, en 2018 el presidente de los Estados Unidos, Donald J. Trump, y el presidente de la República Popular China, Xi Jinping, dieron inicio, de manera abierta, a una guerra comercial. Este conflicto económico entre las dos economías más grandes del mundo surge como resultado de la percepción de que China había estado incurriendo en prácticas comerciales desleales, incluidos el robo de propiedad intelectual y la transferencia forzada de tecnología. Es así como el 22 de marzo de ese año, Trump autorizó aranceles sobre las importaciones chinas por un valor de aproximadamente $50 mil millones de dólares. El 2 de abril, el Ministerio de Comercio de China respondió, a manera de represalia, con la imposición de aranceles a 128 productos importados desde Estados Unidos. El 23 de agosto del 2018, China y Estados Unidos implementaron una segunda ronda de aranceles gravando 333 y 279 productos, respectivamente, con un arancel del 25 %. A pesar de que el 15 de enero del 2020 ambos países firmaron la fase uno de un acuerdo comercial y entre febrero y mayo se anunciaron múltiples exenciones tarifarias las tensiones comerciales persisten[1].

Bajo el contexto anterior, se plantean algunas preguntas que motivan el siguiente trabajo. ¿Los aranceles impuestos por Estados Unidos pueden efectivamente cumplir el objetivo de proteger la propiedad intelectual? ¿Qué tan alto es el arancel que resulta óptimo para estos países cuando tienen en cuenta la pérdida en el bienestar del consumidor que se genera por el encarecimiento de los bienes importados? ¿Qué factores pueden explicar la existencia de asimetrías arancelarias entre estos dos países?

El principal objetivo de este trabajo es determinar el arancel *ad-valorem* que resulta óptimo imponer a las importaciones de bienes tecnológicos provenientes de un país adversario cuando dicho arancel puede tener un efecto en el nivel de inversión en investigación y desarrollo (I&D) que realizan las empresas, además de en el excedente del consumidor. Si el arancel óptimo

[1] Para una descripción más detallada de la cronología de los hechos de la guerra comercial China-Estados Unidos, puede consultar https://www.china-briefing.com/news/the-us-china-trade-war-a-timeline/

es positivo, permitirá proteger la inversión en I&D doméstica de la competencia extranjera. Para modelarlo desarrollamos un juego de tres etapas, que se soluciona mediante un equilibrio perfecto en subjuegos (EPS). En la primera etapa los gobiernos establecen un arancel *ad-valorem* a las importaciones; en la segunda etapa, las empresas, teniendo en cuenta este arancel, van a elegir un nivel de inversión en I&D; en la tercera etapa las empresas compiten a la Cournot en cada uno de los mercados.

La justificación de que sea más apropiado un arancel que el establecimiento de una patente tiene su base en que, como mencionan Grossman y Lai (2004), un país no obtiene todos los beneficios globales que resultan de proteger la propiedad intelectual dentro de sus fronteras cuando el comercio internacional difunde los beneficios de la innovación. A esto se suman las dificultades técnicas que pueda haber en el proceso de implementación y el control de reproducciones ilegales, en caso de que se optara por una estrategia enfocada en el control de estas prácticas.

El costo de la imposición del arancel dentro de nuestro modelo es el encarecimiento de los bienes extranjeros importados, que tienen un peso en la utilidad de los consumidores locales. Mientras que el beneficio deriva del incentivo a una mayor inversión en investigación y desarrollo lo que, a su vez, podemos traducir como un aumento en el progreso tecnológico.

El trabajo se encuentra estructurado de la siguiente manera: en la primera sección se presenta una revisión de la literatura relacionada con el modelo a desarrollar; en la sección 2 se describen los características del juego a solucionar, la definición del equilibrio y la estrategia de solución. Dentro de esta misma sección, se da solución al modelo sin asumir una forma funcional concreta para la demanda, mientras que en la subsección 2.4 se soluciona el modelo suponiendo una función de demanda lineal. En la última sección se presentan las conclusiones y los principales resultados.

Capítulo 1

Revisión de Literatura

El modelo que se desarrolla en este trabajo toma como base, principalmente, el propio de Spencer y Brander (1983), un juego de múltiples etapas en el que un gobierno maximizador de bienestar tiene incentivos para subsidiar las actividades de I&D. En su modelo básico, dos empresas localizadas en diferentes países que producen bienes sustitutos compiten en cantidad, una vez que han elegido sus niveles óptimos de I&D.

En su modelo, Spencer y Brander suponen que las empresas exportan la totalidad de su producción, lo que no se adapta bien al análisis de una guerra comercial entre dos países con la capacidad de ofrecer incentivos a las empresas en su mercado nacional. Este supuesto, a su vez, les permite descartar la posibilidad de consumo doméstico, argumentando que los efectos que tiene un subsidio sobre éste fortalecerían los incentivos de los gobiernos para subsidiar I&D, ya que tiende a aumentar las cantidades y a reducir los precios. Por lo tanto, su función objetivo se compone únicamente de los beneficios de su empresa menos el costo del subsidio. En nuestro modelo, no sólo agregamos la interacción entre los países a través del hecho de que sus empresas pueden vender tanto en el país en el que producen como exportar al país adversario sino que, dado que buscamos analizar el efecto de una tasa arancelaria a las importaciones y no el de un subsidio, incluimos el excedente del consumidor en la función objetivo de los gobiernos, considerando la pérdida de eficiencia que se genera. Suponemos que la I&D genera nuevos gustos, ampliando el tamaño del mercado existente, en vez de reducir los costos de producción, lo que induce una interacción a través del mercado creado.

D'Aspremont y Jacquemin (1988) analizan un juego en dos etapas en el que dos empresas deciden su nivel de I&D y, a continuación, compiten en cantidad. Se introducen *spillovers* en la inversión en I&D de una firma a otra, lo cual genera una interacción que puede ser comparada con la de la creación de mercados que se supone en nuestro modelo. Su modelo desarrolla una economía cerrada, lo cual no facilita el análisis de variables en materia de política comercial.

Muchos de los modelos que estudian los efectos de la cooperación en investigación y desarrollo toman como referencia el modelo de D'Aspremont y Jacquemin (1988), realizando variaciones como cambios en la forma de la función de costos (Amir & Wooders, 1997), extendiendo el análisis a una economía con n empresas (Kamien et al., 1992) o a una economía abierta (Motta, 1996), usando un marco similar al de Spencer y Brander (1983). Todos ellos, a diferencia de nuestro supuesto de ampliación de los mercados, y acorde con el modelo de D'Aspremont y Jacquemin (1988), suponen que la investigación y desarrollo reduce los costos de producción, y que existen efectos de tipo *spillover* de esta inversión en I&D de una empresa a otra.

Motta (1996) añade una etapa previa al juego de D'Aspremont y Jacquemin (1988), en la cual los gobiernos, buscando maximizar el bienestar del país, tienen que decidir si permiten o no a las empresas cooperar en I&D. Este autor muestra que si los gobiernos permiten a las empresas cooperar, les estarán dando una ventaja frente a las empresas rivales extranjeras, similar al efecto de un subsidio en I&D, de modo que cuando los dos países permiten la cooperación en I&D el bienestar de ambos es mayor. Si bien el añadido de una etapa previa el juego desarrollado por Motta es similar en estructura al nuestro, el objetivo de su análisis no es caracterizar la política arancelaria.

El establecimiento de aranceles óptimos en un contexto de competencia imperfecta parte del análisis de Brander y Spencer (1984), con un arancel a la cantidad. Al igual que en nuestro modelo, los aranceles impuestos tienen efectos en los beneficios de ambas empresas y en el bienestar de ambos países. No obstante, ellos no ponderan cada uno de los componentes de la función objetivo de los gobiernos e incorporan, además del excedente del consumidor y los beneficios de la empresa que resultan de los niveles de producción de Cournot, la recaudación proveniente del arancel. Este último componente no se añade en nuestro modelo, ya que no queremos enfocar la política comercial de los países inmersos en la guerra comercial desde fines recaudatorios. En su modelo, no se considera la interacción entre el arancel y otras variables, como la I&D. Su conclusión es que si el costo marginal extranjero es menor o igual que el doméstico, un incremento en el arancel reduce el bienestar mundial; los aranceles no cooperativos exceden los aranceles que maximizan el bienestar mundial.

Existe, a su vez, otro tipo de literatura que, a diferencia de nuestro modelo, que analiza la política comercial de forma estratégica, lo ha hecho a través de modelos de equilibrio general. Los principales resultados de dichos modelos son que el arancel óptimo depende de la elasticidad de la oferta de exportación, por lo que un país grande podría mejorar su bienestar con la imposición de un arancel que afecte sus términos de intercambio.

Broda et al. (2008) cuantifican el efecto que tiene el poder de mercado (o términos de intercambio) en la política arancelaria. El arancel óptimo, entonces, depende de la distorsión causada por el impacto negativo de los aranceles en los niveles de importación y del efecto de los términos de intercambio. Entonces, si el país no tiene poder de mercado en el comercio, es decir, si la elasticidad de oferta de exportación es infinita, el arancel óptimo es cero. De otra forma este arancel será positivo e igual a la elasticidad de oferta de exportación inversa. De modo que consideran las políticas arancelarias de los demás países exógenas, por lo que no existe ningún tipo de interacción.

