



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE JUEGOS BAYESIANA AL “PATENT CLIFF”

Autor: Paula González-Ferrer Redondo

Director: Antonio García y Garmendia

Madrid

Enero de 2026

Declaración de originalidad

Declaro bajo mi responsabilidad que el Proyecto presentado con el título **Aplicación de la Teoría de Juegos Bayesiana al “patent cliff”** de la ETS de Ingeniería – ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2025/2026 es de mi autoría y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Uso de Inteligencia Artificial¹

Declaro bajo mi responsabilidad que (indicar la opción correcta):

☐ No he utilizado Inteligencia Artificial en la elaboración del presente documento.

☒ He utilizado Inteligencia Artificial en la elaboración del presente documento y/o del Anexo B siempre en las condiciones permitidas por la Universidad Pontificia Comillas, es decir, aplicando el Nivel 2 de la [Escala de Evaluación de Perkins et al. \(2024\)](#): “La IA puede utilizarse para actividades previas a la tarea, como la lluvia de ideas, la descripción y la investigación inicial. Este nivel se centra en el uso de la IA para la planificación, las síntesis y la generación de ideas, pero las evaluaciones deben hacer hincapié en la capacidad de desarrollar y refinar estas ideas de forma independiente”. En concreto, las Inteligencia Artificial ha sido empleada para:

- Planteamiento de la estructura inicial del trabajo
- Generación de esquemas conceptuales en las fases iniciales
- Apoyo en la investigación inicial
- Apoyo en la comprensión conceptual del modelo Nash Bayesiano



Firmado (alumno): Paula González-Ferrer Redondo

Fecha: 10/01/2025

¹ Esta declaración se refiere al uso de la Inteligencia Artificial generativa para realizar los documentos del Proyecto (Anexo B y Memoria). No aplica a Proyectos donde, por su naturaleza, deban emplear inteligencia artificial como parte de los mismos (aplicación de técnicas de aprendizaje automático, redes neuronales, análisis de datos...)

Autorización para la entrega del Proyecto

El Director del Proyecto
 12 de enero, 2026
Fdo: Antonio García y Garmendia
Fecha: 10/01/2025



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE JUEGOS BAYESIANA AL “PATENT CLIFF”

Autor: Paula González-Ferrer Redondo

Director: Antonio García y Garmendia

Madrid

Enero de 2026

APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE JUEGOS BAYESIANA AL “PATENT CLIFF”

Autor: González-Ferrer Redondo, Paula.

Director: García y Garmendia, Antonio.

Entidad colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

La expiración de patentes y la consecuente entrada de competidores es uno de los principales retos que afronta la industria farmacéutica. El presente Trabajo de Fin de Máster analiza cuantitativa y estratégicamente las decisiones que toman los distintos jugadores en contextos de información incompleta. Para ello, se desarrolla y se aplica un modelo de teoría de juegos de Nash-Bayes al caso de Lipitor (Pfizer). Los resultados muestran que, bajo los parámetros utilizados, el equilibrio racional es no cooperativo (litigio).

Palabras clave: patente, teoría de juegos, modelo Nash-Bayes, equilibrio, litigio, cooperación, incumbente, genérico, Lipitor.

1. Introducción

La valoración de patentes es un ámbito de creciente interés en sectores donde la innovación es un activo estratégico. Esto se debe al aumento de la competencia, la rapidez del cambio tecnológico y la creciente importancia económica de los activos intangibles en la creación de valor.

Cuando una invención es protegida por una patente, el gobierno le otorga al inventor el derecho a impedir que otros fabriquen, utilicen o vendan la invención sin la previa autorización del autor. Una vez finalizado ese tiempo de protección, la invención pasa de estar protegida a ser de dominio público. Por ello, se concluye que el sistema de patentes es un sistema de incentivos.

De este modo, las patentes se convierten en elementos clave de protección y de generación de valor económico y estratégico. Y, por ello, normalmente su valor condiciona de manera

decisiva las decisiones estratégicas que se toman antes de su expiración. En estos casos, el valor de la patente no es observable. Depende de creencias y decisiones interdependientes entre los distintos jugadores. Por ello, el análisis del valor de una patente debe situarse en un marco dinámico previo a la resolución del mercado.

2. Definición del proyecto

Para representar las decisiones estratégicas que deben tomar los distintos jugadores en contextos de información asimétrica, el TFG desarrolla un modelo de negociación basado en el equilibrio de Nash-Bayes.

En primer lugar, se identifican los principales escenarios asociados a la expiración de una patente: licencia, litigio, y entrada libre. Posteriormente, se definen las distintas variables que condicionan dichos escenarios. Y, a continuación, se construye el modelo matemático y se derivan las condiciones de equilibrio que determinan el escenario racional para cada jugador.

Finalmente, el modelo se aplica a un caso real de la industria farmacéutica. Se elige el caso Lipitor de Pfizer al ser uno de los más relevantes de la industria elegida. En él, se utiliza datos reales de mercado y literatura existente. Así, se pretende evaluar qué estrategia surge en equilibrio, y bajo qué condiciones se podría dar un acuerdo de cooperación entre jugadores.

3. Descripción del modelo

El modelo de Nash-Bayes permite analizar escenarios en los que los jugadores no conocen la información privada de sus rivales, pero forman estrategias probabilísticas sobre ellas y toman decisiones en consecuencia.

El modelo tiene en cuenta dos jugadores: el titular de la patente (incumbente), y un potencial entrante genérico. Ambos jugadores pueden tomar distintas estrategias una vez la patente expire: entrada del genérico mediante pago de royalty, entrada del genérico mediante litigio, y entrada libre sin litigio. Estos escenarios implican distintos niveles de cooperación, riesgo, y reparto económico.

Por lo que, a partir de estos escenarios, el modelo define funciones de beneficio esperado para cada jugador. Estas funciones dependen de distintas variables económicas, legales y estratégicas. El equilibrio del juego se determina comparando los incentivos de los jugadores y analizando bajo qué condiciones cada estrategia es racional.

Así, el modelo permite identificar qué escenario surge en equilibrio antes de la expiración de la patente. De esta manera, se analiza cómo la incertidumbre y las creencias sobre la fortaleza de la patente influyen en las decisiones estratégicas de los jugadores.

4. Resultados

Los resultados del modelo muestran que el equilibrio estratégico es no cooperativo, y el escenario resultante es el de litigio. El titular de la patente decide racionalmente defender su exclusividad mediante acciones judiciales, ya que la opción de alcanzar un acuerdo no es viable en equilibrio. Desde el punto de vista del entrante genérico, su estrategia racional es forzar la entrada asumiendo el riesgo de litigio. Esto se debe a que no existe un royalty mutuamente aceptable por los jugadores que permita la cooperación. Así, al anticipar las decisiones del otro, los jugadores actúan de manera estratégica bajo información incompleta.

Por otro lado, el modelo permite entender el papel de la información incompleta y las creencias del entrante genérico. Ambas afectan a la distribución del riesgo y de los beneficios, aunque no modifican el tipo de equilibrio alcanzado.

Con el objetivo de evaluar la robustez de este resultado, se complementa el análisis con una simulación de sensibilidad y de Monte Carlo sobre los principales parámetros del modelo. Así, se evalúa como varía el equilibrio cuando varían los parámetros escogidos. Sin embargo, los resultados muestran que el equilibrio se mantiene para el escenario de litigio, lo que refuerza la solidez de las conclusiones obtenidas.

5. Conclusiones

El presente Trabajo de Fin de Máster analiza el valor de las patentes farmacéuticas en contextos de incertidumbre e información incompleta. Los métodos tradicionales tratan las

patentes como activos estáticos, pero el enfoque de este trabajo es entenderlas como un activo estratégico. Su valor depende de la interacción de los jugadores y de las decisiones anticipadas previas a la expiración de la patente.

La principal conclusión del presente Trabajo de Fin de Máster es que, para el caso de Lipitor, el equilibrio resultante es no cooperativo y la estrategia racional es el escenario de litigio. El modelo muestra que la estrategia racional del titular de la patente es defender su exclusividad mediante litigio. Esto se debe al elevado valor de su monopolio y los distintos incentivos a retrasar la entrada de los genéricos, lo cual es coherente con lo que ocurrió en la realidad.

Asimismo, la cooperación entre jugadores no se debe a una falta de eficiencia económica, sino a una desalineación estratégica de los incentivos entre incumbente y entrante. El análisis muestra que no existe un intervalo de negociación viable en cuanto al royalty, lo que imposibilita alcanzar un equilibrio cooperativo.

A modo conclusión, el Trabajo de Fin de Máster muestra la utilidad de usar la teoría de juegos como herramienta complementaria a los métodos tradicionales de valoración de patentes. El modelo Nash-Bayesiano permite analizar las decisiones estratégicas previas a la expiración de la patente, y explicar resultados que no pueden capturarse mediante enfoques estáticos.

APPLICATION OF BAYESIAN GAME THEORY TO THE “PATENT CLIFF”

Author: González-Ferrer Redondo, Paula.

Supervisor: García y Garmendia, Antonio.

Collaborating institution: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

PROJECT ABSTRACT

Patent expiration and the subsequent entry of competitors represent one of the main challenges faced by the pharmaceutical industry. This master’s Thesis provides a quantitative and strategic analysis of the decisions made by different players in contexts of incomplete information. To this end., a Nash-Bayes game-theoretic model is developed and applied to the Lipitor case. The results show that, under the parameters considered, the rational equilibrium is non-cooperative and leads to litigation.

Keywords: patent, game theory, Nash-Bayes model, equilibrium, litigation, cooperation, incumbent, generic entrant, Lipitor.

1. Introduction

Patent valuation is an area of growing interest in sectors where innovation is a strategic asset. This is driven by increasing competition, rapid technological change and the rising economic importance of intangible assets in value creation.

When an invention is protected by a patent, the government grants the inventor the right to prevent others from making, using, or selling the invention without prior authorization. Once the period of protection expires, the invention becomes part of the public domain. Therefore, the patent system can be understood as an incentive mechanism.

As a result, patents become key instruments for protection and for the generation of economic and strategic value. Consequently, their value often plays a decisive role in the strategic decisions taken prior to their expiration. In such contexts, the value of a patent is not directly observable, as it depends on beliefs and interdependent decisions among

different players. For this reason, the analysis of patent value must be conducted within a dynamic framework prior to market resolution.

2. Project definition

In order to represent the strategic decisions faced by different players in contexts of asymmetric information, this master's Thesis develops a negotiation model based on the Nash-Bayes equilibrium.

First, the main scenarios associated with patent expiration are identified: licensing, litigation and free entry. Then, the variables that condition these scenarios are defined. The mathematical model is constructed, and the equilibrium conditions that determine the rational strategy for each player are derived.

Finally, the model is applied to a real case from the pharmaceutical industry. The Lipitor case developed by Pfizer is selected due to its relevance within the industry. Real market data and existing literature are used to evaluate which strategy emerges in equilibrium and under what conditions a cooperative agreement between players could arise.

3. Model description

The Nash-Bayes model allows for the analysis of scenarios in which players do not know their rival's private information. Instead, they form probabilistic beliefs about it and make decisions accordingly.

The model considers two players: the patent holder (incumbent) and a potential generic entrant. Before the patent expires, both players can adopt different future strategies: generic entry through royalty-based licensing, generic entry involving litigation, or free entry without litigation. These scenarios imply different levels of cooperation, risk, and economic value distribution.

Based on these scenarios, the model defines expected payoff functions for each player, which depend on economic, legal and strategic variables. The equilibrium of the game is

determined by comparing the incentives of both players and analysing under which conditions each strategy is rational.

Therefore, the model makes it possible to identify which scenario emerges in equilibrium prior to patent expiration, and to analyse how uncertainty and beliefs about patent strength influence players’ strategic decisions.

4. Results

The results of the model show that the strategic equilibrium is non-cooperative and that the resulting scenario is litigation. The patent holder rationally decides to defend its exclusivity through legal action, as reaching a licensing agreement is not viable in equilibrium. From the generic entrant’s point of view, the rational strategy is to force market entry while assuming the risk of litigation. This is due to the absence of a mutually acceptable royalty level that would allow cooperation. Therefore, by anticipating each other’s decisions, both players act strategically under incomplete information.

Furthermore, the model allows for an understanding of the role of incomplete information and the beliefs of the generic entrant. These factors affect the distribution of risk and expected benefits, although they do not alter the type of equilibrium reached.

In order to assess the robustness of these results, the analysis is complemented with sensitivity analysis and Monte Carlo simulations. They are both applied to the main parameters of the model. The results show that the equilibrium remains in the litigation scenario across parameters variations, which reinforces the robustness of the conclusions obtained.

5. Conclusions

This master’s Thesis analyses the value of pharmaceutical patents in contexts characterized by uncertainty and incomplete information. While traditional valuation methods treat patents as static assets, the approach adopted in this work considers them as strategic assets. Their value depends on the interaction between players and on anticipatory decisions made prior to patent expiration.

The main conclusion of this master’s Thesis is that, in the Lipitor case, the resulting equilibrium is non-cooperative, and the rational strategy is litigation. The model shows that the patent holder’s optimal strategy is to defend its exclusivity through litigation, due to the high value of monopoly rents and the incentives to delay generic entry. This result is consistent with what occurred in practice.

Moreover, the absence of cooperation between players is not due to a lack of economic efficiency, but rather to a strategic misalignment of incentives between the incumbent and the entrant. The analysis shows that there is no viable negotiation interval for the royalty rate, which prevents the emergence of a cooperative equilibrium.

In conclusion, this master’s Thesis demonstrates the usefulness of game theory as a complementary tool to traditional patent valuation methods. The Nash-Bayes model enables the analysis of strategic decisions made prior to patent expiration. It also explains outcomes that cannot be captured through purely static approaches.