Felbermayr et al. (2012) caracterizan de manera analítica el arancel óptimo no-cooperativo que maximiza el bienestar nacional de una economía de un sólo sector, con competencia monopolística y heterogeneidad de las empresas. Este arancel óptimo es creciente en el tamaño relativo del país y en la productividad promedio relativa; es decreciente en las barreras no arancelarias y en la tarifa del socio comercial. En este sentido, los autores señalan que los países pequeños o pobres imponen aranceles menores que los grandes o ricos, resultado que se relaciona con el de Broda et al. (2008).

Chattopadhyay y Mitka (2019) desarrollan un modelo de equilibrio general de represalias arancelarias con dos bienes y múltiples países donde cada país establece su tarifa arancelaria de forma no cooperativa. Estos autores muestran que las funciones de mejor respuesta son estrictamente crecientes, pero no responden de manera monótona a aumentos en la tasa arancelaria del país adversario.

Tanto Felbermayr et al. (2012) como Chattopadhyay y Mitka (2019) caracterizan los aranceles óptimos de equilibrio mediante un modelo de equilibrio general. Debido a que estos modelos carecen de una interacción estratégica entre los tomadores de decisión, no permiten modelar la guerra comercial entre países cuando la política arancelaria resultante de ésta busca proteger la inversión en I&D realizada por las empresas, componente que tampoco es abordado por estos autores.

Otros trabajos, como el de Markusen y Wigle (1989), investigan, de manera teórica y empírica, los aranceles correspondientes al equilibrio de Nash y el efecto en el bienestar de Estados Unidos y Canadá. Entre los elementos que afectan al arancel óptimo se destacan el tamaño del país, la movilidad del capital y las economías de escala. Estiman un arancel promedio óptimo de 18 % para Estados Unidos y uno de 6 % para Canadá. En nuestro modelo, sin incluir diferencias de tamaño, encontramos que Estados Unidos impone un arancel mayor que China, bajo un supuesto de simetría entre las empresas, debido al mayor peso mayor del excedente del consumidor en su función objetivo.

Blanchard et al. (2016), desarrollan un modelo de múltiples países y bienes en el que el arancel *ad-valorem* óptimo depende de la nacionalidad del contenido. Los autores encuentran que este arancel depende de la elasticidad de la oferta de exportación, la penetración de las importaciones y las participación del valor agregado de cada país en la producción de los otros países. Estos resultados se verifican, además, empíricamente.

Por último, referimos a cómo los modelos de economía política de comercio, como los desarrollados por Mayer (1984), Grossman y Helpman (1994), Willmann (2003) Grossman y Helpman (2005) analizan cómo la política arancelaria impuesta por los legisladores representa los intereses de los votantes. Estos modelos no distinguen entre las empresas y los consumidores, ya que la función objetivo está determinada por votantes. Sus resultados son similares en cuanto a que el arancel óptimo de importación es positivo. Para Grossman y Helpman (1994), por ejemplo, este arancel incrementa con el peso relativo que el gobierno otorga a las contribuciones de campaña y cae con la fracción de votantes que pertenecen a un lobby organizado, mientras que para Willmann (2003) el arancel óptimo es creciente en el número de distritos. En el caso de Mayer (1984) dicho arancel es sensible a los cambios en las reglas de elegibilidad de los votantes y los costos de participación de los votantes bajo votación mayoritaria. Estos resultados están relacionados con el peso del excedente de los consumidores en la función objetivo.

Capítulo 2

El Modelo

2.1. Descripción del modelo

El modelo consiste en un juego de múltiples etapas en el que dos países establecen un arancel *ad-valorem* de forma simultánea y no cooperativa, después de lo cual dos empresas compiten a la Cournot en los mercados respectivos. Los países se distinguen, principalmente, por los pesos que cada uno asigna a los componentes de su función objetivo y que pueden relacionarse con las características actuales de la economía China y la de Estados Unidos.

El juego se desarrolla en tres etapas. En la primera, los gobiernos de cada país establecen un arancel *ad-valorem* a la importación del bien producido en el otro país. En la segunda, una vez que las empresas conocen el arancel impuesto por los gobiernos, que deciden cuánto invertir en investigación y desarrollo para expandir el mercado. En la tercera y última etapa, las empresas compiten en cantidad en cada uno de los mercados.

Consideramos una economía con dos países, el país doméstico y el extranjero, los cuales denotamos con los subíndices d y e, respectivamente. (Con frecuencia utilizaremos los subíndices i y j, entendiendo que si i hace referencia al país doméstico, entonces j se refiere al extranjero, y viceversa). El país i ($i \in \{d, e\}$) consta de dos agentes representativos, una empresa y un consumidor. El gobierno de cada país va a determinar el arancel óptimo que maximice su función objetivo conformada por el excedente del consumidor, EC_i, y el beneficio que percibe la empresa nacional, π_i. Se omite en la función objetivo gubernamental la inclusión de la recaudación obtenida con el arancel, puesto que no es el objetivo de esta investigación analizar el efecto recaudatorio de la política arancelaria. El país doméstico otorga un peso de α y $1-\alpha$ a cada uno de sus componentes, mientras que los pesos para el país extranjero son de β y $1-\beta$, respectivamente. Por lo tanto, las funciones objetivo de los países serán

$$W_d(t_d, t_e) = \alpha EC_d + (1-\alpha)\pi_d, \tag{2.1}$$

$$W_e(t_e, t_d) = \beta EC_e + (1-\beta)\pi_e, \tag{2.2}$$

donde $\alpha, \beta \in (0,1)$. $t_i \in [0,1]$ representa la tasa arancelaria impuesta por el gobierno del país i a las importaciones del bien producido por la empresa del país adversario.

Sin pérdida de generalidad, relacionamos a Estados Unidos con la economía doméstica y a China con la extranjera. Debido a las características de la economía China consideramos, al igual que Branstetter y Feenstra (2002), que la empresa representativa de este país es propiedad del gobierno, por lo que su nivel de beneficios tiene mayor peso en su función objetivo en comparación al de Estados Unidos, esto es $\alpha > \beta$.

La empresa nacional de cada país produce un único bien, y_i, el cual puede vender dentro del propio país y exportar al extranjero. Para producir dicho bien, la empresa incurre en un costo marginal constante de c_i. Por simplicidad, suponemos que no existen costos de transporte ni al interior del país ni en la exportación.

La creación del mercado para este bien requiere de un nivel de investigación y desarrollo x_i, el cual tiene un costo total de $\frac{\gamma x_i^2}{2}$ que, al ser cuadrático, refleja los rendimientos decrecientes de la I&D. Este costo sigue la misma forma funcional que asumen D'Aspremont y Jacquemin (1988). La relación positiva que guardan el nivel de producción de las empresas con la inversión en investigación y desarrollo, en ausencia de interacción entre empresas, se justifica en modelos desarrollados por autores como Romer (1990), Grossman y Helpman (1991) y Aghion y Howitt (1192), quienes argumentan que la I&D aumenta la productividad de los demás factores utilizados en la producción de los bienes. En el presente modelo la relación se da a través del tamaño del mercado, es decir, la inversión en I&D permite generar nuevos productos que, a su vez, abren nuevos mercados al interior del propio país y que, asumiremos, tienen un efecto *spillover* (o externalidad) del que puede aprovecharse la empresa extranjera. Es decir, esta externalidad implica que una empresa, a través de su inversión en I&D, puede agrandar el tamaño de la demanda que enfrenta la otra empresa sin que ésta incurra en costo alguno. Por lo tanto, la inversión en

I&D de cada empresa tendrá un efecto en la función de demanda inversa de cada mercado. El efecto *spillover* va en la misma dirección pero es de menor magnitud que el efecto principal que tiene la I&D dentro del país al que pertenece la empresa que la realiza.

En el presente modelo no se considera la posibilidad de inversión extranjera directa, a través de la cual la empresa de un país pueda instalar una planta en el país extranjero y evadir el arancel. En el corto plazo en que se materializa la guerra comercial puede resultar demasiado costoso establecer una nueva planta, además de que en el contexto de una guerra comercial también pueden presentarse limitaciones a la inversión.

Así, la función de beneficios de la empresa nacional del país i, π^i, está dada por

$$\pi_i(Y_d, Y_e, x_i, x_j, t_i, t_j) = p_d(x_d, x_e, Y_d)y_{id} + p_e(x_d, x_e, Y_e)y_{ie} - c_i(y_{id}, y_{ie}) - \frac{\gamma}{2}x_i^2 - t_j p_j y_{ij}, \quad (2.3)$$

donde $i \in \{d, e\}$, $i \neq j$. El primer subíndice hace referencia al país de producción y el segundo al país donde es vendido el bien. Por lo tanto, $Y_d = y_{dd} + y_{ed}$ e $Y_e = y_{de} + y_{ee}$.