Índice Trabajo de Fin de Máster

Capítulo 1: Introducción y objetivos del Trabajo de Fin de Máster	18
1. Contexto	18
2. Motivación	19
3. Objetivos del proyecto	20
3.1. Objetivo general	20
3.2. Objetivos específicos.....	20
3.3. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	21
4. Estructura del trabajo	21
5. Recursos a emplear	22
Capítulo 2: Propiedad Intelectual.....	23
Capítulo 3: Métodos de valoración de patentes.....	37
1. Introducción a los métodos de valoración de patentes.....	37
2. Principales métodos de valoración	38
2.1.1. Método de costes.....	39
2.1.2. Método de mercado	40
2.1.3. Método de ingresos	41
2.1.4. Método de opciones	42
2.2. La teoría de juegos aplicada a la valoración de patentes	42
2.2.1. Juegos de licenciamiento de patentes	43
2.2.2. Juegos no cooperativos	44
A) Equilibrio de Nash	44
A. Equilibrio de Nash Bayesiano	46

B.	Equilibrio de Nash Asimétrico	47
E.	Equilibrio de Nash en estrategias mixtas.....	49
F.	Juegos de señalización	50
G.	Juegos de subastas no cooperativas	51
H.	Juego de Stackelberg	52
2.2.3.	Juegos cooperativos	53
J.	Valor de Banzhaf	54
K.	Nucleolus.....	55
L.	Juegos de red y valor de Myerson.....	56
2.2.6.	Patent Thickets	59
2.2.7.	Juegos biformes	60
2.2.8.	Juegos evolutivos	61
3.	Valor estratégico y dificultades en la valoración.....	62
3.1.	Valor estratégico de la valoración de patentes	62
3.2.	Principales dificultades en la valoración de patentes	63
4.	Conclusiones Capítulo 3.....	63
Capítulo 4: Modelo Nash-Bayes en patent cliff.....		65
1.	Definición del modelo	65
1.3.	Acciones posibles	68
2.	Parámetros del modelo.....	74
3.	Funciones de pay-off	78
3.1.	Escenario 1: licencia aceptada	78
3.2.	Escenario 2: entrada con litigio	79
3.3.	Escenario 3: aceptación de entrada sin litigio	82

4.	Equilibrio bayesiano	82
4.1.	Estrategia del entrante	83
4.2.	Estrategia del incumbente.....	83
4.3.	Equilibrio	84
5.	Valor estratégico de la patente	84
6.	Conclusiones Capítulo 4.....	85
Capítulo 5: Construcción del modelo aplicado a un caso real		87
1.	Caso práctico elegido	87
1.1.	Introducción al caso práctico elegido.....	87
1.2.	Justificación del caso práctico.....	88
1.3.	Diagrama de flujo	90
2.	Estimación de los parámetros del modelo.....	91
2.1.	Datos de mercado y valores monetarios.....	91
2.2.	Parámetros de litigio	91
2.3.	Probabilidades	92
2.4.	Supuestos adicionales.....	93
3.	Implementación del modelo.....	96
3.1.	Derivación de los umbrales de equilibrio (p_{min} y p_{max}).....	96
3.2.	Solución del equilibrio para distintos escenarios	97
3.3.	Escenario contractual pro-licencia	99
3.4.	Solución de Nash Bargaining	101
3.6.	Análisis de sensibilidad.....	106
4.	Conclusiones Capítulo 5.....	111
Capítulo 6: Análisis de los resultados del modelo		113

1.	Interpretación económica de los umbrales del porcentaje de royalty	113
1.1.	Significado económico de p_{\min} y p_{\max}	114
1.2.	Interpretación de los resultados obtenidos	114
1.3.	Qué escenario predice el modelo	115
2.	Interpretación de los resultados de los tres escenarios del modelo	116
2.1.	Interpretación del escenario de licencia aceptada	116
2.2.	Interpretación del escenario de entrada con litigio	117
2.3.	Interpretación del escenario de entrada sin litigio	117
2.4.	Comparativa entre escenarios.....	118
3.	Interpretación de los resultados del caso pro-licencia	119
3.1.	Condiciones para crear un equilibrio cooperativo	119
3.2.	Cambios en los incentivos estratégicos	120
3.3.	Conclusiones de la viabilidad de acuerdos de licencia	122
4.	Rol de la información incompleta en las creencias del entrante	122
4.1.	Cómo afecta μ a las creencias del genérico.....	123
4.2.	Representación gráfica de las regiones de decisión	123
4.3.	Actualización de las creencias del entrante	124
5.	Resultados de la simulación de Monte Carlo	125
6.	Análisis de sensibilidad.....	126
6.1.	Interpretación de la sensibilidad al tamaño del mercado genérico	126
6.2.	Interpretación de la sensibilidad a las probabilidades de éxito judicial	128
6.3.	Interpretación de la sensibilidad al tipo de licencia	130
6.4.	Interpretación de la sensibilidad al nivel de royalty	131
6.5.	Interpretación de la sensibilidad al poder de negociación.....	132

7.	Comparación con el caso real Lipitor	133
8.	Ventajas del modelo Nash-Bayesiano frente a otros métodos	135
9.	Limitaciones del modelo	136
10.	Conclusiones Capítulo 6	137
Capítulo 7: Análisis económico.....		139
1.	Implicaciones económicas de que el equilibrio resulte en litigio	139
2.	Interpretación económica de descartar licencia	142
3.	Impacto económico del equilibrio en el mercado.....	143
3.1.	Efectos del litigio sobre la competencia y la eficiencia del mercado	143
3.2.	Dimensión temporal del equilibrio	144
3.3.	Implicaciones para la industria farmacéutica	145
4.	Conclusiones Capítulo 7	146
Capítulo 8: Conclusiones del Trabajo de Fin de Máster		147
1.	Conclusiones del TFM.....	147
2.	Cumplimiento de los objetivos del trabajo.....	148
3.	Líneas de investigación futuras.....	149
Capítulo 9: Bibliografía		151
Anexo: Código del modelo en Python		159

Capítulo 1: Introducción y objetivos del Trabajo de Fin de Máster

En este capítulo se analiza el marco contextual del presente Trabajo de Fin de Máster. En él, se explica el contexto del tema escogido, la motivación, los objetivos a realizar, la estructura seguida y, por último, los recursos a emplear.

1. Contexto

La valoración de patentes es un ámbito de creciente interés en sectores donde la innovación es un activo estratégico. Esto se debe al aumento de la competencia, la rapidez del cambio tecnológico y la creciente importancia económica de los activos intangibles en la creación de valor.

Como introducción al tema del TFM, resulta coherente comenzar por una breve explicación sobre el concepto de una patente. Cuando una invención es protegida por una patente, el gobierno le otorga al inventor el derecho a impedir que otros fabriquen, utilicen o vendan la invención sin la previa autorización del autor. Este derecho se extiende desde la fecha de concesión de la patente, hasta un máximo de 20 años desde el día en que se presentó la solicitud ^[2]. Una vez finalizado ese tiempo de protección, la invención pasa de estar protegida a ser de dominio público. Con esto se concluye que el sistema de patentes es un sistema de incentivos: se concede un derecho exclusivo con valor económico durante un tiempo limitado, a cambio de la divulgación de la tecnología. Así se beneficia a la sociedad al contribuir al conocimiento público disponible.

De este modo, las patentes se convierten en elementos clave de protección y de generación de valor económico y estratégico. En muchos sectores intensivos en innovación, como el tecnológico y el sanitario, el valor económico de una patente no se manifiesta únicamente cuando finaliza el periodo de protección. Normalmente, dicho valor condiciona de manera decisiva las decisiones estratégicas que se toman antes de su expiración. Por ello, las empresas deben tomar decisiones bajo incertidumbre, sin conocer el comportamiento futuro de otros agentes del mercado.

Con esto surgen varias preguntas. Primero, ¿cómo se cuantifica un activo intangible cuya utilidad puede variar en función del contexto y de los jugadores implicados? Y segundo, ¿cómo se determina su valor en escenarios donde la negociación es clave?

Estas preguntas se producen en entornos caracterizados por la interacción estratégica entre jugadores. En dichos casos, el valor del activo no es un valor observable. Es el resultado de creencias y decisiones interdependientes. Por ello, el análisis del valor de una patente requiere situarse en un marco dinámico previo a la resolución del mercado.

2. Motivación

La valoración de patentes es uno de los principales retos que presenta la gestión de la propiedad intelectual, especialmente en sectores intensivos en innovación como el de la industria farmacéutica. En este tipo de industrias, la ventaja competitiva se basa en la capacidad de generar y proteger conocimiento. Por tanto, la motivación principal de este trabajo surge de la necesidad de contar con herramientas más realistas que integren tanto el valor financiero del activo, como la incertidumbre y la interacción de los agentes que participan en la negociación del valor.

Como se ha mencionado previamente, el valor de una patente no es el que se observa una vez ha finalizado su periodo de protección. Es aquel que condiciona las decisiones estratégicas que se toman con anterioridad, en un entorno donde existe incertidumbre y fuerte interacción entre agentes.

Los métodos tradicionales de valoración resultan útiles para estimar el valor económico de una patente, pero no capturan el componente estratégico que influye en la negociación o en la defensa frente a competidores. En particular, estos métodos suelen tratar el valor obtenido como un resultado estático. No incorporan de forma explícita cómo las decisiones estratégicas o la existencia de negociación y conflicto influyen sobre el valor esperado del activo.

Por ello, si se incorpora la teoría de juegos al análisis, se representa de manera más precisa cómo las empresas actúan bajo situaciones de información asimétrica. Así, la teoría de

juegos se plantea como una herramienta complementaria a los métodos tradicionales de valoración. Permite analizar la interacción estratégica entre los jugadores y cómo influye en el valor del activo. De esta manera, permite anticipar comportamientos de rivales o potenciales entrantes, y, por tanto, ajustar decisiones en consecuencia.

Por ello, surge la motivación de desarrollar un enfoque que permita analizar el valor estratégico de las patentes en situaciones de información incompleta, analizando distintos escenarios y evaluando sus implicaciones previas a la configuración competitiva del mercado.

3. Objetivos del proyecto

3.1. Objetivo general

El objetivo general del TFM es desarrollar un enfoque de valoración de patentes que incorpore la teoría de juegos como complemento a los métodos tradicionales. Se comprobará el funcionamiento del método aplicándolo a un caso práctico real, analizando distintos escenarios bajo información incompleta.

3.2. Objetivos específicos

- Revisar y sintetizar la literatura existente sobre PI y métodos de valoración tradicionales, identificando limitaciones que justifiquen la incorporación de la teoría de juegos
- Revisar y sintetizar la literatura existente sobre los distintos tipos de teoría de juegos
- Desarrollar y adaptar un modelo de teoría de juegos basado en el equilibrio de Nash Bayesiano, que permita representar escenarios de negociación bajo condiciones de información incompleta
- Aplicar el modelo propuesto a un caso real de patent cliff, analizando distintos escenarios y condiciones de equilibrio
- Evaluar el valor añadido que aporta la teoría de juegos en la valoración de patentes, desde una perspectiva estratégica y económica

3.3. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

El presente TFM está alineado con los siguientes ODS:

ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura): el TFM contribuye al entendimiento y optimización de métodos de valoración de la innovación tecnológica mediante el estudio de la PI y modelos de teoría de juegos.

ODS 3 (salud y bienestar): de manera indirecta, el TFM se relaciona con el ODS 3 al analizar el impacto que tienen las patentes y la entrada de genéricos sobre la disponibilidad de medicamentos.

4. Estructura del trabajo

La metodología y estructura de este Trabajo de Fin de Máster es de carácter teórico-aplicado. Combina una revisión de la literatura, para una posterior puesta en práctica de un modelo de teoría de juegos aplicado a un caso real de la industria farmacéutica.

En primer lugar, en el Capítulo 2 se realiza una revisión profunda de la literatura existente sobre la propiedad intelectual y, en concreto, las patentes. A continuación, en el Capítulo 3 se revisa la literatura de los principales métodos de valoración de patentes, y se introduce la teoría de juegos como herramienta complementaria para incorporar el comportamiento estratégico y negociador de las distintas partes.

Sobre esta base, en el Capítulo 4 se presenta en profundidad el modelo de teoría de juegos escogido. Se selecciona el equilibrio de Nash-Bayesiano, junto con su correspondiente formulación matemática. Posteriormente, en el Capítulo 5 se selecciona una industria y un caso práctico, sobre el cual se aplicará el modelo definido en el capítulo anterior. Por lo tanto, en este capítulo se construye el modelo aplicado al caso seleccionado, y se definen los parámetros y los escenarios a analizar.

Finalmente, los resultados obtenidos se presentan y se analizan en dos etapas. En el Capítulo 6 se analizan los resultados desde un punto de vista estratégico. En él, se identifican los escenarios de equilibrio y las decisiones racionales de los jugadores. Y, con

el objetivo de complementar dicho análisis, en el Capítulo 7 se ofrece un análisis económico de los resultados, donde se evalúa la creación de valor y los efectos que tiene en el mercado.

Por último, en el Capítulo 8 se presentan las principales conclusiones recogidas a lo largo de la realización del Trabajo de Fin de Máster, junto con posibles líneas de investigación futuras.

5. Recursos a emplear

En primer lugar, se emplea bibliografía que permita investigar en profundidad sobre el tema objeto de estudio. De esta manera, se podrá ofrecer un punto de vista novedoso y fundamentado. Destacan los ensayos y artículos científicos obtenidos a través de Google Scholar, junto con publicaciones de revistas internacionales (*International Journals*) y de instituciones de referencia (*Massachusetts Institute of Technology, MIT*).

En segundo lugar, se emplean diversas bases de datos para el desarrollo del caso práctico. Se emplean fuentes públicas de registros de patentes como la European Patent Office (EPO), entre otras.

Finalmente, se emplean diferentes programas informáticos que faciliten la elaboración del trabajo. Destaca PowerPoint para la creación de elementos gráficos, Excel para cálculos numéricos, y Python para el desarrollo y simulación del modelo.

Capítulo 2: Propiedad Intelectual

El objetivo de este capítulo es ofrecer una visión general sobre cómo la protección de los activos intangibles impulsa la innovación, la competitividad empresarial y el desarrollo económico.

Para ello, el capítulo está organizado de la siguiente manera. En primer lugar, se introduce el concepto de propiedad intelectual, de la propiedad industrial y sus principales tipos. Y, en segundo lugar, se analiza en profundidad el concepto de patente, desde su marco legislativo, hasta sus requisitos, estructura, alcance y limitaciones.

1. Introducción a la propiedad intelectual

La **propiedad intelectual** (PI) se define como toda obra original que tiene su origen en la mente humana, ya sea de naturaleza artística, científica, literaria o técnica. Por su parte, los **derechos de propiedad intelectual** forman el marco jurídico que proporciona a los creadores la posibilidad de proteger y controlar la explotación de sus creaciones durante un periodo de tiempo limitado establecido por la ley ^[1].