El nivel de inversión en I&D, x_i, depende de la tasa arancelaria impuesta por el país i a las importaciones del bien tecnológico extranjero, la cual representamos con t_i. Este arancel *ad-valorem* es absorbido en su totalidad por la empresa del país j y no por el consumidor, ya que la fijación de precios se realiza con respecto a un bien homogéneo, lo que impide a dicha empresa cargar el arancel en el precio de su producto. p_d y p_e son las funciones de demanda inversas que enfrentan las empresas en cada uno de los mercados, donde $p_i(Y_i)$ es una función dos veces diferenciable, $p_i'(Y_i) < 0$, y, además, suponemos que se cumple la siguiente condición: $p_i''(Y_i)Y_i + p_i'(Y_i) < 0$[1]. Estas funciones de demanda dependen tanto de la producción vendida dentro del mercado como de la inversión en I&D que realicen las empresas.

Los consumidores pueden acceder tanto al bien producido al interior del propio país como al bien importado procedente del extranjero, y presentan preferencias idénticas por cada uno de ellos. Así, el consumidor representativo del país i disfruta de un excedente dado por

$$EC_i = \int_0^{Y_i^*} p_i(u)du - p_i Y_i^* \quad (2.4)$$

[1]Esta condición es comúnmente asumida en los modelos de oligopolio Cournot porque asegura la existencia y la unicidad del equilibrio.

Entonces, el excendente del consumidor del país i captura la disminución en el acceso a bienes extranjeros importados que enfrentan los consumidores como consecuencia del arancel impuesto por los gobiernos.

2.2. Definición de EPS y estrategia de solución del modelo

El juego se desarrolla en tres etapas, como se describe a continuación.

Primera etapa

- Jugadores que toman la decisión: gobierno doméstico y gobierno extranjero.
- Perfil de estrategias dado por el tamaño del arancel ad-valorem de cada gobierno: (t_d, t_e).
- Las funciones de pago definidas por la función objetivo de cada uno de los gobiernos: (W_d, W_e).

En esta etapa los gobiernos de cada país, de forma simultánea, eligen una tasa arancelaria a las importaciones que maximice su función objetivo compuesta por el excedente del consumidor y los beneficios de su empresa representativa.

El conjunto de aranceles óptimos $(t_d^*, t_e^*) \in [0, 1]$ que resultan de esta etapa son tales que para cada $i = \{d, e\}$:

$$W_i(t_i^*, t_{-i}^*) \geq W^i(t_i, t_{-i}^*) \tag{2.5}$$

Segunda etapa

- Jugadores que toman la decisión: empresa doméstica y empresa extranjera.
- Perfil de estrategias conformado por el nivel de inversión en I&D de cada empresa: $(x_d(t_d, t_e), x_e(t_d, t_e))$.
- Funciones de pago dadas por los beneficios de cada empresa: (π_d, π_e).

En esta segunda etapa, una vez que observan el nivel del arancel *ad-valorem*, las empresas eligen simultáneamente el nivel de inversión en investigación y desarrollo que maximice su función de beneficios. Los niveles óptimos de inversión en I&D, dado que ya conocen t_d^* y t_e^*, deberán cumplir la condición de que para cada $i = \{d, e\}$

$$\pi_i(x_i^*, x_{-i}^*) \geq \pi^i(x_i, x_{-i}^*), \ \forall x_i \neq x_i^*. \tag{2.6}$$

Tercera etapa

- Jugadores que toman la decisión: empresa doméstica y empresa extranjera.
- Perfil de estrategias definido por el nivel de producción de cada empresa para cada mercado: $(y_{dd}(x_d, t_d, x_e, t_e), y_{de}(x_d, t_d, x_e, t_e), y_{ed}(x_d, t_d, x_e, t_e), y_{ee}(x_d, t_d, x_e, t_e))$.
- Las funciones de pago determinadas por el nivel de beneficios de cada empresa: (π_d, π_e).

En esta etapa, cada una de las empresas, dados los aranceles óptimos impuestos por los gobiernos y los niveles óptimos de inversión en I&D que han elegido en la anterior etapa decide simultáneamente la cantidad de producción que maximiza sus beneficios. Esto es, compiten a la Cournot en cada uno de los mercados, dando como solución un perfil de estrategias $y_{dd}(.), y_{de}(.), y_{ed}(.), y_{ee}(.)$, tal que para cada $i = \{d, e\}$, dado que t_d, t_e, x_d y x_e,

$$\pi_i(y_i^*, y_{-i}^*) \geq \pi_i(y_i, y_{-i}^*) \forall y_i \neq y_i^*. \tag{2.7}$$

La solución del modelo está dada por un Equilibrio Perfecto en Subjuegos (EPS), el cual consiste, en este caso, en un par de aranceles (t_d^*, t_e^*), funciones de inversión óptimas en I&D $(x_d(t_d, t_e), x_e(t_d, t_e))$, y funciones de producción $(y_{dd}(x_d, t_d, x_e, t_e), y_{de}(x_d, t_d, x_e, t_e), y_{ed}(x_d, t_d, x_e, t_e), y_{ee}(x_d, t_d, x_e, t_e))$ tales que:

1. Cada gobierno maximice su función objetivo, las cuales están dadas por

$$W_d(t_d, t_e) = \alpha EC_d + (1 - \alpha)\pi_d \tag{2.8}$$

$$W_e(t_e, t_d) = \beta EC_e + (1 - \beta)\pi_e \tag{2.9}$$

2. Cada empresa, dadas las tasas arancelarias impuestas por los gobiernos, elija sus niveles de inversión en I&D y producción que maximice sus beneficios

$$\pi_i(Y_d, Y_e, x_i, x_j, t_i, t_j) = p_d(x_d, x_e, Y_d)y_{id} + p_e(x_d, x_e, Y_e)y_{ie} - c_i(y_{id}, y_{ie}) - \frac{\gamma}{2}x_i^2 - t_j p_j y_{ij}. \tag{2.10}$$

2.3. Solución del modelo en su forma general

El método para solucionar este modelo es por inducción hacia atrás, de modo que en cada subjuego habrá que encontrar las funciones de mejor respuesta de los jugadores, tomando como dadas las acciones de la(s) etapa(s) previa(s). Más específicamente: comenzamos resolviendo la tercera etapa tomando como dados los niveles de inversión y las tasas arancelarias que surgen de la segunda y primera etapa, respectivamente. Usando la solución de esta tercera etapa, podemos sustituir en la función de beneficios de las empresas para obtener sus funciones de mejor respuesta para el juego de la segunda etapa, en la cual resolvemos para el nivel de inversión en I&D tomando como dadas las tasas aranelarias. Por último, incorporamos la solución de la segunda etapa en la función objetivo de los gobiernos y resolvemos para el arancel ad-valorem. De esta manera daremos lugar al Equilibrio Perfecto en Subjuegos.

2.3.1. Tercera etapa: competencia a la Cournot

→ La empresa del país i resuelve:

$$\underset{y_{ii},y_{ij}}{Max} \quad \pi_i = p_i(x_d, x_e, y_{ii}, y_{ji})y_{ii} + (1-t_j)p_j(x_d, x_e, y_{ij}, y_{jj})y_{ij} - c_i(y_{ii}+y_{ij}) - \frac{\gamma}{2}x_i^2(t_i, t_j). \quad (2.11)$$

Resolviendo para y_{ii} y para y_{ij} obtenemos las siguientes condiciones de primer orden:

$$p_i'(Y_i)y_{ii} + p_i - c_i = 0, \quad (2.12)$$

$$p_j'(Y_j)y_{ij} + p_j - \frac{c_i}{1-t_j} = 0, \quad (2.13)$$

donde $p_i'(Y_i) < 0$ y $p_j'(Y_j) < 0$ son la primera derivada de la función inversa de demanda con respecto a la producción total vendida dentro del país en cuestión.

De las condiciones de primer orden se obtienen las funciones de reacción:

$$y_{dd}(y_{ed}) = \frac{c_d - p_d}{p_d'(Y_d)} \qquad y_{de}(y_{ee}) = \frac{\frac{c_d}{1-t_e} - p_e}{p_e'(Y_e)}$$

$$y_{ed}(y_{dd}) = \frac{\frac{c_e}{1-t_d} - p_d}{p_d'(Y_d)} \qquad y_{ee}(y_{de}) = \frac{c_e - p_e}{p_e'(Y_e)}$$

donde $Y_d = y_{dd} + y_{ed}$ es el único valor de producción que cumple

$$p_d'(Y_d)Y_d + 2p_d = c_d + \frac{c_e}{1 - t_e}. \tag{2.14}$$

Por simetría, se obtiene una condición análoga para Y_e.

Nótese que el arancel impuesto por el país adversario desplaza la función de reacción y_{ij} hacia la izquierda en el espacio de la producción con respecto a la que sería si no se impusiera una tasa arancelaria. Esto nos lleva al siguiente resultado:

Proposición 1. *Bajo una competencia a la Cournot, y sin tener en cuenta el efecto de los aranceles en la inversión en I&D, siempre que t_j sea positivo y que $c_j \leq \frac{c_i}{1-t_j}$, independientemente de lo que produzca la empresa j para su propio país, la mejor respuesta de la empresa i es vender una cantidad menor que j al interior del país j.*

Es decir, el arancel *ad-valorem* que impongan China y Estados Unidos en respuesta a la guerra comercial, tendrá un efecto negativo directo en la cantidad de producto que le conviene vender a la empresa adversaria dentro del mercado de su país relativo a la cantidad vendida por la empresa propia.