Para que un activo intangible pueda ser reconocido y protegido jurídicamente como propiedad intelectual, debe reunir las siguientes características:

- **Intangibilidad**: el activo carece de forma física, por lo que su valor reside en ideas, conocimientos, o reputación
- **Identificabilidad**: el activo debe poder distinguirse de manera autónoma y concreta de otros activos, lo que facilita su venta, cesión, licencia o transferencia
- **Capacidad de generar beneficios económicos**: debe poseer la capacidad o el potencial de generar ingresos futuros, ya sea por su explotación directa, venta o concesión de licencias de uso
- **Protección jurídica**: requiere un marco legal que proporcione al titular derechos exclusivos de uso frente a usos o explotaciones no autorizadas. En la mayoría de los casos, y en función del tipo de PI, esta protección tiene una duración limitada en el tiempo

1.1. Tipos de propiedad intelectual

La propiedad intelectual se divide en dos grandes categorías: los derechos de autor y la propiedad industrial. Cada categoría se caracteriza por el tipo de creación que protege, y por el mecanismo jurídico que contempla.

Derechos de autor

Los derechos de autor protegen las creaciones originales de carácter literario, artístico o científico, independientemente del medio en que se expresen. Su función principal es asegurar que los autores puedan controlar y beneficiarse económicamente de la explotación de sus obras ^[3].

Este tipo de propiedad intelectual proporciona tanto derechos morales, que garantizan el reconocimiento de la autoría y la preservación de la integridad de la obra, como derechos patrimoniales, los cuales están vinculados a la explotación económica de la obra. Según la legislación nacional, la protección de los derechos suele extenderse durante la vida del autor, y se extienden hasta setenta años tras su fallecimiento ^[2].

Propiedad industrial

Por su parte, la propiedad industrial protege invenciones y creaciones con aplicación directa en la actividad económica a través de la industria y el comercio ^[3]. Sus principales figuras jurídicas (de las cuales se hablará en detalle en el siguiente apartado) son las patentes, el diseño industrial, las marcas, y las indicaciones geográficas ^[4].

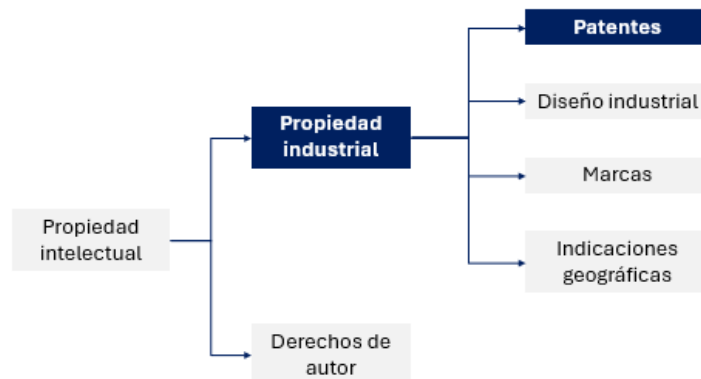


Figura 1: Esquema tipos Propiedad Intelectual, (fuente: elaboración propia, 2025)

2. Tipos de propiedad industrial

Las **patentes** protegen invenciones originales y novedosas con aplicación industrial. Los derechos otorgados a través de ellas incluyen la exclusividad de explotación, y la prohibición de fabricación, uso o venta a terceras personas sin previo permiso del poseedor de la patente. Protegen la invención durante 20 años desde la solicitud, y no posee carácter renovable ^[2].

Las **marcas** protegen signo, como las palabras, logotipos, o imágenes. Permiten distinguir unos productos o servicios de otros similares a los de los competidores del mercado. Su requisito principal es la distintividad, y el derecho que confieren es el uso exclusivo del signo correspondiente. La duración de la protección es de 10 años, y se puede renovar de manera indefinida ^[2].

Los **diseños industriales** protegen la apariencia externa de los productos, y hacen referencia a la forma, la textura, los colores... Gracias a ellos, las empresas obtienen una diferenciación visual de sus productos, lo que les permite destacar entre los productos de los competidores que cumplen con las mismas características funcionales. La duración de la protección es de 5 años, y se puede renovar hasta 25 años ^[2].

Las **indicaciones geográficas** son signos utilizados para identificar productos que provienen de un lugar específico, y que poseen una reputación gracias a su lugar de origen. Por tanto, el derecho conferido es el uso exclusivo del nombre geográfico, y su duración es indefinida ^[2].

Adicionalmente a los cuatro tipos mencionados, existen otros instrumentos jurídicos que también son importantes en el ámbito de la propiedad industrial, y complementan la protección de los activos intangibles en el ámbito industrial. Por ejemplo, los modelos de utilidad, nombres comerciales, o secretos/know how ^[4]. Sin embargo, con el objetivo de mantener el TFM conciso y concreto, se ha reducido los principales tipos de propiedad industrial a los cuatro mencionados al comienzo del apartado, poniendo especial atención en las patentes.

3. Las patentes

Dentro de la propiedad industrial, las patentes representan una de las figuras más importantes para la protección de la innovación tecnológica. Para poder entender de una manera más completa qué es una patente, es necesario comenzar con la definición de una invención.

Una invención es una creación de la mente humana que puede aplicarse en la industria en forma de producto o de procedimiento. Cuando una invención es protegida por una patente, el gobierno le otorga al inventor el derecho a impedir que otros fabriquen, utilicen o vendan la invención sin su previa autorización. Este derecho se extiende desde la fecha de concesión de la patente, hasta un máximo de 20 años desde el día en que se presentó la solicitud. Una vez finalizado ese tiempo de protección, la invención pasa a ser de dominio público, lo que significa que cualquier persona puede fabricarla, venderla, o usarla libremente ^[2]. De esta manera, las empresas y los creadores sacan el máximo provecho de sus invenciones durante el tiempo en el que la patente está vigente, y una vez su validez expira, la divulgación de la invención contribuye al conocimiento público, lo que fomenta la innovación.

Con esto se concluye que el sistema de patentes es un sistema de incentivos: se concede un derecho exclusivo con valor económico durante un tiempo limitado, a cambio de la divulgación de la tecnología. Gracias a esto, se beneficia a la sociedad al contribuir al conocimiento público disponible ^[9]. Esta divulgación pública forma parte del “*gran acuerdo*” del sistema de patentes, cuyo objetivo es estimular el desarrollo de nuevas ideas. Aunque es cierto que algunas empresas evitan patentar ciertas invenciones para no revelar su información técnica, la mayoría de los investigadores utilizan otras patentes como materia prima de su trabajo ^[13]. Esto favorece el aumento de oportunidades y facilita las transacciones en el mercado de ideas, lo cual es muy importante en numerosas industrias ya que muchas invenciones son posibles gracias a invenciones pasadas y públicas. Sin embargo, conviene tener en cuenta que donde hay incentivos, también debe de haber regulación para que no se generen malas prácticas.

3.1. Marco legal europeo y nacional

Existen numerosas legislaciones europeas que proporcionan protección jurídica a las patentes en función del país donde se registre la invención. Con el objetivo de unificar esta regulación y crear un sistema común, el 1 de junio de 2023 entró en vigor la Patente Unitaria. Esta regulación representa un nuevo sistema europeo que permite la obtención de una patente válida en todos los Estados miembros de la UE que hayan adoptado este sistema.

Su marco legal se basa en los siguientes dos reglamentos. En primer lugar, el reglamento UE N.º 1257/2012 (OJ EPO 2023, 111) crea una patente europea con efecto unitario, llamada “patente unitaria”. En segundo lugar, el reglamento UE N.º 1260/2012 (OJ EPO 2023, 132) establece las modalidades de traducción de las patentes unitarias ^[5].

Este nuevo sistema ofrece varias ventajas para todos aquellos individuos y empresas que quieran proteger sus innovaciones en la Unión Europea. Entre estas ventajas, destaca la simplificación de trámites (el titular no necesita realizar trámites ante las oficinas nacionales para validar la patente en cada país europeo), la centralización del proceso (el único interlocutor es la Oficina Europea de Patentes), y la uniformidad de la protección jurídica (el titular de la patente se beneficia de una protección uniforme en todos los países en los que la patente unitaria está activa) ^[6].

No obstante, la Patente Unitaria no ha sido adoptada por todos los Estados miembros de la Unión Europea: España, Croacia y Polonia han elegido mantener sus sistemas nacionales. En el caso de España, el rechazo de su adopción se debe a motivos relacionados con discriminación lingüística: la regulación de la Patente Unitaria se basa únicamente en las tres lenguas oficiales de la OPE (inglés, alemán y francés) ^[6]. España consideró este acto como una discriminación, ya que el español es el cuarto idioma más hablado en el mundo ^[7]. Por tanto, las patentes registradas en España se rigen por la Ley 24/2015 de Patentes, la cual entró en vigor el 1 de abril de 2017 y cuyos objetivos son, entre otros, fortalecer el sistema español de patentes, facilitar el acceso de protección, y modernizar y mejorar técnicamente la regulación ^[8].

Por ello, para que una patente europea tenga efecto en España, debe de validarse según los requisitos de la Ley 24/2015 establecidos en los artículos 151-161: abonar las tasas correspondientes, presentar una traducción íntegra al español, y designar un representante legal acreditado en el territorio nacional ^[10].

3.2. Requisitos de patentabilidad

Según lo establecido en el marco regulatorio, para que una invención pueda ser patentada, debe de cumplir tres requisitos: aplicación industrial, novedad, y nivel inventivo ^[2]. Una invención es **susceptible de aplicación industrial** cuando puede ser fabricada o utilizada de forma práctica en cualquier tipo de industria ^[10]. Por otro lado, una invención es **novedosa** cuando no está comprendida previamente en el *estado de la técnica* (concepto usado por abogados, que comprende todo lo que ha sido divulgado o accesible al público mediante una forma tangible, divulgación oral, o cualquier otro medio ^[10]). Y, por último, una invención posee **nivel inventivo** si no resulta obvia ni deriva de manera evidente del estado de la técnica.



Figura 2: Requisitos de patentabilidad, elaboración propia (2025)

Sin embargo, no todo lo que es útil y nuevo puede ser patentado. Los límites vienen dados en el artículo 4 de la Ley 24/2015 de Patentes. Por ejemplo, no se considerarán invenciones patentables los descubrimientos, las teorías científicas y los métodos matemáticos, las obras científicas, literarias, artísticas o cualquier otra creación estética, los programas de

ordenadores ^[10] ... Adicionalmente, se recogen otras excepciones en el artículo 5 de la Ley 24/2015 de Patentes. Por ejemplo, tampoco se puede conceder la concesión de patentes a las invenciones contrarias al orden público, las variedades vegetales o animales, el cuerpo humano, secuencias de ADN ^[10] ...

3.3. Estructura de la solicitud de una patente

Para que una invención pueda ser protegida por una patente, no basta con que únicamente cumpla con los tres requisitos de patentabilidad, sino que además debe de seguir un procedimiento de solicitud específico para poder registrarse correctamente.

El proceso de obtención de una patente se inicia con la presentación de la solicitud por parte del interesado ante el respectivo organismo (OEPM, OEP, OMP...). Dicha solicitud hace referencia a un documento en el que la invención está descrita con suficiente detalle para distinguir la innovación propuesta de las innovaciones anteriores ^[11], junto con la evaluación técnica y jurídica correspondiente. Habitualmente incluye una petición de concesión, un resumen (*abstract*), una descripción de la invención, una o más reivindicaciones, y, si procede, cualquier dibujo al que se haga referencia.

Dado que el enfoque del TFM es hacia la industria farmacéutica, se usará como ejemplo la patente española “***Virus de la gripe atenuado y su uso como vacuna***”, presentada por Falcon, Nieto y Vasiljevic en 2017 ^[12].

3.3.1. Solicitud de patente

La solicitud de patente es una sección con carácter administrativo, la cual suele encontrarse al inicio del expediente de la patente. En ella, el solicitante de la patente pide al organismo correspondiente (en España corresponde a la OEPM) la concesión de la patente. Incluye la fecha de presentación, la fecha de publicación de la solicitud, los nombres de los solicitantes, inventores, y representantes, el título...

SOLICITUD DE PATENTE		A1
<p>(22) Fecha de presentación: 21.08.2017</p> <p>(43) Fecha de publicación de la solicitud: 21.02.2019</p>	<p>(71) Solicitantes: CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC) (100.0%) C/ Serrano, nº 117 28006 Madrid ES</p> <p>(72) Inventor/es: FALCÓN, Ana; NIETO, Amelia y VASILJEVIC, Jasmina</p> <p>(74) Agente/Representante: PONS ARIÑO, Ángel;</p> <p><u>Observaciones:</u> La lista de secuencias está accesible al público en la página web de la OEPM para su descarga en formato electrónico.</p>	
<p>(54) Título: VIRUS DE LA GRIPE ATENUADO Y SU USO COMO VACUNA</p>		

Figura 3: Solicitud de patente de Falcon, A., Nieto, A. y Vasilijevic, J. (2017) ^[12]

3.3.2. Resumen

El resumen es una breve presentación del contenido técnico de la patente. Debe de permitir al lector, independientemente de su nivel de conocimientos y experiencia, entender la materia cubierta por la patente. El resumen correspondiente a la patente de Falcon, A., Nieto, A. y Vasilijevic, J. (2017) es el siguiente:

“Virus de la gripe atenuado y su uso como vacuna. La invención se refiere a un polinucleótido aislado que comprende una secuencia de nucleótidos que codifica una proteína de polimerasa 2 básica (PB2) de virus de la gripe A que comprende (a) una secuencia de aminoácidos que comprende una identidad de secuencia de, al menos, el 75% con SEQ ID NO: 2, y (b) una sustitución de aminoácidos en la posición A221T correspondiente a la posición 221 de la SEQ ID NO: 2 determinada por el alineamiento óptimo de ambas secuencias. La invención también se refiere a la célula y al virus que comprende dicho polinucleótido, así como a su uso como vacuna en el tratamiento profiláctico y terapéutico de la infección por el virus de la gripe” ^[12].

3.3.3. Descripción de la invención

La descripción de la invención es la sección más extensa y detallada del documento. En ella se busca considerar el campo técnico, el estado de la técnica, la explicación de la invención, proporcionar ejemplos de realización, y su correspondiente aplicación industrial.