Resolviendo a la Cournot en cada uno de los mercados obtenemos los niveles de producción que maximizan los beneficios de cada empresa para un nivel de inversión en investigación y desarrollo y un arancel óptimos dados. Estos niveles de producción de equilibrio pueden ser expresados, como funciones, de la forma siguiente:

$$y_{dd}^* = f_{dd}(x_d, x_e, c_d, c_e, t_d) \qquad y_{de}^* = f_{de}(x_d, x_e, c_d, c_e, t_e) \tag{2.15}$$

$$y_{ed}^* = f_{ed}(x_d, x_e, c_d, c_e, t_d) \qquad y_{ee}^* = f_{ee}(x_d, x_e, c_d, c_e, t_e) \tag{2.16}$$

De acuerdo con los resultados del Cournot clásico, las cantidades óptimas de producción de la empresa i son decrecientes en su propio costo de producción y crecientes en el costo de la empresa rival. A su vez, los niveles de producción de equilibrio serán crecientes tanto en su nivel de inversión en I&D, que les permite ampliar el tamaño de su propio mercado, como en el de la otra empresa que genera una externalidad a través de la demanda. El resultado anterior marca una diferencia con respecto al modelo de Brander y Spencer (1983), ya que por la falta de un efecto *spillover*, en su caso la producción de equilibrio es creciente en la I&D propia, pero decreciente en la ajena.

Diferenciando totalmente la condición de primer orden (2.2) con respecto a y_{ij}, y_{jj} y t_j, tenemos:

$$\begin{bmatrix} \pi^i_{ij,ij} & \pi^i_{ij,jj} \\ \pi^j_{jj,ij} & \pi^j_{jj,jj} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial y_{ij}}{\partial t_j} \\ \frac{\partial y_{jj}}{\partial t_j} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{c_i}{(1-t_j)^2} \\ 0 \end{bmatrix}$$

donde[2]:

$\pi^i_{ij,ij} = p''_j y_{ij} + 2p'_j$
$\pi^j_{jj,ij} = p''_j y_{jj} + 2p'_j$
$\pi^i_{ij,jj} = p''_j y_{ij} + p'_j$
$\pi^j_{jj,jj} = p''_j y_{jj} + p'_j$

Resolviendo la ecuación matricial se obtiene el siguiente resultado de estática comparativa:

$$\frac{\partial y_{ij}}{\partial t_j} = \frac{(p''_j y_{jj} + p'_j)\frac{c_i}{(1-t_j)^2}}{D} < 0,$$
$$\frac{\partial y_{jj}}{\partial t_j} = -\frac{p''_j y_{jj} + 2p'_j}{D} > 0,$$

donde $D^3 = \pi^i_{ij,ij}\pi^j_{jj,jj} - \pi^i_{ij,jj}\pi^j_{jj,ij} > 0$ y $p''_i(Y_i)Y_i + p'_i(Y_i) < 0$, supuesto ya establecido anteriormente. Se comprueba, entonces, como establece la proposición 1, que la tasa arancelaria impuesta por el país j tiene el efecto de aumentar la producción de su empresa representativa y disminuir la de la empresa adversaria.

Sustituyendo las cantidades de equilibrio en las funciones inversas de demanda se resuelven los precios de equilibrio, los cuales permiten obtener, a su vez, los beneficios de cada empresa:

$$\pi_d = -p'_d(Y_d)f^2_{dd} - (1-t_e)p'_e(Y_e)f^2_{de} - \frac{\gamma}{2}x^2_d \tag{2.17}$$

$$\pi_e = -p'_e(Y_e)f^2_{ee} - (1-t_d)p'_d(Y_d)f^2_{ed} - \frac{\gamma}{2}x^2_e \tag{2.18}$$

[2]Por notación convencional, y por única ocasión, se emplean los subíndices en π para denotar las derivadas, y los superíndices para referirnos al país al que pertenece la empresa representativa.

[3]Al igual que Spencer y Brander (1983), partimos de la condición de que los efectos propios de la producción en el beneficio marginal dominan los efectos cruzados.

2.3.2. Segunda etapa: nivel de inversión en I&D

Partiendo de la respuesta óptima de producción, se procede a solucionar el problema de maximización que enfrentan las empresas para decidir la inversión en I&D para todo nivel de arancel impuesto por los gobiernos. Entonces, para la empresa i:

$$\underset{f_{ii},f_{ij}}{Max} \quad \pi_i = -p_i'(Y_i)f_{ii}^2 - (1-t_j)p_j'(Y_j)f_{ij}^2 - \frac{\gamma}{2}x_i^2, \tag{2.19}$$

de la cual se obtiene la condición de primer orden

$$-2p_i'(Y_i)f_{ii}\frac{\partial f_{ii}}{\partial x_i} - 2(1-t_j)p_j'(Y_j)f_{ij}\frac{\partial f_{ij}}{\partial x_i} - \gamma x_i = 0. \tag{2.20}$$

Despejando x_i, se pueden expresar las funciones de reacción de cada empresa de su nivel de inversión en I&D como

$$x_d(x_e) = \frac{-2p_d'(Y_d)f_{dd}\frac{\partial f_{dd}}{\partial x_d} - 2(1-t_e)p_e'(Y_e)f_{de}\frac{\partial f_{de}}{\partial x_d}}{\gamma}, \tag{2.21}$$

$$x_e(x_d) = \frac{-2p_e'(Y_e)f_{ee}\frac{\partial f_{ee}}{\partial x_e} - 2(1-t_d)p_d'(Y_d)f_{ed}\frac{\partial f_{ed}}{\partial x_e}}{\gamma}. \tag{2.22}$$

Puesto que $p_i'(Y_i) < 0$ y tanto f_{ii} como f_{ij} responden de manera positiva ante aumentos en la inversión en I&D de la empresa i, entonces se observa que, para cada nivel de inversión de la empresa j, la mejor respuesta de i es una I&D positiva.

Resolviendo el anterior sistema de ecuaciones de manera simultánea obtenemos los niveles de inversión en I&D de equilibrio. Las inversiones óptimas pueden expresarse, entonces, como funciones de los costos marginales, los aranceles y el parámetro del costo de la I&D:

$$x_d^* = h_d(c_d, c_e, \gamma, t_d, t_e) \tag{2.23}$$

$$x_e^* = h_e(c_d, c_e, \gamma, t_d, t_e) \tag{2.24}$$

Los niveles de inversión en I&D de equilibrio son decrecientes en el costo marginal de producción de la propia empresa y crecientes en el costo de producción de la empresa rival, ya que los resultados del Cournot indican que cuanto menor sea su costo marginal de producción, la empresa i podrá apropiarse de una mayor proporción del mercado, lo que la incentiva a realizar una mayor inversión en I&D que le permita ampliar su mercado. Por su parte, el costo marginal de la empresa j ejerce el efecto contrario en la producción de la empresa

i y, por tanto, en h_i. Debido a que las cantidades de producción son decrecientes en γ y esperaríamos que x_i fuera creciente en el arancel impuesto por el país i, ya que dicho arancel disminuye la cantidad que puede vender la empresa j en el mercado i y, por tanto, permite a la empresa i abarcar una mayor parte de su mercado, esperaríamos que x_i fuera decreciente con respecto a t_j. Por lo tanto, a partir de aquí supondremos que:

$$
\begin{aligned}
&\frac{\partial h_d}{\partial t_d} > 0 \qquad && \frac{\partial h_d}{\partial t_e} < 0 \\
&\frac{\partial h_e}{\partial t_e} > 0 \qquad && \frac{\partial h_e}{\partial t_d} < 0
\end{aligned}
$$

Es decir, suponemos que los aranceles impuestos por China y Estados Unidos cumplen el objetivo de incentivar la inversión en I&D de su empresa representativa al mismo tiempo que desincentivan la inversión realizada por la empresa rival. De modo que si las empresas fueran simétricas y, por ejemplo, el arancel de Estados Unidos fuera mayor que el impuesto por China, los efectos mencionados permitirían a la empresa estadounidense ampliar el tamaño del mercado tanto nacional como el extranjero, y apoderarse de una mayor proporción de los mismos con relación a la empresa china.

Sustituyendo los niveles de inversión óptimos en las cantidades de producción que resultaron del Cournot de la tercera etapa, tendremos los niveles de producción de cada empresa en función de los costos marginales, el parámetro γ y las tasas arancelarias, dentro del camino de equilibrio. Por lo tanto, siendo g la función que nos representa esta relación, podemos expresar las cantidades y los precios de equilibrio de la siguiente manera:

$$
\begin{aligned}
y_{dd}^* &= g_{dd}(c_d, c_e, \gamma, t_d, t_e) \qquad & y_{de}^* &= g_{de}(c_d, c_e, \gamma, t_d, t_e) \\
y_{ed}^* &= g_{ed}(c_d, c_e, \gamma, t_d, t_e) \qquad & y_{ee}^* &= g_{ee}(c_d, c_e, \gamma, t_d, t_e) \\
p_d^* &= g_d(c_d, c_e, \gamma, t_d, t_e) \qquad & p_e^* &= g_e(c_d, c_e, \gamma, t_d, t_e)
\end{aligned}
$$

De modo que los beneficios dentro del camino de equilibrio son

$$\pi_d = -p_d'(Y_d)g_{dd}^2 - (1 - t_e)p_e'(Y_e)g_{de}^2 - \frac{\gamma}{2}h_d^2, \tag{2.25}$$

$$\pi_e = -p_e'(Y_e)g_{ee}^2 - (1 - t_d)p_d'(Y_d)g_{ed}^2 - \frac{\gamma}{2}h_e^2. \tag{2.26}$$

2.3.3. Primera etapa: arancel óptimo

A continuación, se resuelve el nivel de arancel óptimo que impondrá el gobierno de cada país tal que le permita alcanzar el nivel máximo de su función objetivo, la cual se describió en el apartado 2.1 y está dada por:

$$W_d(t_d, t_e) = \alpha EC_d + (1-\alpha)\pi_d, \tag{2.27}$$

$$W_e(t_e, t_d) = \beta EC_e + (1-\beta)\pi_e. \tag{2.28}$$

Por su parte, el excedente del consumidor se definió como:

$$EC_i = \int_0^{Y_i^*} p_i(u)du - p_i^* Y_i^*$$

siendo $Y_i^* = (g_{ii} + g_{ji})$ y $p_i^* = g_d$. De manera que, partiendo de las cantidades de equilibrio que resultaron de la etapa previa, el excedente del consumidor puede ser expresado como una función de los costos marginales, las tasas arancelarias y γ; esto es $EC_i = q_i(c_d, c_e, \gamma, t_d, t_e)$.

Teniendo en cuenta lo anterior, solucionemos el problema de optimización que enfrenta el gobierno doméstico, considerando que es análogo al problema del gobierno extranjero.

$\rightarrow$ Gobierno doméstico resuelve:

$$\underset{t_d}{Max} \quad W_d = \alpha q_d + (1-\alpha)\pi_d. \tag{2.29}$$

De la condición de primer orden se obtiene

$$\frac{\partial W_d}{\partial t_d} = \alpha \frac{\partial q_d}{\partial t_d} + (1-\alpha)\frac{\partial \pi_d}{\partial t_d} = 0, \tag{2.30}$$

lo que da lugar al siguiente resultado.

Proposición 2. *Bajo el supuesto de que $\alpha, \beta \in (0,1)$, el arancel que da solución al problema de maximización de los gobiernos doméstico y extranjero debe ser tal que el efecto que ejerce en el excedente del consumidor se compense con el efecto que tiene en el excedente del productor.*

Entonces si, por ejemplo, el gobierno de Estados Unidos otorgara el mismo peso al excedente del consumidor y al del productor de manera que $\alpha = 0.5$, el efecto del arancel que imponga a las importaciones provenientes de China deberá ser de la misma magnitud en cada uno de los componentes pero en dirección opuesta.

Reordenando la ecuación previa, se obtiene

$$\frac{\alpha}{1-\alpha} = \Big|\frac{\pi_d'(t_d)}{q_d'(t_d)}\Big|. \tag{2.31}$$

Es decir, en el óptimo, el arancel ejerce un efecto en los componentes de la función objetivo que permite que la relación absoluta de las derivadas de estos componentes con respecto al arancel iguale la relación de los pesos asignados a cada componente.

Comparando con la condición equivalente en el país contrario, y bajo $\alpha > \beta$,

$$\Big|\frac{\pi_d'(t_d)}{q_d'(t_d)}\Big| > \Big|\frac{\pi_e'(t_e)}{q_e'(t_e)}\Big|. \tag{2.32}$$

Si se sustituye en el optimización pero sustituyendo el excedente del productor,

$$\underset{t_d}{Max} \quad W_d = \alpha q_d + (1-\alpha)\Big[-p_d'(Y_d)g_{dd}^2 - (1-t_e)p_e'(Y_e)g_{de}^2 - \tfrac{\gamma}{2}h_d^2\Big] \tag{2.33}$$

De cuya condición de primer orden se concluye,

$$\alpha\frac{\partial q_d}{\partial t_d} + (1-\alpha)\Big[-2p_d'(Y_d)g_{dd}\frac{\partial g_{dd}}{\partial t_d} - 2(1-t_e)p_e'(Y_e)g_{de}\frac{\partial g_{de}}{\partial t_d} - \gamma h_d\frac{\partial h_d}{\partial t_d}\Big] = 0. \tag{2.34}$$

Bajo el supuesto de $\frac{\partial h_d}{\partial t_d} > 0$, t_d también ejercerá un efecto positivo en la producción de la empresa doméstica a través de x_d. Sin embargo, este efecto será mayor en g_{dd} que en g_{de}, debido a que el *spillover* de x_d en el mercado extranjero es menor al directo. Esto es,

$$\frac{\partial g_{dd}}{\partial t_d} > 0 \qquad\qquad \frac{\partial g_{de}}{\partial t_d} > 0, \tag{2.35}$$

y, análogamente,

$$\frac{\partial g_{ee}}{\partial t_e} > 0 \qquad\qquad \frac{\partial g_{ed}}{\partial t_e} > 0. \tag{2.36}$$

Proposición 3. *Bajo el supuesto de que $p_i'(Y_i) < 0$ y de que la empresa representativa siempre tendrá beneficios positivos, el cumplimiento de los supuestos* (2.35) *y* (2.36) *asegura que el efecto del arancel óptimo será positivo en el excedente del productor y, por ende, negativo en el excendente del consumidor. Esto es:*

$$\frac{\partial q_i}{\partial t_i} < 0 \qquad\qquad \frac{\partial \pi_i}{\partial t_i} > 0 \tag{2.37}$$

Para solucionar los aranceles de equilibrio, resolvamos el problema de maximización de W_e del gobierno extranjero

$$\underset{t_e}{Max} \quad \beta q_e + (1-\beta)\Big[- p_e'(Y_e)g_{ee}^2 - (1-t_d)p_d'(Y_d)g_{ed}^2 - \frac{\gamma}{2}h_e^2\Big] \tag{2.38}$$

De la condición de primer orden, se obtiene

$$\beta\frac{\partial q_e}{\partial t_e} + (1-\beta)\Big[- 2p_e'(Y_e)g_{ee}\frac{\partial g_{ee}}{\partial t_e} - 2(1-t_d)p_d'(Y_d)g_{ed}\frac{\partial g_{ed}}{\partial t_e} - \gamma h_e\frac{\partial h_e}{\partial t_e}\Big] = 0 \tag{2.39}$$

Las ecuaciones (2.34) y (2.39) nos dan las funciones de reacción del gobierno doméstico y extranjero en forma implícita, respectivamente, las cuales expresan el arancel que maximiza la función objetivo de cada país como función de la política arancelaria de su adversario comercial.

El equilibrio ocurre cuando ambas ecuaciones se satisfacen. Entonces, los aranceles de equilibrio están en función de los costos marginales de producción y del parámetro del costo de la inversión en investigación y desarrollo. Sea r_i la función que representa esta relación, podemos expresar dichos aranceles de la siguiente manera:

$$t_d^* = r_d(c_d, c_e, \gamma) \tag{2.40}$$

$$t_e^* = r_e(c_d, c_e, \gamma) \tag{2.41}$$

Resulta difícil determinar las características de los aranceles óptimos dada la generalidad del problema, por lo que dejaremos este análisis para la siguiente sección en la que partimos de una forma funcional concreta de la demanda. Así, finalmente, el equilibrio perfecto en subjuegos estará dado por las funciones de producción, funciones de inversión en I&D y las tasa arancelarias de equilibrio en cada país, los cuales constituyen un equilibrio de Nash para cada subjuego y quedan resumidos en las ecuaciones (2.15), (2.16), (2.23), (2.24), (2.34) y (2.39).

2.4. Solución del modelo bajo una función de demanda lineal

A continuación, se soluciona el modelo para una forma funcional específica de las demandas, que se suponen lineales, esto es

$$p_d = k + x_d - b_d Y_d = k + x_d - b_d(y_{dd} + y_{ed}), \tag{2.42}$$

$$p_e = k + x_e - b_e Y_e = k + x_e - b_e(y_{ee} + y_{de}), \tag{2.43}$$

donde b es un parámetro mayor a cero. $k + x_i > 0$ captura el tamaño de la demanda del mercado. Se supone, por simplicidad, que los mercados en ambos países tienen el mismo tamaño k cuando $x_d = x_e = 0$. Sin embargo, cuando la inversión en I&D es positiva, el tamaño del mercado aumenta. Una condición importante para asegurar un equilibrio interior tanto en la tercera etapa como en la segunda es que la demanda previa a la I&D sea suficientemente grande en relación con los costos marginales de producción, tal que $k > \delta_i$, donde $\delta_i = \text{máx}\{2c_i - \frac{c_j}{1-t_i}, 2\frac{c_j}{1-t_i} - c_i\}$.

Con esta forma funcional, a su vez, se prescinde del efecto *spillover* que produce la inversión en I&D de la empresa del país i en el mercado j. Por construcción, en la segunda etapa a las empresas sólo les va a interesar el mercado de su país, ya que es donde su inversión en I&D tiene efectos. Las implicaciones que esta simplificación del modelo general trae son la eliminación de la interacción entre las empresas en la segunda etapa y, en consecuencia, de la interacción entre los gobiernos en la primera etapa.

2.4.1. Tercera etapa: competencia a la Cournot

Se procede a resolver el problema de maximización de la función de beneficios de cada una de las empresas con respecto a la cantidad a producir para cada uno de los mercados, manteniendo fija la inversión en I&D y las tasas arancelarias impuestas por los gobiernos.