En el ejemplo actual, esta sección describe cómo se obtiene el virus atenuado, los métodos de modificación genética, los ensayos realizados y las ventajas obtenidas. A continuación, se presentan extractos seleccionados de la presente sección.

“Los virus de la gripe (Orthomyxoviridae) son virus de ARN de cadena negativa con envoltura con un genoma segmentado. Se dividen en dos géneros: uno que incluye virus de la gripe A y B y el otro que consiste en virus de la gripe C, basado en diferencias antigénicas significativas entre su nucleoproteína y las proteínas de la matriz. Los tres tipos de virus también difieren en patogenicidad y organización genómica” ^[12].

“Los autores de la presente invención han descubierto que una mutación de polimerasa detectada en un caso de virus de la gripe A letal (F-IAV), concretamente, la mutación D529N de la subunidad PA (PA) de la polimerasa viral, se asocia con una producción reducida de genomas vírales defectuosos (DVG) y un resultado grave de la invención (...)” ^[12].

3.3.4. Reivindicaciones

La sección de las reivindicaciones hace referencia a las declaraciones específicas y detalladas que definen los límites de lo que abarca la protección de la patente. En la Figura 4 se muestra las dos primeras reivindicaciones de la patente española sobre el virus de la gripe atenuado y su uso como vacuna.

REIVINDICACIONES	
1.	Un polinucleótido aislado que comprende una secuencia de nucleótidos que codifica una proteína de polimerasa 2 básica (PB2) del virus de la gripe A que comprende
5	(a) una secuencia de aminoácidos que comprende una identidad de secuencia de, al menos, 75, 80, 85, 90, 95, 96, 97, 98 o 99 % con la SEQ ID NO: 2, y
	(b) una sustitución de aminoácidos en la posición A221T correspondiente a la posición 221 de la SEQ ID NO: 2 determinada por el alineamiento óptimo de ambas secuencias.
10	2. Polinucleótido según la reivindicación 1, que comprende además una secuencia de nucleótidos que codifica la proteína de matriz 1 (M1) del virus de la gripe A que comprende
15	(a) una secuencia de aminoácidos que comprende una identidad de secuencia de, al menos, 75, 80, 85, 90, 95, 96, 97, 98 o 99 % con la SEQ ID NO: 3, y

Figura 4: Primeras dos reivindicaciones de la patente de Falcon, A., Nieto, A. y Vasilijevic, J. (2017) ^[12]

3.3.5. Dibujos

Los dibujos proporcionan una representación visual de la invención. Suelen incluir esquemas, gráficos o diagramas que ayudan a entender la estructura, el funcionamiento, y los resultados de la invención. En este caso, la Figura 5 muestra lesiones encontradas en pulmones de ratones inoculados con M o F-IAV, y cuya correspondiente explicación figura en la sección de descripción de la invención.

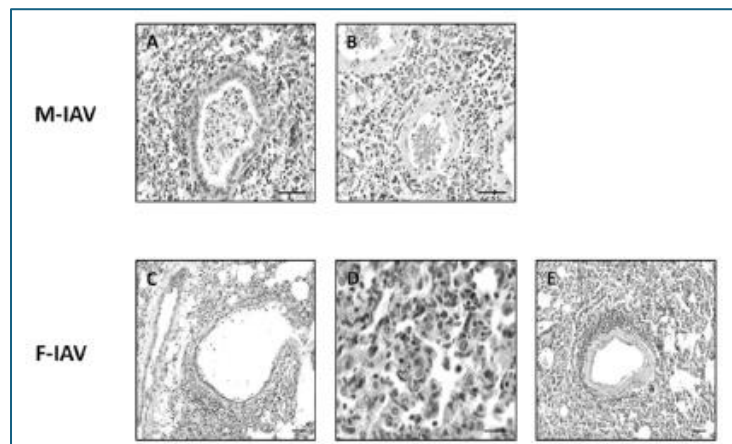


Figura 5: Figuras de la patente de Falcon, A., Nieto, A. y Vasilijevic, J. (2017) ^[12]

3.4. Alcance de la protección por la patente

Una vez concedida la patente, el titular adquiere una serie de derechos y obligaciones junto con ciertas limitaciones legales, las cuales delimitan con palabras los límites de la invención (es decir, el alcance de la patente).

El alcance de una patente viene determinado en gran medida por el contenido de sus reivindicaciones. Si la descripción incluye algunas características que no están cubiertas por las reivindicaciones, todas esas características no quedan protegidas por la patente, y están fuera de su protección. Es decir, todas esas características pasan a formar parte del estado de la técnica, y pueden ser utilizadas por otros sin el permiso del titular de la patente ^[18].

Por ello, las reivindicaciones son la parte más importante de la patente. Por lo general, cuanto más sólidas sean, mayor será la fuerza legal de la patente. Cabe destacar que esto

no implica que incluir más limitaciones haga más robusta a la patente, a veces ocurre todo lo contrario. Por ejemplo, una reivindicación más específica puede facilitar que otras empresas encuentren formas de infringirla, lo que disminuiría su eficacia.

3.4.1. Titularidad y concesión de la patente

La titularidad de una patente corresponde, por regla general, al creador de la invención, salvo que exista una cesión o un acuerdo que establezca lo contrario. Por ello, es importante distinguir entre las figuras del inventor y del titular, ya que no siempre coinciden.

El **inventor** es la persona física que ha realizado la invención, y debe de ser reconocido como tal en la solicitud de patente, independientemente de quién posea la titularidad final del derecho ^[15]. En cambio, el solicitante (que será cualquier entidad legalmente habilitada) es quien presenta la solicitud, y será considerado **titular** de todos los derechos y obligaciones derivados de la patente, a excepción de los derechos morales que siempre corresponden al inventor ^[15]. Básicamente, el solicitante es quien posee los derechos exclusivos concedidos por la patente, lo que le permite impedir que terceros fabriquen, utilicen, vendan o importen el producto o procedimiento patentado sin su consentimiento durante el periodo de vigencia de la patente ^[14].

En la práctica, titular e inventor no siempre coinciden, especialmente en escenarios donde las invenciones se desarrollan en entornos empresariales o de investigación bajo contrato. En estos casos, la titularidad recae en la empresa empleadora, en función de los acuerdos contractuales.

Por otro lado, el titular de la patente puede transferir sus derechos a terceros mediante cesión o conceder licencias de explotación, totales o parciales, a cambio de retribuciones económicas. Este tipo de acuerdos son habituales en contratos de transferencia de tecnología, colaboraciones de investigación o acuerdos de material transferido (MTA), donde se establecen las expectativas sobre la titularidad y el uso de las invenciones resultantes ^[14].

Adicionalmente, el titular debe cumplir con ciertas obligaciones, como el pago de tasas anuales para mantener la vigencia de la patente ^[14]. Si no se abonan estas tasas en tiempo y forma, la patente puede caducar y la invención pasa a formar parte del dominio público.

3.4.2. Derechos conferidos por la patente

Como se ha ido mencionando a lo largo del capítulo, la concesión de una patente otorga al titular un conjunto de derechos exclusivos sobre la invención protegida. Dichos derechos están regulados tanto por la legislación nacional como por tratados internacionales, y tienen validez únicamente en el país donde la patente ha sido concedida y registrada ^[16]. Será necesario pagar tasas para mantener la vigencia de los derechos otorgados mientras la patente se mantenga en vigor.

Entre los derechos conferidos por la patente que adquiere el titular, destaca el derecho de exclusión, y el derecho de protección legal y acciones frente a infracciones.

Derecho de exclusión

Según lo expuesto al inicio del apartado 3, el titular de la patente tiene la potestad de impedir que terceros fabriquen, utilicen o vendan el producto o procedimiento patentado sin su consentimiento, durante el periodo de vigencia de la patente. De ese modo, así como el titular posee la facultad de impedir el uso no autorizado de su invención, también puede autorizarlo al conceder licencias de explotación a terceros ^[14]. A través de dichas licencias, el titular permite el uso del producto o procedimiento patentado, y a cambio obtiene beneficios económicos.

Derecho de protección legal y acciones frente a infracciones

El titular está legitimado para ejercer acciones legales contra quienes exploten la invención sin autorización, pudiendo solicitar medidas judiciales, indemnización por daños y perjuicios, y la retirada del mercado de los productos que infrinjan la patente ^[16].

En la práctica, la forma en la que los titulares de las patentes ejercen estos derechos no siempre se limita a la protección de la invención. Por ejemplo, en la industria farmacéutica

se observa la “acumulación estratégica de patentes” (*patent thickets*). Esta práctica consiste en registrar múltiples patentes secundarias al mismo producto, formando una red de barreras legales. De esta manera, el producto original sigue estando protegido por la ley una vez expire su patente original. Esto dificulta la entrada de nuevos competidores y prolonga el monopolio de facto sobre un medicamento ^[17], lo cual ocurre cuando una empresa farmacéutica controla el suministro y precio de un medicamento debido a barreras de entradas para otros competidores.

Es cierto que la acumulación estratégica de patentes cumple con la normativa correspondiente, pero es una práctica que se aleja del objetivo principal del sistema de patentes: incentivar la innovación a la vez que se devuelve ese conocimiento a la sociedad. En vez de estimular la innovación, se utiliza como barrera anticompetitiva al prolongar la exclusividad. Esto ha sido objeto de debate en foros internacionales como la OMPI y la Comisión Europea, donde se ha establecido la necesidad sobre establecer un límite claro en cuanto al ejercicio de los derechos de exclusividad. En el caso de España, el artículo 66 de la Ley de 24/2015 de Patentes establece limitaciones al derecho exclusivo con el fin de evitar abusos ^[10].

3.4.3. Limitaciones

La ley establece limitaciones a los derechos exclusivos de patente con el objetivo de equilibrar los intereses de los titulares, los terceros y la sociedad. La decisión de introducir o mantener estas limitaciones corresponde a cada país. En España, el artículo 66 de la Ley de 24/2015 de Patentes establece que la explotación del objeto de una patente no podrá realizarse de manera abusiva o contraria a la Ley, la moral, el orden o la salud públicos ^[10].

4. Conclusiones Capítulo 2

El objetivo del capítulo ha sido explicar cómo la protección de los activos intangibles fomenta la innovación y el desarrollo económico. Para ello, se ha realizado una revisión de la literatura sobre el concepto de propiedad intelectual, profundizando en la propiedad industrial y, en concreto, en las patentes.

En primer lugar, se ha descrito el marco legislativo que delimita la concesión y protección de las patentes. Se ha incluido el marco europeo y el nacional. Posteriormente, se han detallado los requisitos que debe de cumplir una invención para poder ser protegida como patente. Adicionalmente, se ha explicado la estructura que debe de tener una solicitud de una patente. Y, finalmente, se ha analizado el alcance de la protección, lo que permite distinguir qué queda cubierto por la patente, y qué no.

A partir del Capítulo 2, se concluye que la patente es un activo jurídico, pero también estratégico, ya que empieza a intuir que su valor depende de cómo interactúan distintos jugadores en distintos contextos.

Por ello, a continuación, en el siguiente capítulo se analizará qué métodos existen para cuantificar el valor de estos activos. Se abordarán desde métodos tradicionales, hasta el uso de la teoría de juegos como complemento.

Capítulo 3: Métodos de valoración de patentes

Tras explicar el concepto de propiedad intelectual y haber profundizado en las patentes, surgen varias preguntas. Primero, ¿cómo se cuantifica un activo intangible cuya utilidad puede variar en función del contexto y de los jugadores implicados?, y segundo, ¿cómo se determina su valor en escenarios donde la negociación es clave?

Para dar respuesta a dichas cuestiones, el capítulo se organiza de la siguiente manera. Primero, se explican los métodos de valoración de patentes tradicionales. Posteriormente, se explica cómo la teoría de juegos puede ofrecer un marco matemático para modelar las interacciones entre compradores y vendedores, lo que ayuda a explicar por qué el valor final de una patente puede diferir con respecto a lo calculado en los métodos estándares explicados. Y, finalmente, se explica el valor estratégico de una correcta valoración, con los riesgos y dificultades que conlleva.

1. Introducción a los métodos de valoración de patentes

La valoración de patentes es el proceso por el cual se determina el valor económico real del activo intangible. A diferencia de otros bienes, el valor de una patente no se mide únicamente por su coste de creación o su precio en el mercado, sino que su valor depende también de la capacidad de generar beneficios futuros, de su importancia tecnológica y comercial, y de los riesgos y oportunidades de su explotación ^[19].

El objetivo de la valoración de patentes es proporcionar una estimación monetaria fundamentada y objetiva que ayude a tomar decisiones estratégicas en distintos ámbitos. En este sentido, una valoración adecuada permite mejorar la gestión estratégica de los activos de propiedad intelectual, justificar decisiones de inversión, fijar precios en operaciones de transferencia, optimizar las estrategias de acceso al mercado y reforzar la posición competitiva de las empresas.

Existen varios métodos para valorar patentes, los cuales se dividen en métodos cuantitativos y cualitativos. Los métodos cuantitativos (explicados en los siguientes apartados) son los más utilizados, y son los métodos basados en costes, en el mercado, en

los ingresos, y en opciones ^[19]. Por otro lado, los métodos cualitativos complementan el análisis cuantitativo al proporcionar información sobre los aspectos jurídicos, tecnológicos y estratégicos que influyen en la determinación del valor de una patente. Pese a todo ello, es importante resaltar que no existe un método de valoración óptimo; la elección de un método u otro depende de factores como el tipo de patente o la disponibilidad y la calidad de información ^[20].

Por tanto, la valoración de patentes es un papel clave en industrias como la farmacéutica o la tecnológica, ya que la innovación y la protección intelectual suele determinar la posición competitiva de las empresas. En este tipo de industrias, las patentes son mucho más que derechos legales: representan activos estratégicos que pueden proporcionar exclusividad comercial, abrir puertas a nuevos mercados, o hasta fortalecer las capacidades tecnológicas de la empresa que adquiere las patentes ^[21].

Por ello, en el siguiente apartado se explican los principales métodos de valoración de patentes más utilizados.

2. Principales métodos de valoración

Tras haber analizado la importancia de una valoración precisa en los apartados anteriores, en esta sección se explican los principales métodos para calcular el valor de las patentes. Además, se explica el papel de la teoría de juegos en las dinámicas entre las partes involucradas. Gracias a esto, se aporta una visión complementaria a los cálculos financieros estándar.

2.1. Descripción de los métodos de valoración de PI

Como se ha mencionado anteriormente, existen distintos métodos para valorar la propiedad intelectual. Estos métodos se suelen agrupar en dos categorías distintas: valoración cuantitativa o cualitativa. La valoración cuantitativa se basa en datos numéricos y medibles, con el objetivo de estimar el valor económico de los activos intangibles, y siendo los métodos tradicionales el enfocado en costes, el de mercado, el de ingreso y el de

opciones. En cambio, la valoración cualitativa analiza las características de la propiedad intelectual ^[29].

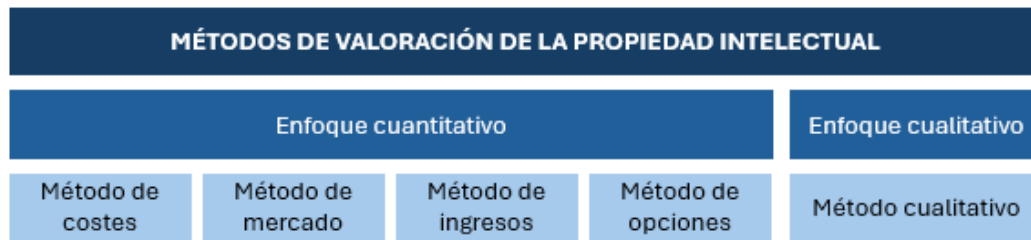


Figura 6: Métodos de valoración de la PI ^[29]

2.1.1. Método de costes

El método de costes asume que existe una relación directa entre los costes asignados al desarrollo de un activo de propiedad industrial y su valor económico. Se calcula en relación con todos los costes incurridos en su desarrollo, diseño y conservación ^[26], y considera tanto los costes directos (materiales, mano de obra...) como los de oportunidad.

Para estimar los costes se pueden aplicar distintas técnicas. Por ejemplo, el método del coste de reproducción (donde se calculan todos los costes necesarios para adquirir o desarrollar una réplica del correspondiente activo), o el método del coste de reemplazo (donde se estima el valor en función de los costes que implicaría obtener un activo con características equivalentes al original). En ambos métodos se toma como referencia los precios actuales (gastos que se requerirían en la fecha de valoración), y no los costes históricos asumidos en su momento ^[29]. Por ejemplo, si el titular de un activo de PI posee información sobre los costes en los que ha incurrido durante los últimos años, y desea estimar su valor actual, toma de base dichos costes ajustados a la inflación. Y, posteriormente, con el fin de obtener una estimación más realista, se aplica una corrección adicional por obsolescencia ^[19].

El método de costes es especialmente útil en las primeras etapas de desarrollo de la PI, pero presenta ciertas limitaciones al no considerar el valor futuro de los ingresos que puede generar a través de su explotación ^[26]. Este método resulta poco adecuado para valorar patentes en escenarios de patent cliff, ya los posibles entrantes priorizan la rentabilidad

futura frente a los costes históricos. Además, esta limitación se acentúa en el caso de la industria farmacéutica, ya que este método no logra reflejar la incertidumbre de los ensayos clínicos y el potencial comercial de los fármacos. Por ello, es de los métodos menos utilizados, y se considera un complemento para el método de ingresos (si la valoración no tiene fines contables) ^[19].

2.1.2. Método de mercado

El método de mercado consiste en determinar el valor de una patente tomando como referencia o *benchmark* el valor de otras patentes similares existentes ^[26].

Para realizar una valoración con este método, se necesita comparar la correspondiente patente con un activo de PI idéntico o, al menos, similar. En caso de que los activos no sean perfectamente comparables, se necesitan variables para controlar las diferencias. Además, se necesita la existencia de un mercado con información accesible sobre precios y condiciones de libre competencia: cuanta más información esté disponible, más precisa será la valoración, y, en consecuencia, es más probable que este método refleje con mayor fidelidad las percepciones del mercado en comparación con los demás métodos ^[19].

Este método es popular debido a su simplicidad y al uso de información basada en el mercado. Además de que es considerado la mejor opción para obtener datos de cara al método de ingresos ^[19]. Sin embargo, al igual que ocurre con el método de costes, el método de mercado también presenta una serie de desventajas. La definición de propiedad industrial es que cada tipo de activo es único, por lo que resulta difícil encontrar patentes suficientemente comparables para servir de referencia. Adicionalmente a esto, la información sobre patentes suele ser confidencial, lo que dificulta la obtención de datos reales ^[19]. Con todo ello, se concluye que el método de mercado resulta más apropiado para aquellas industrias donde existe mayor transparencia y disponibilidad de información. Por ello, no es el método óptimo para valorar patentes en la industria farmacéutica, ya que la confidencialidad y singularidad de sus activos dificulta la posibilidad de establecer un benchmark de patentes comparables.

2.1.3. Método de ingresos

El método de ingresos es el más utilizado en la valoración de propiedad industrial. Consiste en estimar el valor de la patente mediante la expectativa de los ingresos futuros que espera generar, ajustado a su valor actual (*Net Present Value*, NPV en adelante).

El procedimiento para determinar los futuros ingresos es el siguiente:

- a) Se proyecta el flujo de ingresos o ahorro de costes generado por el activo
- b) Se compensan dichos ingresos o ahorros con los costes relacionados directamente con el activo de PI: mano de obra, materiales, inversión de capital requerida ^[19]...
- c) Para llevarlo al presente y obtener el NPV se utiliza la tasa de descuento o de capitalización

Existen dos principales categorías en cuanto al método de ingresos: la capitalización directa, y el flujo de caja descontado (*Discount Cash Flow*, DCF en adelante). Ambas categorías representan distintos métodos para determinar el valor de una patente, siendo el DCF es el más habitual. En él, se proyectan los ingresos para distintos periodos de tiempo en el futuro, y se traen al presente mediante una tasa de descuento que refleje los riesgos y las expectativas del mercado ^[19].

El método DCF es un método fácil de utilizar para aquellos activos cuyos flujos de caja son positivos y pueden estimarse con cierta fiabilidad. Sin embargo, es un método que no tiene en cuenta el riesgo total de los flujos de caja, ya que únicamente tiene en cuenta el riesgo en forma de tipo de descuento determinado por el mercado. Además, asume que la inversión en el activo es irreversible, independiente de las circunstancias del mercado ^[19], y tampoco tiene en cuenta las dependencias de patentes que son propiedad de otros.

Sin embargo, a pesar de sus limitaciones, el método de ingresos suele ser la opción elegida para la valoración de patentes en distintos escenarios, ya que permite capturar con mayor realismo la expectativa de ingresos futuros.

2.1.4. Método de opciones

El método de opciones también se llama valoración de opciones reales, y, al contrario que los otros métodos, tiene en cuenta las opciones y las oportunidades de inversión. Se basa en modelos financieros de valoración de opciones como el Black-Scholes, donde se reconoce que el titular puede esperar, licenciar, vender o abandonar el desarrollo según evolucione el mercado o la tecnología ^[29]. No obstante, su aplicación resulta compleja debido a su visión dinámica y a la dificultad de modelizar escenarios realistas.

2.2. La teoría de juegos aplicada a la valoración de patentes

En la práctica, el valor final de una patente no depende únicamente de los cálculos financieros estándar. También depende de factores estratégicos que surgen en las interacciones entre jugadores. En estas situaciones, la teoría de juegos proporciona un marco matemático que permite modelar dichas interacciones entre las distintas partes, lo que permite capturar dinámicas que no se alcanzan con los modelos tradicionales.

La revisión de la literatura indica que estas interacciones no se limitan a negociaciones bilaterales. Por ejemplo, en el caso de los patent thickets, se ha demostrado que la fragmentación y la complementariedad de patentes elevan los costes de entrada y modifican los incentivos de patentamiento y dinámicas de negociación. De manera complementaria, distintos modelos muestran cómo las reglas de licenciamiento afectan al valor capturado por el titular de la patente. En el mismo sentido, se ha analizado la eficiencia de las patent pools, mostrando que los resultados varían en función de si las patentes agrupadas son complementarias o sustitutivas. Y, asimismo, el estudio de las subastas ha permitido identificar su rol en la asignación de patentes.

Toda la revisión de la literatura coincide en que el valor de la patente no es un atributo fijo. Es el resultado de un juego estratégico condicionado por el comportamiento de los jugadores. Sin embargo, también presenta una serie de limitaciones. Los modelos suelen basarse en hipótesis simples como racionalidad perfecta, información completa, o ausencia de costes legales, lo que dificulta su aplicación práctica como herramienta de

cálculo. Por tanto, es importante mencionar que el verdadero aporte de usar la teoría de juegos se basa en servir de complemento a los métodos tradicionales. De esta manera, se explica por qué el precio estimado por los métodos clásicos puede diferir de manera significativa al precio acordado de la transacción.

Dentro de la teoría de juegos, la teoría de juegos distingue entre juegos cooperativos y no cooperativos. En los juegos no cooperativos, los jugadores actúan de manera independiente: cada jugador busca maximizar su beneficio o utilidad sin comprometerse con los demás jugadores. En cambio, en los juegos cooperativos, los jugadores pueden formar coaliciones entre ellos con el objetivo de establecer estrategias que les maximice el beneficio colectivo. A su vez, los juegos pueden ser estáticos (donde cada jugador elige su estrategia al mismo tiempo que los demás), dinámicos o secuenciales (donde los jugadores se mueven en secuencia), presentar información perfecta o imperfecta...

Por otro lado, además de la clasificación en función de si son cooperativos o no, existen otros tipos de clasificaciones. Por ejemplo, suma cero vs. no suma cero (suma cero implica que la ganancia de un jugador es la pérdida del otro), simétricos vs. asimétricos (si todos los jugadores poseen las mismas estrategias o no), simultáneos vs. secuenciales (si los jugadores se mueven al mismo tiempo o no), o repetidos vs. estáticos (en función del número de veces que se repita la interacción entre jugadores).

A continuación, se revisan las principales aplicaciones y modelos de la teoría de juegos en la valoración de patentes, destacando tanto su potencial como sus limitaciones.

2.2.1. Juegos de licenciamiento de patentes

Uno de los primeros campos donde se aplicó la teoría de juegos a las patentes fue en el licenciamiento de tecnologías patentadas. En 1986, Kamien y Tauman modelaron el problema de un inventor que decide cómo licenciar una innovación de reducción de costes a un conjunto de empresas oligopolistas ^[57]. En dicho modelo, el titular de la patente actúa como jugador líder frente a las empresas seguidoras (como en el juego de Stackelberg, del

cual se hablará más adelante). Los jugadores encuentran un equilibrio único en estrategias puras.

Su modelo concluye que, bajo supuestos razonables, la estrategia óptima para maximizar el valor de una patente es cobrar un pago fijo por la licencia en lugar de un royalty porcentual. Esto beneficiaría tanto al inventor como a los consumidores de la patente ^[57]. Por tanto, este análisis indica cómo la estructura de pagos influye en el valor que el titular puede extraer de la patente. Esto implica que el valor atribuido a una patente puede variar según si se anticipa su explotación según royalties o mediante pagos fijos de licencia.

2.2.2. Juegos no cooperativos

En los juegos no cooperativos, cada jugador toma decisiones de manera independiente con el objetivo de maximizar su propio beneficio. Cada jugador considera las posibles acciones de los demás jugadores, pero actúa sin formar coaliciones ni alianzas. Aun así, las decisiones racionales de cada jugador influyen en los resultados de los otros jugadores. Esto puede generar un excedente económico: un valor adicional que no se generaría si cada jugador actuara sin tener en cuenta a los demás.

A) Equilibrio de Nash

El Equilibrio de Nash (1950) es el concepto central de los juegos no cooperativos. Nace por el intento de John Nash de formalizar matemáticamente cómo se reparte el excedente económico entre las partes en una negociación. El modelo plantea que el problema de la negociación surge cuando dos jugadores tienen la posibilidad de obtener un beneficio mutuo, pero ninguno puede, sin el acuerdo del otro, mejorar su resultado cambiando unilateralmente de estrategia. Por tanto, se propone una solución que intenta maximizar el beneficio que cada jugador espera obtener bajo ciertas suposiciones: racionalidad perfecta, información completa entre ambas partes o poder de negociación equivalente ^[35]. Bajo estas hipótesis, se demuestra que es posible determinar una distribución del excedente de una negociación, lo que permite estructurar negociaciones con base en el beneficio neto que genera la cooperación frente al desacuerdo ^[30].

Matemáticamente, se propone que la solución óptima a los problemas de negociación es aquella que maximiza el producto de las ganancias netas de cada jugador con respecto a su mejor alternativa en caso de desacuerdo. Este enfoque está apoyado en el concepto de utilidad utilizado en la teoría de juegos ^[35], e implica que el valor incremental generado por la cooperación se reparte equitativamente entre las partes ^[31].

Un ejemplo de cómo el equilibrio de Nash se puede aplicar en la industria farmacéutica es la decisión de dos compañías de invertir o no en el desarrollo de una patente para un nuevo medicamento. Cada empresa debe de considerar la estrategia de la otra: si ambas empresas invierten, los beneficios se reparten entre ellas; si solo una invierte, dicha empresa se queda con la totalidad del mercado; y, si ninguna invierte, ambas empresas pierden la oportunidad. Por tanto, el equilibrio de Nash ocurriría cuando ninguna de las empresas puede mejorar su resultado cambiando unilateralmente su decisión de inversión.