$\rightarrow$ Empresa doméstica resuelve:

$$\underset{y_{dd},y_{de}}{Max} \quad \pi_d = \Big[k+x_d-b_d(y_{dd}+y_{ed})-c_d\Big]y_{dd}+(1-t_e)\Big[k+x_e-b_e(y_{ee}+y_{de})-t\frac{c_d}{1-t_e}\Big]y_{de}-\tfrac{\gamma}{2}x_d^2 \tag{2.44}$$

Diferenciando con respecto a y_{dd} y a y_{de}, se obtienen las funciones de reacción de la empresa doméstica:

$$y_{dd}(y_{ed}) = \frac{k+x_d-b_d y_{ed}-c_d}{2b_d}$$
$$y_{de}(y_{ee}) = \frac{k+x_e-b_e y_{ee}-\frac{c_d}{1-t_e}}{2b_e}$$

La empresa extranjera resuelve de manera análoga. Resolviendo a la Cournot en cada uno de los mercados, se solucionan las cantidades de equilibrio que producirá cada empresa cuando los niveles de inversión en I&D y las tasas arancelarias ya son conocidas:

$$y_{dd}^* = \frac{k+x_d-2c_d+\frac{c_e}{1-t_d}}{3b_d} \qquad y_{de}^* = \frac{k+x_e+c_e-2\frac{c_d}{1-t_e}}{3b_e} \tag{2.45}$$
$$y_{ed}^* = \frac{k+x_d+c_d-2\frac{c_e}{1-t_d}}{3b_d} \qquad y_{ee}^* = \frac{k+x_e-2c_e+\frac{c_d}{1-t_e}}{3b_e} \tag{2.46}$$

Nótese que, como en todo Cournot clásico, las cantidades producidas por la empresa i son decrecientes en su propio costo marginal, pero crecientes en el costo marginal de la empresa j. Sin embargo, este efecto es exacerbado por las tasas arancelarias, de modo que el arancel *ad-valorem* impuesto por el gobierno del país i incrementa la producción de equilibrio propia al mismo tiempo que disminuye la cantidad vendida por la empresa j dentro del mercado del país i.

Este resultado es consistente con lo encontrado para el modelo en su versión general y se puede observar más claramente tomando primeras derivadas de las cantidades de equilibrio con respecto a la tasa arancelaria del país i:

$$\frac{\partial y_{ii}^*}{\partial t_i} = \frac{c_j}{3b_i(1-t_i)^2} > 0, \qquad \frac{\partial y_{ji}^*}{\partial t_i} = \frac{-2c_j}{3b_i(1-t_i)^2} < 0$$

De hecho, si los costos marginales de producción de ambas empresas fueran simétricos, y t_j fuera igual a cero, la empresa i sería capaz de vender en el país j el mismo nivel de producto que la empresa instalada en dicho país; esto es, $y_{ij} = y_{jj}$. También se observa el efecto positivo de la inversión en I&D de la empresa i en las cantidades vendidas por ambas empresas dentro del mercado i. Por tanto, nótese que a pesar de la ausencia de un efecto *spillover* la empresa del país j aún puede aprovecharse de la I&D realizada por la empresa i, ya que esto amplía su mercado de exportación.

Si se sustituyen las cantidades óptimas de producción en las funciones inversas de demanda se llega a los precios de equilibrio en cada mercado, los cuales se sustituyen en las funciones de beneficios para obtener

$$p_d^* = \frac{k + x_d + c_d + \frac{c_e}{1-t_d}}{3}, \tag{2.47}$$

$$p_e^* = \frac{k + x_e + c_e + \frac{c_d}{1-t_e}}{3}, \tag{2.48}$$

$$\pi_d = b_d(y_{dd})^2 + (1 - t_e)b_e(y_{de})^2 - \frac{\gamma}{2}x_d^2, \tag{2.49}$$

$$\pi_e = b_e(y_{ee})^2 + (1 - t_d)b_d(y_{ed})^2 - \frac{\gamma}{2}x_e^2 \tag{2.50}$$

Sustituyendo los niveles de producción de equilibrio se resuelve

$$\pi_d = \frac{1}{9b_d}\left(k + x_d - 2c_d + \frac{c_e}{1 - t_d}\right)^2 + \frac{1 - t_e}{9b_e}\left(k + x_e + c_e - 2\frac{c_d}{1 - t_e}\right)^2 - \frac{\gamma}{2}x_d^2, \tag{2.51}$$

$$\pi_e = \frac{1}{9b_e}\left(k + x_e - 2c_e + \frac{c_d}{1 - t_e}\right)^2 + \frac{1 - t_d}{9b_d}\left(k + x_d + c_d - 2\frac{c_e}{1 - t_d}\right)^2 - \frac{\gamma}{2}x_e^2. \tag{2.52}$$

Las funciones de beneficios que resultan de las cantidades y precios de equilibrio de esta tercera etapa son aditivamente separables entre el ingreso que obtiene la empresa i por la venta de su producto en el mercado i y el que logra por la venta en el mercado del país j. Esto es, no se presenta un efecto *spillover* en el mercado del país j proveniente de la inversión en investigación y desarrollo realizada por la empresa del país i, de modo que esta última sólo estará interesada en lo que ocurre en su mercado al momento de elegir la inversion en I&D que maximiza sus beneficios.

2.4.2. Segunda etapa: nivel de inversión en I&D

Partiendo de las soluciones de la tercera etapa, y haciendo hincapié en la propiedad aditivamente separable de las funciones de beneficios, se resuelven los niveles de inversión en I&D óptimos tomando como dadas las tasas arancelarias impuestas por los gobiernos.

$\rightarrow$ Empresa i resuelve:

$$\underset{x_i}{Max} \quad \pi_i = \frac{1}{9b_i}\Big(k + x_i - 2c_i + \frac{c_j}{1-t_i}\Big)^2 - \frac{\gamma}{2}x_i^2 \tag{2.53}$$

El nivel de I&D que cumple con la condición de primer orden para la empresa doméstica es:

$$x_d^* = \frac{k - 2c_d + \frac{c_e}{1-t_d}}{4.5\gamma b_d - 1}. \tag{2.54}$$

$$x_e^* = \frac{k - 2c_e + \frac{c_d}{1-t_e}}{4.5\gamma b_e - 1} \tag{2.55}$$

donde los parámetros γ y b_i, además de ser positivos, suponemos que cumplen con la condición de que $\gamma b_i > 2/9$. Bajo este supuesto y el de $k > \delta_i$ siempre resultará rentable para la empresa i realizar una inversión en I&D positiva. El nivel de inversión en I&D que resulta óptimo para cada empresa depende negativamente de su costo marginal de producción y positivamente del costo marginal de la empresa rival, ya que, en la medida en que el costo de producción de la empresa i sea menor, podrá vender una mayor cantidad de producto al interior de su propio mercado, lo que la incentiva a ampliar el tamaño de éste. c_j ejerce el efecto contrario sobre x_i.

Si ahora hacemos un análisis de estática comparativa para identificar el efecto que tiene el arancel *ad-valorem* impuesto por el gobierno del país la cantidad de producción propia tenemos que:

$$\frac{\partial x_d^*}{\partial t_d} = \frac{c_e}{(4.5\gamma b_d - 1)(1-t_d)^2} > 0, \tag{2.56}$$

siempre que $\gamma b_i > 2/9$. Por lo tanto, una tasa arancelaria positiva impuesta por el país i incentiva al sector productivo nacional a invertir más en I&D en el caso en el que dicha inversión no tenga externalidades en el otro mercado. La explicación económica de este resultado es que el arancel impuesto por el gobierno del país i restringe la cantidad producida por la empresa j y vendida en el mercado i, permitiendo a la empresa local apoderarse de una proporción mayor de su mercado. Sin embargo, en este caso en que no existe interacción entre las empresas al momento de elegir su inversión óptima, el arancel impuesto por el país i no ejerce efecto de ningún tipo en la inversión en I&D de la empresa j.

Sea $z_i = 4.5\gamma b_i - 1$, se obtienen los beneficios máximos que obtendrán las empresas en la segunda etapa, cuando las tasas arancelarias se consideran fijas:

$$\begin{aligned}\pi_d = \tfrac{1}{9b_d}[(1+\tfrac{1}{z_d})k - 2(1+\tfrac{1}{z_d})c_d + (1+\tfrac{1}{z_d})\tfrac{c_e}{1-t_d}]^2 \\ + \tfrac{1-t_e}{9b_e}[(1+\tfrac{1}{z_d})k + (1-\tfrac{2}{z_d})c_e + (\tfrac{1}{z_d}-2)\tfrac{c_d}{1-t_e}]^2 \\ - \tfrac{\gamma}{2z_d^2}(k - 2c_d + \tfrac{c_e}{1-t_d})^2, \end{aligned} \quad (2.57)$$

donde el primer término del lado derecho de la igualdad es el ingreso que obtiene la empresa i por la venta de su producto al interior de su propio país cuando su inversión en I&D es óptima, mientras que el segundo término es el ingreso de la empresa i en el mercado j cuando la inversión de la empresa j es óptima[4]. El último término no es más que el costo de x_i^*. Aplica de manera análoga para el país extranjero.