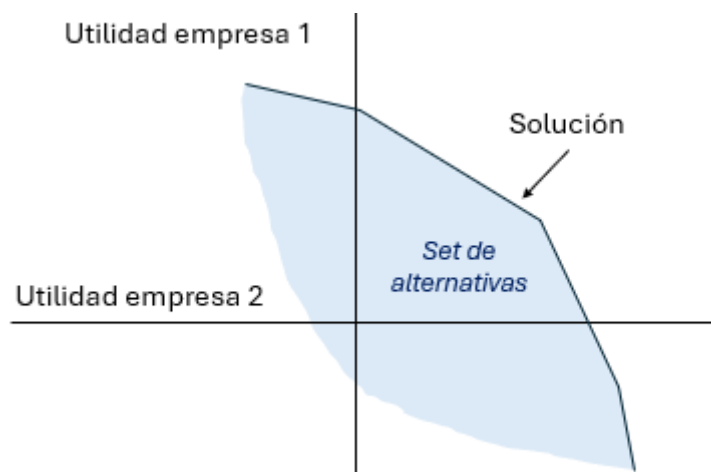


Figura 6: Equilibrio de Nash método gráfico ^[35]

Desde un punto de vista crítico, la aplicación del Equilibrio de Nash clásico en la práctica resulta limitada: ofrece un marco teórico sólido para estructurar negociaciones, pero parte de hipótesis poco realistas. En concreto, en la industria farmacéutica, la gran asimetría de información y la presencia de jugadores con poder dominante provocan que los resultados de la negociación se alejen del modelo teórico, ya que este modelo no logra capturar la complejidad estratégica de las operaciones. Por ello, más que como una herramienta para

valorar patentes, el Equilibrio de Nash clásico debe considerarse punto de referencia conceptual.

Ante estas limitaciones se utilizan variantes del Teorema de Nash, como el Equilibrio de Nash en juegos bayesianos, que permite modelar la incertidumbre sobre la información privada de cada jugador, o la solución asimétrica del problema de Nash, que ajusta el reparto del excedente según el poder relativo de negociación de cada jugador.

A. Equilibrio de Nash Bayesiano

El Equilibrio de Nash Bayesiano (BNE) fue propuesto por Harsanyi en 1967, y es una extensión del Teorema de Nash clásico a situaciones con información asimétrica.

En el Equilibrio de Nash clásico parte de la hipótesis de que todos los jugadores conocen la estructura completa del juego, la información y las estrategias de los demás jugadores. En cambio, la versión bayesiana se acerca más a la realidad: tiene en cuenta que los jugadores no conocen la información privada sobre sus rivales, por lo que deben de formular creencias probabilísticas sobre ellos. Esta información privada que cada jugador posee y que los demás desconocen se llama “*tipos*”, y puede ser cualquier característica relevante que influya en la estrategia y utilidad del jugador: desde el valor que le asigna a la patente, hasta información privada o la tolerancia al riesgo. Cada jugador utiliza creencias previas y las actualiza en función de la información disponible utilizando el Teorema de Bayes ^[32].

En este sentido, el principal aporte del BNE frente a otros métodos se encuentra en la aproximación realista que ofrece al tener en cuenta que los jugadores no tienen acceso a toda la información. Esto es útil en aquellas situaciones donde los agentes deben de estimar el valor económico de un activo, y anticipar el comportamiento de otros jugadores al no disponer de información completa. Sin embargo, la versión bayesiana también presenta una serie de limitaciones, como su incapacidad para modelar sistemas con muchos jugadores y parámetros ^[36], la complejidad en la actualización de creencias, o la existencia de múltiples equilibrios. Es por ello por lo que se concluye que el BNE aporta valor a aquellos escenarios donde predomina la incertidumbre y estrategias en función de

distintas probabilidades. Pero, en situaciones de alta complejidad o insuficientes datos, su alcance es más conceptual que operativo.

B. Equilibrio de Nash Asimétrico

Al contrario que el BNE, el Equilibrio de Nash Asimétrico se utiliza en contextos donde existe asimetría de poder, pero no necesariamente asimetría de información. Esta variante ajusta el reparto del excedente del equilibrio clásico, y lo modifica otorgando distintos pesos a cada jugador. De esta manera, el reparto del excedente deja de ser equitativo al favorecer proporcionalmente al jugador más fuerte ^[34].

Aunque la ponderación es una ventaja al permitir reflejar de manera más realista las diferencias de poder, también es una de las limitaciones más importantes que presenta este modelo. La asignación de pesos suele basarse en criterios subjetivos (influencia comercial, tamaño de la empresa, recursos legales...), lo que puede limitar la capacidad del modelo para repartir el excedente de manera objetiva. Además, aplicándolo al sector farmacéutico, este enfoque puede ampliar las brechas estructurales en los acuerdos entre grandes multinacionales y empresas pequeñas titulares de patentes.

Por tanto, se razona que, aunque el Equilibrio de Nash Asimétrico resulta útil para analizar aquellas negociaciones donde hay asimetría de poder, no es el método más adecuado para servir de soporte al valorar patentes del sector farmacéutico. Esto se debe a que su función principal es servir como herramienta analítica para entender las dinámicas de poder entre jugadores, pero no aporta una solución objetiva en la determinación del valor de una patente.

C. Equilibrio de Nash Repetido

Los equilibrios de Nash explicados previamente se aplican para juegos únicos (*one-shot games*), en los que cada jugador elige una estrategia y recibe la consecuencia de inmediato. En cambio, en los juegos repetidos cada jugador puede adaptar sus estrategias según lo sucedido en rondas anteriores. Esto permite a los jugadores aprender, castigar o recompensar en función de estrategias pasadas ^[38], lo que afecta a las estrategias y

resultados a largo plazo. El equilibrio se alcanza cuando ningún jugador tiene incentivos de desviarse de su estrategia en ninguna ronda, considerando las acciones futuras previstas.

Matemáticamente, el Equilibrio de Nash Repetido se calcula como la suma descontada de las ganancias a lo largo del juego. Cuanto mayor sea el factor de descuento, más valor se atribuye a las ganancias futuras, lo que aumenta el incentivo de mantener estrategias a largo plazo. En concreto, un factor de descuento cercano a 1 refuerza la estabilidad de las estrategias a largo plazo, mientras que valores bajos hacen que se prioricen las ganancias inmediatas ^[38]. Sin embargo, la estimación del factor de descuento puede ser compleja y subjetiva, lo cual afecta directamente en la estabilidad y la confianza del equilibrio alcanzado.

Este modelo es especialmente útil para entender los acuerdos de licencia cruzada o relaciones de licencia en curso. En ellos, el historial de cooperación y las expectativas sobre beneficios futuros condicionan las decisiones actuales ^[37]. Por tanto, este modelo refleja con mayor realismo las relaciones entre los jugadores en una transacción, ya que el historial de cooperación, confianza y sanciones futuras son variables imprescindibles para mantener acuerdos mutuamente beneficiosos. Sin embargo, las desventajas de esta variante del equilibrio clásico se encuentran en su naturaleza repetitiva. A medida que las estrategias evolucionan con el tiempo, se genera un número elevado de distintas estrategias. Esto dificulta la predicción del comportamiento de los jugadores junto con la existencia de múltiples equilibrios de Nash. Además, esta complejidad hace necesario el uso de herramientas computacionales avanzadas, lo que limita su aplicabilidad más allá de un marco conceptual y analítico.

D. Equilibrio de Nash Dinámico

El Equilibrio de Nash Dinámico y el Equilibrio de Nash Repetido presentan ciertas similitudes: ambas variantes del equilibrio clásico analizan juegos desarrollados en varias etapas, y estudian cómo las decisiones actuales dependen de estrategias pasadas o futuras. Sin embargo, la principal diferencia viene dada por la estructura temporal del juego: el juego repetido consiste en la misma interacción jugada varias veces, mientras que el

juego dinámico implica decisiones diferentes para cada etapa. Matemáticamente se define mediante el Equilibrio Perfecto en Subjuegos (*Subgame Perfect Nash Equilibrium*, SPNE), que constituye una aplicación del Teorema de Nash a cada etapa del juego ^[39].

Este método resulta especialmente relevante en el sector de las patentes, y, en concreto, en las operaciones dentro de la industria farmacéutica. Esto se debe a que la negociación y explotación de estos activos se lleva a cabo en múltiples fases, en vez de en una única fase estática. Por ejemplo, en la primera fase se negocia una valoración preliminar de la cartera de patentes como punto de partida de la operación. Posteriormente, a medida que se van obteniendo resultados clínicos adicionales, o se definen nuevos escenarios regulatorios, se revisan los términos contractuales y se ajustan las proyecciones de flujo de valor. Y, finalmente, en las etapas posteriores a la adquisición, la entrada de nuevos competidores o la expiración de las patentes obligan a redefinir estrategias de explotación de los activos adquiridos. Por tanto, mediante el Equilibrio de Nash Dinámico se podría modelar la estrategia óptima para cada etapa y las correspondientes interacciones encadenadas. Sin embargo, la complejidad de este método se encuentra en identificar correctamente los subjuegos dentro del juego original, junto con la compleja resolución de aquellos juegos con elevado número de nodos de decisión ^[39].

En consecuencia, pese a que el Equilibrio de Nash Dinámico resulta útil para valorar patentes en distintas operaciones económicas, en la práctica se requiere una simplificación y adaptación del marco teórico. Como se ha mencionado, modelar los subjuegos puede ser complicado en contextos con múltiples jugadores, información incompleta y alta incertidumbre. Por lo que, se concluye que su principal valor reside en servir como herramienta para estructurar y apoyar la toma de decisiones estratégicas a lo largo del tiempo, más que en la obtención de soluciones matemáticas exactas.

E. Equilibrio de Nash en estrategias mixtas

En los juegos de estrategias mixtas, los jugadores eligen de manera aleatoria entre varias estrategias posibles según una distribución de posibilidades, en lugar de optar por una estrategia fija. Esto permite a los jugadores modelar la incertidumbre estratégica (es decir,

la imprevisibilidad del comportamiento de los demás jugadores) para tomar decisiones más informadas ^[43]. Por ello, el equilibrio es un conjunto de estrategias mixtas, una para cada jugador, tal que ningún jugador puede mejorar su ganancia esperada cambiando su estrategia mixta, suponiendo que todos los demás jugadores mantienen sus estrategias sin cambios ^[43]. Por ejemplo, dos empresas deciden aleatoriamente entre pujar fuerte o suave por una patente, buscando maximizar la ganancia esperada según la probabilidad de elección de la otra.

La principal diferencia con el Equilibrio de Nash Bayesiano se basa en la fuente de la incertidumbre que se modela. El bayesiano se centra en modelar la información privada de los jugadores (*qué sabe cada jugador*), mientras que las estrategias mixtas se centran en modelar la incertidumbre de las decisiones estratégicas bajo la hipótesis de información completa (*qué va a hacer cada jugador, sabiendo toda su información privada*).

Las limitaciones correspondientes a este modelo son similares a las limitaciones del modelo bayesiano. Es cierto que, al introducir la incertidumbre, se amplía el alcance y el realismo del modelo clásico. No obstante, la hipótesis de que los jugadores eligen acciones siguiendo probabilidades exactas puede resultar abstracto. En la realidad, las empresas suelen basar sus decisiones en criterios como análisis de mercado o restricciones regulatorias, más que en procesos aleatorios y probabilísticos. Por ello, se considera un método útil para analizar la posibilidad de respuestas imprevisibles, lo que obliga a los jugadores a contemplar la posibilidad de distintos escenarios no contemplados.

F. Juegos de señalización

El juego de señalización es un juego dinámico, secuencial y bayesiano que se usa cuando existe asimetría de información entre los jugadores. Cuenta con dos jugadores, el emisor (jugador 1) y el receptor (jugador 2). El jugador 1 posee información privada, y es el primero en actuar, el jugador 2 le observa y actúa en segundo lugar y, posteriormente, se generan las ganancias ^[40]. Cuando el jugador 2 actúa antes que el 1, se llama juego de bloqueo (*screening game*). A diferencia de los demás juegos previamente explicados donde los jugadores realizan acciones directas, los juegos de señalización se basan en comunicación

indirecta donde la acción elegida el mensaje en sí. En estos casos, las señales mandadas suelen incurrir un coste con el objetivo de evitar señales deshonestas ^[41].

En el contexto de valoración de patentes donde su valor real no es completamente público, este tipo de juegos se utiliza para explicar cómo el titular transmite a posibles compradores información sobre el valor de la patente. Por ejemplo, el titular (emisor) conoce las características reales de la patente, mientras que el comprador (receptor) debe de interpretar las señales que recibe (historial de licencias, inversión en I+D, si pertenece a un portafolio...) para poder estimar correctamente su valor.

Al igual que los otros métodos, este tipo de juego presenta limitaciones: las señales pueden ser ambiguas o que no reflejen la realidad, lo que puede llevar a una interpretación errónea de la señal. Además, el valor de una patente puede cambiar rápidamente con el tiempo, por lo que una señal enviada en el pasado puede perder relevancia en el presente, lo que complica el uso de este tipo de juegos a largo plazo. En consecuencia, se considera un método útil cuando la franja temporal considerada es a corto plazo.

G. Juegos de subastas no cooperativas

La teoría de las subastas es una rama de la teoría de juegos que estudia el diseño de las subastas para asignar recursos de manera eficiente. Fue originalmente propuesto por Katz y Shapiro en 1985, donde estudiaron distintos escenarios en los que los derechos de una tecnología se adjudicaban al mejor postor ^[57].

En el caso de las subastas no cooperativas de patentes, los participantes (compradores potenciales) compiten individualmente sin cooperación para adquirir derechos sobre patentes. Los postores poseen información privada sobre la valorización que asignan a cada patente, mientras que el titular busca maximizar sus ingresos a través de la subasta.

Este tipo de teoría de juegos ayuda a entender cómo los postores se comportan de manera estratégica, considerando las acciones de los demás postores, y cómo el diseño de la subasta puede influir en el valor que captura el titular de la patente. Asimismo, varios estudios señalan que las subastas pueden aumentar la disposición a pagar por licencias de

patentes, ya que generan mayor competencia entre los potenciales licenciataria. Y, en algunos casos, el titular de la patente puede obtener un excedente mayor mediante una subasta que mediante un contrato tradicional ^[42].

H. Juego de Stackelberg

El juego de Stackelberg es un modelo de teoría de juegos no cooperativa secuencial que divide a los jugadores en dos grupos: los líderes toman la primera decisión con el objetivo de maximizar sus ganancias, y los seguidores observan esa acción y responden optimizando sus estrategias en función a lo elegido por el líder. Este juego de dos etapas se resuelve por lo general mediante inducción hacia atrás, para encontrar un equilibrio de Nash en el juego secuencial ^[50].