2.4.3. Primera etapa: arancel óptimo

En esta etapa se da solución al arancel *ad-valorem* que establecerá cada uno de los gobiernos para maximizar su función objetivo. El excedente del consumidor, definido previamente como la diferencia entre la integral de la función de demanda inversa y lo que paga el consumidor por los bienes locales y extranjeros consumidos, estará dado por:

$$EC_i = \int_0^{Y_i^*}(k+x_i-b_iu)du - (k+x_i-b_iY_i^*)Y_i^* = (k+x_i)Y_i^* - \tfrac{1}{2}b_iY_i^{*2} - (k+x_i-b_iY_i^*)Y_i^* \quad (2.58)$$

$$EC_i = \tfrac{1}{2}b_iY_i^{*2} = \tfrac{1}{2}b_i(y_{ii}^* + y_{ji}^*)^2 \quad (2.59)$$

donde:

[4]Recordar que a pesar de que la I&D de la empresa i sólo afecta el tamaño de su propio mercado, esta empresa se beneficia de la inversión en I&D que realiza la empresa j, ya que dicha I&D amplia el tamaño del mercado j, en el cual también vende producto la empresa i.

$$y_{ii}^* = \frac{1}{3b_i}\Big[(1+\tfrac{1}{z_i})k - (2+\tfrac{2}{z_i})c_i + (1+\tfrac{1}{z_i})\tfrac{c_j}{1-t_i}\Big] \tag{2.60}$$

$$y_{ji}^* = \frac{1}{3b_i}\Big[(1+\tfrac{1}{z_i})k + (1-\tfrac{2}{z_i})c_i - (2-\tfrac{1}{z_i})\tfrac{c_j}{1-t_i}\Big] \tag{2.61}$$

$$\Rightarrow \quad Y_i^* = \frac{1}{3b_i}\Big[(2+\tfrac{2}{z_i})k - (1+\tfrac{4}{z_i})c_i + (\tfrac{2}{z_i}-1)\tfrac{c_j}{1-t_i}\Big] \tag{2.62}$$

Entonces, cuando el gobierno del país i decida sobre el arancel óptimo, deberá tener en cuenta no sólo la producción de su empresa representativa, querrá también proteger el bien importado.

Teniendo en cuenta que estamos partiendo de los niveles de producción y de investigación y desarrollo de equilibrio que surgieron de la segunda etapa, podemos tomar la forma genérica de la función objetivo de los gobiernos plantear el problema de maximización del país doméstico como:

$$\underset{t_d}{Max} \quad W_d = \alpha EC_d + (1-\alpha)\pi_d \tag{2.63}$$

De la condición de primer orden, se obtiene:

$$\frac{\partial W_d}{\partial t_d} = \alpha\frac{\partial EC_d}{\partial t_d} + (1-\alpha)\frac{\partial \pi_d}{\partial t_d} = 0 \tag{2.64}$$

donde:

$$\frac{\partial EC_d}{\partial t_d} = b_d Y_d\Big[\tfrac{1}{3b_d}(\tfrac{2}{z_d}-1)\tfrac{c_e}{(1-t_d)^2}\Big] \tag{2.65}$$

$$\frac{\partial \pi_d}{\partial t_d} = 2b_d y_{dd}\Big[\tfrac{1}{3b_d}(1+\tfrac{1}{z_d})\tfrac{c_e}{(1-t_d)^2}\Big] - \gamma x_d\Big[\tfrac{1}{z_d}\tfrac{c_e}{(1-t_d)^2}\Big] > 0 \quad \forall \quad k > \delta_d \tag{2.66}$$

Por lo tanto, al igual que en la versión general del modelo, bajo el supuesto de que $\alpha > \beta$, en el óptimo se deberá cumplir que:

$$\frac{\pi_d'(t_d)}{|EC_d'(t_d)|} > \frac{\pi_e'(t_e)}{|EC_e'(t_e)|} \tag{2.67}$$

Mediante la sustitución de los valores de EC_i y π_i, se soluciona para el arancel *ad-valorem* óptimo en cada país.

$\rightarrow$ Gobierno doméstico resuelve:

$$\underset{t_d}{Max} \quad W_d = \alpha[\tfrac{1}{18b_d}\{2(1+\tfrac{1}{z_d})k - (1+\tfrac{4}{z_d})c_d + (\tfrac{2}{z_d}-1)\tfrac{c_e}{1-t_d}\}^2$$
$$+ (1-\alpha)[\tfrac{1}{9b_d}\{(1+\tfrac{1}{z_d})k - 2(1+\tfrac{1}{z_d})c_d + (1+\tfrac{1}{z_d})\tfrac{c_e}{1-t_d}\}^2$$
$$- \tfrac{\gamma}{2z_d^2}(k - 2c_d + \tfrac{c_e}{1-t_d})^2]$$

De la condición de primer orden, se obtiene:

$$\tfrac{\alpha}{9b_d}[\{2(1+\tfrac{1}{z_d})k - (1+\tfrac{4}{z_d})c_d + (\tfrac{2}{z_d}-1)\tfrac{c_e}{1-t_d}\}(\tfrac{2}{z_d}-1)(\tfrac{c_e}{(1-t_d)^2})$$
$$+ (1-\alpha)[\tfrac{2}{9b_d}\{(1+\tfrac{1}{z_d})k - 2(1+\tfrac{1}{z_d})c_d + (1+\tfrac{1}{z_d})\tfrac{c_e}{1-t_d}\}(1+\tfrac{1}{z_d}(\tfrac{c_e}{(1-t_d)^2})$$
$$- \tfrac{\gamma}{z_d^2}(k - 2c_d + \tfrac{c_e}{1-t_d})(\tfrac{c_e}{(1-t_d)^2})] = 0$$

Resolviendo para t_d obtiene la siguiente expresión para el arancel *ad-valorem* óptimo del gobierno doméstico, siendo análogo el problema para el gobierno extranjero.

$$t_d^* = 1 - \frac{c_e\Big[\frac{\alpha}{9b_d}(\frac{2}{z_d}-1)^2 + \frac{(1-\alpha)}{9b_d}(1+\frac{1}{z_d})^2 - \frac{\gamma(1-\alpha)}{z_d^2}\Big]}{\frac{\alpha}{9b_d}(\frac{2}{z_d}-1)\Big[(2+\frac{2}{z_d})k - (1+\frac{4}{z_d})c_d\Big] + (1-\alpha)\Big[\frac{2}{9b_d}(1+\frac{1}{z_d})^2 - \frac{\gamma}{z_d^2}\Big](k-2c_d)}. \quad (2.68)$$

A continuación se realiza un análisis de estática comparativa.

El arancel *ad-valorem* óptimo del país i depende negativamente del costo marginal de producción de la empresa j. La explicación económica subyacente a este efecto es que, debido a los resultados de la competencia a la Cournot de la tercera etapa, el costo marginal de la empresa j, al descincentivar su producción, está cumpliendo la misma función que la tasa arancelaria impuesta por i. Si la empresa del país j resulta muy ineficiente en comparación con la empresa del país i, tal que $\frac{c_j}{1-t_i^*} > c_i$, al gobierno de este último le resultará óptimo elegir un arancel más bajo.

El arancel *ad-valorem* óptimo del país i dependerá negativamente del costo marginal de producción propio, siempre que $\gamma b_i > 2/3$ y el peso asignado al excedente del consumidor sea menor a 0.8. Este resultado se puede comprobar a través de la primera derivada del arancel óptimo con respecto a c_d.

$$\frac{\partial t_d^*}{\partial c_d} = -\frac{c_e\Big[(9\alpha-18)b_d^2\gamma^2+(8\alpha-4)b_d\gamma-4\alpha\Big]\Big[45\alpha-36)b_d^2\gamma^2+(8-8\alpha)b_d\gamma-4\alpha\Big]}{\Big(\Big[(45\alpha-36)b_d^2\gamma^2+(8-8\alpha)b_d\gamma-4\alpha\Big]c_d+\Big[(18-36\alpha)b_d^2\gamma^2+(16\alpha-4)b_d\gamma\Big]k\Big)^2} \tag{2.69}$$

Debido a que el denominador es positivo, el signo del efecto del costo marginal de producción nacional sobre el arancel impuesto por el gobierno propio depende del numerador. Bajo el caso de $\gamma b_d > 2/3$, el primer término del numerador es negativo para cualquier valor de α. El segundo término es negativo siempre que $\gamma b_d > 2/3$ y $\alpha < 0.8$, es decir, siempre que el peso otorgado a los beneficios de la empresa representiva sea mayor a 0.2.

Para el caso de China en que la empresa representativa es propiedad del gobierno, parece válido considerar que dicha empresa tenga un peso mayor al 20 % en la función objetivo de su gobierno. De hecho, Branstetter y Feenstra (2002) estiman un coeficiente $\beta = 0.13$[5] mediante Mínimos Cuadrados en 2 Etapas para una muestra de 29 provincias chinas usando el periodo de 1984 a 1995. Por tanto, acorde con la literatura, el peso otorgado al excedente del productor por parte del gobierno chino efectivamente es alto. Para el caso de Estados Unidos no se cuenta con una referencia precisa.