Este tipo de juego es útil para analizar situaciones donde existe una clara jerarquía o ventaja de información entre jugadores, como es habitual en mercados con empresas que poseen patentes que definen el curso de las invenciones. En la valoración de patentes, el juego de Stackelberg permite modelar escenarios donde una empresa líder decide cómo explotar o proteger su cartera de patentes, anticipando la reacción de los demás jugadores. Esto facilita entender la dinámica de negociaciones y competencia secuencial, y es especialmente útil para identificar las posiciones de liderazgo y seguimiento en mercados con licenciamiento de patentes ^[51].

Sin embargo, entre las limitaciones que presenta está la jerarquía fija, la cual no refleja escenarios donde múltiples agentes actúan simultáneamente. Además, en la práctica no siempre se da la suposición de racionalidad perfecta que establece que todos los jugadores actúan siempre optimizando racionalmente sus estrategias. Por otro lado, es un modelo de una sola ronda, lo que limita su aplicación en mercados dinámicos o con interacciones repetidas. Todo ello hace que sea un modelo óptimo para analizar escenarios con jerarquías definidas y baja complejidad.

2.2.3. Juegos cooperativos

En los juegos cooperativos, es importante familiarizarse con el concepto del núcleo. El núcleo hace referencia al conjunto de posibles distribuciones de beneficios en las que ninguna coalición de jugadores puede obtener mayor ganancia actuando de forma independiente respecto al reparto propuesto.

Cuando el núcleo no está vacío, significa que existen distribuciones estables tal que la coalición puede mantenerse unida. En cambio, un núcleo vacío indica que no existe una distribución de beneficios que satisfaga simultáneamente a todos los jugadores, lo que genera incentivos para la fragmentación de la cooperación y la formación de alianzas alternativas.

La revisión de la literatura sobre juegos de licencias muestra que, en la mayoría de los casos, prácticamente ningún reparto de beneficios resulta estable en un juego de licenciamiento de patentes estándar, salvo que todos los actores formen una gran coalición ^[58]. Esto dificulta la distribución estable del valor de la patente entre múltiples empresas. La razón es que una patente valiosa atrae a muchos licenciatarios potenciales, pero casi cualquier acuerdo es inestable, ya que alguno siempre querrá desviarse para negociar mejor. Para abordar este problema, surgen diversas soluciones, como el nucleolus que busca minimizar la insatisfacción máxima, o métodos de reparto como el valor de Shapley o el de Banzhaf.

I. Valor de Shapley

El valor de Shapley determina la contribución equitativa de cada jugador en un juego cooperativo. Para ello, asigna a cada jugador la media de todas sus contribuciones marginales a todas las combinaciones posibles de coaliciones. De este modo, permite estimar la contribución efectiva de cada jugador al resultado colectivo en función de todas las alianzas potenciales ^[36].

Esta lógica se observa en la práctica. Por ejemplo, en el caso de la industria farmacéutica, el valor de Shapley resulta útil en escenarios de valoración de patentes donde varias

compañías poseen derechos complementarios necesarios para desarrollar un nuevo medicamento. Ninguna empresa por sí sola podría complementar el proceso de I+D, por lo que la cooperación es un requisito indispensable. En este caso, el valor de Shapley permite obtener la aportación de cada una de las empresas.

Este método resulta adecuado cuando el número de jugadores es reducido, ya que, cuando el número de jugadores es elevado, se vuelve complicado de calcular al considerar todas las posibles combinaciones de coaliciones. Además, su aplicación requiere conocer con precisión el valor que genera cada coalición posible, lo cual puede resultar complejo en aquellos sectores dinámicos o con información dispersa en varios agentes. Asimismo, la suposición de cooperación total entre las partes puede no asemejarse a la realidad de muchos procesos de negociación en operaciones económicas. Por todo ello, aunque el valor de Shapley proporciona una distribución matemáticamente justa, todas estas limitaciones limitan su uso en la práctica.

J. Valor de Banzhaf

El índice de poder de Banzhaf fue inicialmente propuesto por Penrose, Banzhaf y Coleman, y su objetivo principal era evaluar la influencia de un jugador en juegos donde cada jugador únicamente podía adoptar la postura de “a favor” o “en contra”. Posteriormente, Owen lo adaptó a la teoría de juegos cooperativos y surgió el valor de Banzhaf, que mide la capacidad de un jugador para modificar el resultado de una coalición, reflejando la contribución potencial de cada jugador al beneficio colectivo ^[46].

En el ámbito de la valoración de patentes, este valor se puede emplear para identificar el peso estratégico de cada titular de patente en un consorcio: si una patente es un elemento imprescindible en muchas combinaciones tecnológicas que permiten producir un bien, el poseedor de dicha patente presentará un elevado valor de Banzhaf.

Es importante mencionar que es un método que se vuelve complejo a medida que el número de jugadores aumenta, ya que necesita enumerar todas las coaliciones posibles y calcular las veces que cada participante resulta crítico para el éxito de una coalición.

Además, no necesariamente asigna los beneficios de manera eficiente, lo que puede dar lugar a distribuciones que no reflejan de manera adecuada la aportación real desde un punto de vista económico. Por todo ello, suele recomendarse el empleo complementario con otros métodos, cuando el número de jugadores es reducido.

K. Nucleolus

El nucleolus es un tipo de solución en la teoría de juegos cooperativos que busca asignar los beneficios totales de un juego cooperativo de manera justa y estable. Su objetivo es minimizar la insatisfacción máxima de las coaliciones, siendo la insatisfacción la diferencia entre lo que la coalición podría obtener trabajando de manera independiente y lo que realmente recibe al actuar de manera conjunta ^[44].

En el ámbito de la valoración de patentes es común que distintas empresas posean tecnologías complementarias que de manera individual no permiten desarrollar una innovación completa. En cambio, al colaborar, pueden generar un valor mayor que la suma de los valores individuales. Este tipo de acuerdos se llaman coaliciones de poseedores de patentes, y su éxito depende en gran parte de que la distribución de los beneficios resultantes sea percibida como justa por todos los participantes. Esto se debe a que, si un jugador considera que su compensación es baja, podría buscar acuerdos con otros jugadores, lo que reduciría la eficacia de la coalición original. El nucleolus ofrece una solución a este problema al minimizar la máxima insatisfacción dentro de los jugadores de la coalición, al buscar que ningún jugador tenga un incentivo fuerte para abandonar el acuerdo.

Adicionalmente, es considerado un método más robusto que el valor de Shapley al orientar la distribución hacia la minimización de las insatisfacciones extremas ^[45], pese a presentar una serie de limitaciones como la complejidad de su cálculo. Por otro lado, a pesar de ser considerado un método robusto, el nucleolus supone que todas las partes comparten información veraz y cooperan de buena fe, lo cual no siempre se cumple en la práctica. Por tanto, es un método apropiado en aquellos casos con cooperación factible y transparencia informativa.

L. Juegos de red y valor de Myerson

En la teoría clásica de juegos cooperativos se asume que no existen restricciones a las posibilidades de cooperación entre los jugadores. Es decir, cualquier coalición de jugadores puede generar valor. Sin embargo, en la práctica, la formación de coaliciones está limitada por algún tipo de restricción^[47]. Para reflejar estos casos, numerosos autores han propuesto distintas soluciones que acercan la teoría de juegos cooperativos a contextos más realistas, destacando los juegos de red.

Los juegos de red estudian cómo interactúan los distintos jugadores (nodos) en una red, donde las decisiones de cada uno de ellos afectan a los demás. La estructura de la red limita qué coaliciones pueden formarse, y cómo se pueden repartir los beneficios. Matemáticamente se calcula mediante el valor de Myerson, el cual es una extensión del valor de Shapley aplicado a juegos de red y calcula la contribución y valor de cada titular considerando las coaliciones factibles por la estructura de red^[47].

En el contexto de la valoración de patentes, se puede representar como una red con distintos nodos las licencias cruzadas, colaboraciones o dependencias. Gracias a esta representación, se evalúa de forma más realista el aporte estratégico ya que únicamente las coaliciones dentro de la red pueden generar valor.

A pesar de sus ventajas para modelar una cooperación realista, y al igual que los métodos anteriores, los juegos de red y el valor de Myerson también presentan una serie de limitaciones. Por ejemplo, se asume que las conexiones son simétricas, lo cual no refleja las relaciones asimétricas entre titulares de patentes. Por otro lado, el valor de Myerson depende de que la red esté bien conectada, perdiendo eficiencia en aquellos casos de redes fragmentadas. La complejidad del método también aumenta para casos de redes muy complejas, lo que limita su aplicación en casos reales.

Por tanto, se concluye que es un método adecuado cuando la red formada es estructurada y sencilla de resolver.

2.2.4. Cross-licensing

Cross-licensing hace referencia a los acuerdos de licencias cruzadas. En ellos, dos o más empresas acuerdan concederse mutuamente licencias de sus respectivas patentes. Esto suele ocurrir en situaciones donde cada compañía posee patentes que la otra necesita.

Desde la teoría de juegos, un acuerdo de cross-licensing puede entenderse como la solución cooperativa a un dilema de bloqueo mutuo. En vez de quedarse en un equilibrio de Nash subóptimo donde ambos jugadores se bloquean, las empresas negocian para compartir sus patentes, lo que puede aumentar el valor de las patentes al ampliar la libertad de operación de las partes. Además, diversos autores han notado que acumular grandes carteras de patentes puede servir para forzar a los otros jugadores a la negociación y alcanzar equilibrios cooperativos en lugar de guerras de patentes ^[53]. En estos casos, el poder de negociación dependerá del tamaño y relevancia de cada cartera de patentes que cada jugador aporta al acuerdo.

No obstante, la literatura también señala sus limitaciones. En primer lugar, algunos estudios sugieren que el cross-licensing puede reducir los incentivos al innovar. Esto se debe a que las empresas internalizan parcialmente la competencia, y pueden optar por estrategias menos agresivas en I+D ^[60]. En segundo lugar, la cooperación puede causar dinámicas anticompetitivas si las licencias se usan como elemento de fijación de precios o exclusión de terceros ^[61].

En conclusión, aunque la cooperación estratégica mediante licencias cruzadas es una forma de capturar valor compartido y reducir la ineficiencia derivada de litigios, su éxito dependerá del equilibrio entre los beneficios de ampliar la libertad de la operación y los riesgos de reducir la competencia o desincentivar la innovación. Este tipo de acuerdos puede incrementar el valor percibido de una cartera, ya que facilitan la explotación de la tecnología post-adquisición. Sin embargo, también pueden limitar la autonomía estratégica del comprador, ya que puede quedar condicionado por compromisos previos de licenciamiento cruzado.

2.2.5. Pool de patentes

Un pool de patentes es un acuerdo mediante el cual varias empresas o instituciones agregan patentes en un conjunto común, y las licencian como “*paquete*” a terceros. Este acuerdo busca reducir costes de transacción y facilitar la difusión tecnológica.

Un modelo de teoría de juegos sobre la eficiencia de los pools de patentes concluye que pueden ser beneficiosos si agrupan patentes complementarias, ya que simplifica el acceso a la tecnología y reduce litigios. Sin embargo, pueden ser perjudiciales si reúne patentes sustitutivas ^[62] al actuar como restricción a la competencia.

Para evitar estos riesgos, los autores propusieron la obligación de licenciamiento independiente, que obliga a los miembros del pool a ofrecer también sus patentes de manera individual fuera del pool ^[62]. De esta manera, se impide que el pool cobre precios excesivos aprovechando el poder del monopolio conjunto, ya que los jugadores tendrían la alternativa de negociar de manera individual con otro jugador en caso de que el paquete fuese muy caro. Esta regla fuerza a que el equilibrio del pool no empeore el bienestar de cada jugador con respecto a la competencia.

En cuanto a la valoración de patentes, la existencia de un pool puede incrementar el valor de aquellas patentes consideradas esenciales dentro del paquete, ya que proporciona una vía más predecible y sencilla de monetización. Sin embargo, también puede limitar el valor de otras patentes, ya que la fijación de tarifas homogéneas diluye la capacidad de una patente individual valiosa para capturar todo su potencial ^[63]. A través de métodos como el valor de Shapley o el nucleolus, se puede estimar la contribución marginal de cada patente al pool, y, por tanto, la compensación correspondiente de cada titular. Esto significa que el valor de una cartera integrada en un pool no puede evaluarse de forma aislada. Debe analizarse su peso relativo dentro del pool junto con las reglas contractuales que establecen la distribución de beneficios.

2.2.6. Patent Thickets

Originalmente, los patent thickets fueron definidos como redes de derechos de PI superpuestos que una empresa debe de atravesar para poder comercializar una nueva tecnología. Posteriormente, se ha ido refinando esta definición y desarrollando diferentes modelos para medir su repercusión en diferentes industrias tecnológicas ^[52].

Se define como tecnología compleja aquella donde cada oportunidad tecnológica reside en múltiples patentes. Por otro lado, se define como tecnología discreta aquella donde cada oportunidad reside en una única patente. La evidencia empírica muestra que los thickets surgen especialmente en tecnologías complejas, en contraste con las tecnologías discretas ^[52]. Esto es muy frecuente en la industria farmacéutica, donde un medicamento puede estar protegido por diferentes patentes que protejan el principio activo, formulaciones o procesos de manufactura entre otros.

El análisis económico de los patent thickets se basa en modelos de teoría de juegos. Esto se debe a que la fragmentación de los derechos de PI en tecnologías complejas genera incentivos estratégicos que no pueden capturarse mediante modelos de negociación simples. La literatura señala que, en este tipo de situaciones, las empresas se ven incentivadas a patentar de manera masiva para protegerse de la competencia ^[53]. Por tanto, su modelo teórico predice un equilibrio de Nash simétrico, donde todas las empresas optan por patentar simultáneamente, creando el thicket como resultado no coordinado de estrategias individuales racionales.

No obstante, la literatura muestra diversas limitaciones a tener en cuenta a la hora de valorar patentes. En primer lugar, se ha documentado que más de 100 trabajos definen los patent thickets sin consenso conceptual, usando combinaciones distintas de problemas económicos ^[54]. Esta inconsistencia a la hora de definir el concepto limita la comparabilidad de estudios. En segundo lugar, los modelos teóricos asumen racionalidad perfecta y coordinación instantánea entre las empresas. Sin embargo, la realidad se aleja de esta hipótesis al introducir la incertidumbre existente en distintas operaciones, por ejemplo. Y, en tercer y último lugar, varios estudios muestran que los thickets no son universalmente

perjudiciales. Por ejemplo, se encuentra evidencia de patent thickets solo en 9 de 30 áreas estudiadas ^[55]. Además, mientras los thickets reducen la entrada de nuevos titulares de patentes, las tecnologías complejas que poseen mayor oportunidad tecnológica continúan atrayendo entrada de competidores ^[56]. Por tanto, se sugiere que los efectos negativos pueden depender del contexto específico.