Bajo el supuesto de $\alpha < 0.8$, el segundo término también es negativo y, al ser $c_e > 0$, el efecto que tiene el costo marginal de producción de la empresa doméstico en el arancel óptimo es negativo; es decir, a mayor costo marginal, menor será el arancel ad-valorem impuesto por el gobierno ($\frac{\partial t_d^*}{\partial c_d} < 0$). Esto es, a medida que incrementa el costo propio la empresa nacinal reduce la cantidad de equilibrio producida. Esto generaría una pérdida en el excedente del consumidor del país bajo aranceles que encarecen las importaciones.

Ahora bien, para saber cómo responde el arancel *ad-valorem* óptimo ante cambios en el peso que asigna el gobierno al excedente del consumidor, se diferencia con respeco a α:

$$\frac{\partial t_d^*}{\partial \alpha} = -\frac{2b_d\gamma\Big[243b_d^3\gamma^3-270b_d^2\gamma^2+84b_d\gamma-8\Big](k-c_d)c_e}{\Big(\Big[36b_d^2\gamma^2-16b_d\gamma)k-45b_d^2\gamma^2c_d+8b_d\gamma c_d+4c_d\Big]\alpha+(4b_d\gamma-18b_d^2\gamma^2)k+36b_d^2\gamma^2c_d-8b_d\gamma c_d\Big)^2}. \tag{2.70}$$

Bajo el supuesto de $\gamma b_d > 2/3$, adicional a la condición de que k sea mayor que c_d, el peso que asigna el gobierno al excedente del consumidor ejercerá un efecto negativo en el

[5]El coeficiente real estimado por estos autores es $\beta = 0.24$; sin embargo, dado que los pesos asignados a cada componente en el modelo de estos autores no suman 1, se ha normalizado el resultado.

arancel óptimo impuesto. Esto es, a medida que más valor tenga el consumidor representativo para el gobierno del país doméstico, más deseará proteger los bienes importados, por lo que menor será el arancel impuesto a éstos. De lo anterior también podemos deducir que si ambas empresas fueran simétricas, siempre que $\gamma b > 2/3$, $k > c$ y $\alpha > \beta$, el arancel *ad-valorem* óptimo que imponga el país doméstico a la empresa extranjera será menor que el arancel impuesto por el gobierno extranjero a la empresa doméstica. Esto es:

$$t_d^* < t_e^*$$

Entonces, si la empresa estadounidense y la empresa china fueran idénticas, de modo que enfrentan los mismos costos marginales y la misma demanda, y realizan la misma inversión en I&D (i.e. *ceteris paribus*), la tasa arancelaria impuesta por Estados Unidos será mayor que la impuesta por China cuando la decisión de política arancelaria de ambos gobiernos es independiente la una de la otra .

Es importante resaltar que los resultados obtenidos bajo esta versión del modelo no se podrían generalizar al caso de la sección 2.3 en la que sí existe interacción entre los jugadores tanto en la segunda como en la primera etapa. Una posible manera de modelar el fenómeno de interés sería mantener la forma lineal de la demanda inversa, pero incorporando un elemento que incorporara la interacción de las empresas al momento de decidir sus niveles de inversión en I&D, tal como la siguiente;

$$p_i = k + x_i + \beta x_j - b_i Y_i \tag{2.71}$$

donde $0 < \beta < 1$ representa el efecto *spillover* que tiene la I&D de la empresa j en el mercado i. Este tipo de modelo puede ser abordado en futura investigación.

Conclusiones

China y Estados Unidos se han enfrentado comercialmente durante los últimos años. Cada uno de los países ha respondido con represalias a las medidas proteccionistas impuestas por la otra parte. Ante eso, el trabajo aquí desarrollado nos ha permitido caracterizar, mediante un juego de tres etapas, la política arancelaria estratégica que seguirían estos dos países cuando buscan, a través de un arancel *ad-valorem*, proteger la inversión en investigación y desarrollo de la competencia extranjera, al mismo tiempo que tienen en cuenta la pérdida que se genera en el excedente del consumidor por el encarecimiento de las importaciones.

Bajo el modelo general, se encuentra que siempre que el arancel afecte positivamente el nivel de inversión en I&D propio, dicho arancel ejercerá un efecto positivo en el excedente del productor que deberá compensarse con el efecto negativo que tiene en el excedente del consumidor. Con respecto al efecto que tiene dicho arancel en el nivel de inversión en I&D, cuando éste tiene un efecto directo en el mercado propio y un efecto *spillover* en el mercado del país adversario, no se concluye de forma general la dirección del impacto. Sin embargo, debido a que el arancel disminuye la cantidad vendida por la empresa adversaria en el país propio y permite a la empresa nacional abarcar una mayor proporción de su mercado, se prevé un efecto positivo.

Cuando se supone una función de demanda lineal, que carece de un efecto *spillover*, el arancel *ad-valorem* impuesto a las importaciones efectivamente incentiva la I&D de la empresa representativa al protegerla de la competencia extranjera. El arancel óptimo depende negativamente tanto del costo marginal de la empresa rival como de la empresa propia. Esto último, que parecería menos intuitivo, se debe a que si la empresa propia se vuelve más ineficiente con respecto a la rival, entonces una mejor opción para satisfacer el consumo propio es permitir la entrada de los bienes producidos por la otra empresa. Un último resultado de este modelo es que si ambas empresas fueran simétricas, bajo el supuesto de que Estados Unidos otorga un peso mayor que China al excedente del consumidor, el arancel impuesto por el primero será menor que el impuesto por el segundo.

Referencias

Amir, Rabah, and Wooders, John. 1998. “Cooperation vs. competition in R&D: The role of stability of equilibrium.” *Journal of Economics* 67(1): 63–73. https://doi.org/10.1007/BF01227763.

Blanchard, Emily, J., Bown, Chad, P., and Johnson, Robert, C. 2016. “Global supply chains and trade policy”. *National Bureau of Economic Research*, Working Paper No. 21883.

Brander, James and Spencer, Barbara. 1984. “Trade warfare: Tariffs and cartels”. *Journal of International Economics* 16(3–4): 227–242. https://doi.org/10.1016/S0022-1996(84)80002-1.

Branstetter, Lee, G., and Feenstra, Robert, C. 2002. “Trade and foreign direct investment in China: A political economy approach”. *Journal of International Economics* 58(2): 335–358. https://doi.org/10.1016/S0022-1996(01)00172-6.

Broda, Christian, Limão, Nuno, and Weinstein, David, E. 2008. “Optimal Tariffs and Market Power: The Evidence”. *The American Economic Review* 98(5): 2032–2065. https://doi.org/10.1257/aer.98.5.2032.

Chattopadhyay, Subir, and Mitka, Malgorzata, M. 2019. “Nash equilibrium in tariffs in a multi-country trade model”. *Journal of Mathematical Economics* 84: 225–242. https://doi.org/10.1016/j.jmateco.2019.07.011.

D’Aspremont, Claude, and Jacquemin, Alexis. 1988. “Cooperative and noncooperative R & D in duopoly with spillovers”. *The American Economic Review* 78(5): 1133–1137. https://doi.org/10.2307/1807173.

Felbermayr, Gabriel, Jung, Benjamin, and Larch, Mario. 2013. “Optimal tariffs, retaliation, and the welfare loss from tariff wars in the Melitz model”. *Journal of International Economics* 89(1): 13–25. https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2012.06.001.

Willmann, Gerald, 2003. "Why Legislators are Protectionists: The Role of Majoritarian Voting in Setting Tariffs". Economics Working Papers 2003-10, Christian-Albrechts-University of Kiel, Department of Economics.

Grossman, Gene, M., and Helpman, Elhanan. 1994. "Technology and trade". *National Bureau of Economic Research*, Working Paper No. 4926.

Grossman, Gene, M., and Helpman, Elhanan. 2005. "A protectionist bias in majoritarian politics". *Quarterly Journal of Economics* 120 (4): 1239–1282. https://doi.org/10.1162/003355305775097498.

Grossman, Gene, M., and Lai, Edwin. 2004. "International Protection of Intellectual Property." *The American Economic Review* 94 (5): 1635-1653.

Kamien, Morton, I., Muller, Eitan, and Zang, Israel. 1992. "Research Joint Ventures and R&D Cartels." *The American Economic Review* 82(5): 1293–1306. https://doi.org/10.2307/2117479.

Markusen, James, R., and Wigle, Randall, M. 1989. "Nash Equilibrium Tariffs for the United States and Canada: The Roles of Country Size, Scale Economies, and Capital Mobility". *Journal of Political Economy* 97(2): 368–386. https://doi.org/10.1086/261607.

Mayer, Wolfgang. 1984. "Endogenous Tariff Formation". *American Economic Review* 74(5): 970–985.

Motta, Massimo. 1996. "Research joint ventures in an international economy." *Ricerche Economiche* 50(3): 293–315. https://doi.org/10.1006/reco.1996.0019.

Spencer, Barbara and Brander, James. 1983. "International R&D Rivalry and Industrial Strategy." *The Review of Economic Studies* 50(4). https://doi.org/10.3386/w1192.

Wong, Dorcasand and Chipman, Koty, Alexander. 2020. "The US-China Trade War: A Timeline." *China Briefing*. https://www.china-briefing.com/news/the-us-china-trade-war-a-timeline/.