Esto implica que una cartera dentro de un patent thicket puede verse infravalorada si se perciben riesgos de litigio o bloqueo. En cambio, puede verse sobrevalorada si permite desbloquear distintas rutas cerradas para competidores.

2.2.7. Juegos biformes

Los juegos biformes hacen referencia a un modelo híbrido entre juegos cooperativos y no cooperativos de dos etapas: la primera etapa es no cooperativa y la segunda es cooperativa. El proceso sería el siguiente: cada jugador elige un movimiento estratégico en la primera etapa, las cuales definen la función característica del juego cooperativo de la segunda etapa. El juego cooperativo se resuelve usando alguno de los métodos explicados previamente, y los valores se utilizan como pagos en el juego no cooperativo de la primera etapa ^[48], que se podría analizar usando alguna de las variantes del equilibrio de Nash, por ejemplo.

Este modelo híbrido resulta útil para analizar escenarios donde la interacción estratégica inicial condiciona la formación posterior de coaliciones. Además, este tipo de juegos presenta la ventaja de que permiten analizar resultados eficientes e ineficientes, a diferencia de los juegos cooperativos que presuponen eficiencia. Sin embargo, su implementación puede verse limitada en situaciones con incertidumbre, lo cual es habitual en negociaciones de valoración de patentes. Por otro lado, la eficiencia de los resultados depende de que se cumplan las condiciones de suma total, sin externalidades y sin coordinación.

La literatura sobre juegos biformes presenta modelos aplicados a la estrategia de despliegue de patentes por parte de una empresa innovadora. Estos análisis muestran bajo

qué circunstancias una empresa prefiere aprovechar la patente de forma exclusiva, a cambio de licenciarla a competidores para obtener beneficios en el mercado. Los resultados muestran que la elección depende de factores como las características de la innovación, el poder de negociación, o las condiciones del mercado ^[59]. Por ejemplo, si la innovación presenta una gran ventaja competitiva y el titular tiene poder de mercado, tenderá al uso exclusivo de la patente. En cambio, frente a altos costes de producción o capacidad limitada para explotar la patente, quizás es más valioso colaborar con rivales. Gracias a este enfoque, se consigue proporcionar un marco más cercano a la realidad al reflejar que las empresas suelen combinar estrategias competitivas y cooperativas. Por ejemplo, lejos de la industria farmacéutica, pero interesante igual, es el caso de Apple y Samsung. Ambas empresas protegen ciertas tecnologías, a la vez que cruzan licencias en otras áreas para compartir beneficios ^[59].

En conclusión, y por todo lo mencionado previamente, se considera que es un método que proporciona una visión completa y flexible para la dinámica negociadora de las operaciones de la industria farmacéutica, pero limitado a ciertas situaciones que cumplan las restricciones previamente mencionadas.

2.2.8. Juegos evolutivos

Los juegos evolutivos son aquellos que modelan la dinámica de estrategias donde numerosos jugadores interactúan de forma continua. A diferencia de los juegos dinámicos donde los jugadores racionales toman decisiones secuenciales planificando sus movimientos y aprendiendo de los eventos pasados para anticipar el futuro, en los juegos evolutivos no se asume plena racionalidad. Es decir, las estrategias con mejores resultados tienden a replicarse y a extenderse.

Este enfoque permite comprender cómo las estrategias de explotación y defensa de patentes se adaptan y evolucionan en mercados dinámicos y competitivos. En particular, en los mercados de PI las decisiones estratégicas de empresas y gobiernos interactúan y se adaptan continuamente. Gracias a los juegos evolutivos, se identifican estrategias evolutivamente estables y se evalúa cómo los cambios en el entorno modifican el valor

esperado de las patentes ^[49]. Sin embargo, existe una serie de limitaciones asociadas a la incorporación de las variables que afectan a las estrategias a largo plazo. Pese a que es un método adecuado para analizar estrategias a lo largo del tiempo, en la práctica, su aplicación en la valoración de patentes se ve limitada por la complejidad de modelar entornos cambiantes. Por tanto, se concluye que ofrecen más valor como herramientas para anticipar tendencias que como instrumento de cálculo exacto.

3. Valor estratégico y dificultades en la valoración

3.1. Valor estratégico de la valoración de patentes

Una valoración precisa puede influir en las decisiones estratégicas relacionadas con la explotación de la patente. Por ejemplo, si la valoración indica que la cartera de patentes posee un alto valor económico, el titular de la patente podrá justificar estrategias orientadas a la protección, explotación, o cesión en condiciones económicamente favorables. Por el contrario, si las patentes se infravaloran, esto puede traducirse en una menor capacidad del titular para proteger el mercado en el que opera.

Por este motivo, los distintos jugadores utilizan el resultado de la valoración como base para la toma de decisiones y definición de estrategias. Además, el análisis de la calidad y del potencial de las patentes permite identificar riesgos y oportunidades asociados a su uso futuro, así como posibles limitaciones derivadas de su protección jurídica ^[22].

Así, una valoración correcta contribuye a una toma de decisiones más eficiente, además de que refuerza la credibilidad del activo desde un punto de vista económico y estratégico. De esta manera se facilita una gestión y explotación adecuada.

Sin embargo, más allá de los factores técnicos o financieros que influyen en la valoración de una patente, también existen factores estratégicos y contextuales que pueden modificar el valor atribuible a una patente. Por ejemplo, la presión negociadora entre las partes, las asimetrías de información, o el uso oportunista de los derechos de propiedad intelectual. Esto se observa especialmente en la industria farmacéutica, donde las patentes son activos

esenciales para mantener ventajas competitivas. Y esta es la razón de incorporar la teoría de juegos como método complementario a los métodos tradicionales de valoración.

3.2. Principales dificultades en la valoración de patentes

Sin embargo, adicionalmente a lo previamente explicado, existen una serie de retos y dificultades que complican la correcta valoración de la propiedad industrial. Dichos retos están derivados principalmente por la naturaleza intangible y única de cada activo. Su valor depende de sus características técnicas, del potencial del mercado, los avances tecnológicos, y su solidez jurídica. Por ejemplo, las patentes sobre avances tecnológicos o soluciones a problemas existentes suelen tener un mayor valor al aportar un diferencial competitivo. Del mismo modo, su valor también viene determinado por el tamaño del mercado al que se dirige y su potencial de crecimiento: una patente será más valiosa cuanto mayor sea la demanda esperada o mayor sea el margen de expansión en ese sector ^[23].

Por otro lado, las patentes suelen actuar como fuente de ingresos para los propietarios, pero estos no son estables y pueden verse afectados por la competencia o por los cambios tecnológicos. Además, la valoración es subjetiva: existen diferentes técnicas que no tienen por qué dar los mismos resultados al incurrir en comportamientos especulativos y asunciones ^[23]. Y, por otro lado, la valuación de las patentes incluye proyecciones financieras que son inciertas, junto con la dificultad de encontrar datos relevantes para comparar en el mercado. Todo esto hace que valorar una patente de forma objetiva y precisa sea un proceso complicado e incierto, lo que exige adaptar el análisis a cada caso específico.

4. Conclusiones Capítulo 3

El objetivo del capítulo ha sido responder cómo se cuantifica un activo intangible como la patente, y cómo se determina su valor en escenarios donde la negociación es un elemento clave. Para ello, se ha realizado una revisión de la literatura sobre los distintos métodos de valoración de patentes y sobre la teoría de juegos, la cual complementa los métodos tradicionales al ayudar a cuantificar las interacciones entre los distintos jugadores.

De la revisión de la literatura se concluye que no existe un modelo de teoría de juegos universalmente óptimo. La elección depende del tipo de activo, de los actores implicados, de la información disponible y de la dinámica del juego. No obstante, en el contexto de las operaciones de la industria farmacéutica, los modelos que presentan información incompleta y asimetría resultan más representativos de la realidad. Por ello, se considera que el modelo que más se aproxima a la realidad es el Equilibrio de Nash Bayesiano. Esto se debe a que refleja la incertidumbre sobre las valoraciones privadas y las creencias probabilísticas de las partes de una negociación.

Desde un punto de vista crítico, se considera importante señalar que la aplicación de estos modelos presenta numerosas limitaciones. Muchos se basan sobre hipótesis simplificadoras que reducen su aplicabilidad directa. Por ello, y como se ha ido mencionando a lo largo del capítulo, la teoría de juegos debe de entenderse como un apoyo que ayuda a explicar la diferencia entre el valor estimado por métodos clásicos y el valor final de la transacción.

En consecuencia, se selecciona el Equilibrio de Nash Bayesiano como modelo de referencia para formular y desarrollar un modelo matemático, para posteriormente aplicarlo a un caso real.

Capítulo 4: Modelo Nash-Bayes en patent cliff

En el capítulo anterior se revisaron los principales métodos de valoración de patentes. Se destacó que, aunque aportan estimaciones útiles, sus resultados teóricos suelen ser distintos a los observados en la práctica. Esto se debe a que los modelos tradicionales no logran capturar la dimensión estratégica de la negociación de las partes implicadas. Por ello, la teoría de juegos se presenta como complemento necesario en la valoración de patentes, ya que permite modelizar aquellas interacciones en las que las decisiones de cada jugador dependen de las acciones y creencias de los demás.

En la industria farmacéutica, la expiración de patentes y la entrada de nuevos competidores genéricos son ejemplos de este tipo de dinámicas estratégicas. Ante estas situaciones, el titular de la patente debe decidir si da licencias, litiga para defender su monopolio, o acepta la entrada de nuevos competidores. En cambio, los entrantes deben de valorar si entran en el mercado directamente, negocian un acuerdo de entrada, o retrasan su decisión. En este caso, el modelo de Nash-Bayes es adecuado para modelar estas situaciones, ya que incorpora información incompleta y las creencias probabilísticas sobre el comportamiento de los demás jugadores.

Por todo ello, en este capítulo se desarrolla un modelo bayesiano de negociación que permite representar distintos escenarios estratégicos. A lo largo del capítulo se definen los jugadores y sus roles, los parámetros relevantes, se formalizan las funciones de pago, y se derivan las condiciones de equilibrio. Finalmente, se presentan las condiciones de equilibrio y el concepto de valor estratégico de la patente. Todo ello será la base para la aplicación práctica en el capítulo siguiente.

1. Definición del modelo

El juego bayesiano se caracteriza porque cada jugador conoce su propio tipo, pero desconoce el de los demás. Por ello, debe de formular creencias probabilísticas sobre las características privadas del resto, y actuar en base a ellas.

Según la revisión de la literatura ^[33], un juego bayesiano se define por:

- Un conjunto de jugadores: I
- Un conjunto de acciones o estrategias S_i para cada jugador i
- Un conjunto de tipos θ_i para cada jugador i , que representan la información privada de cada jugador
- Una función de pagos para cada jugador i : $u(s_1, \dots, s_I; \theta_1, \dots, \theta_I)$
- Una probabilidad conjunta sobre los tipos $p(\theta_1, \dots, \theta_I)$, que describe todas las combinaciones posibles de tipos para todos los jugadores, y es conocimiento común

La mejor estrategia de cada jugador depende de su tipo y de sus creencias sobre los tipos de los demás. Estas creencias se actualizan mediante el teorema de Bayes, a partir de la información disponible y de las acciones observadas durante el juego.

1.1. Jugadores y roles

En un juego bayesiano aplicado a patentes farmacéuticas se consideran dos tipos de jugadores principales ^[33]:

Incumbente (I): es el titular de la patente. Su objetivo es mantener el mayor valor posible de su monopolio, mediante estrategias como la concesión de licencias, demandas judiciales (litigios) o aceptar la entrada de competidores. Su tipo puede caracterizarse por la fortaleza real de la patente, su disposición al riesgo, o sus recursos financieros y legales.

Entrante (E): es aquel competidor potencial que está valorando entrar en el mercado. Puede hacerlo de inmediato tras la expiración de la patente, retrasar su entrada para observar cómo actúa el titular, o aceptar un acuerdo de licencia para operar legalmente. Su tipo suele reflejar factores como su capacidad financiera, su tolerancia al riesgo de litigio, o su acceso a tecnologías alternativas.

En la industria farmacéutica, el incumbente (I) corresponde al titular del medicamento original. Por otro lado, los entrantes (E) serían aquellos jugadores dispuestos a comercializar versiones genéricas una vez vencida la patente. Estos entrantes pueden elegir imitar el principio activo y asumir el riesgo de litigio, mientras que otros pueden optar

por innovar con formulaciones alternativas que les permita diferenciarse del producto original.

1.2. Información y tipos

El elemento clave de información privada en este modelo es la **fortaleza de la patente**. Esto hace referencia a la capacidad efectiva de la patente de resistir intentos de invalidez en procesos judiciales. Este elemento viene representado por un tipo θ ^[33]:

$$\theta \in \{S, W\} \quad [1]$$

S hace referencia a una patente fuerte (alta probabilidad de éxito en litigio para el titular), mientras que W hace referencia a una patente débil (baja probabilidad de éxito en litigio para el titular).

El incumbente conoce su propio tipo θ . Es decir, sabe si su patente es fuerte o vulnerable. En cambio, el entrante no dispone de dicha información, por lo que debe basar sus decisiones en creencias probabilísticas ^[33]:

$$\mu = \Pr(\theta = S) \quad [2]$$

Esta fórmula representa la probabilidad que el entrante atribuye a que la patente sea fuerte. Es su creencia previa, antes de observar ninguna acción del incumbente. Esta creencia se puede actualizar mediante el teorema de Bayes, en función de las decisiones y señales del titular de la patente.

Indicadores de fortaleza de una patente

Los Informes Sobre el Estado de la Técnica (IET) y los Search Reports (SR) son los instrumentos principales para evaluar la solidez de una patente. Estos informes son desarrollados por las oficinas nacionales de PI (OEMP, EPO, WIPO), y su objetivo es identificar documentos del estado de la técnica que puedan afectar la novedad, aplicabilidad o actividad inventiva de la invención reclamada ^[68].

Cada documento citado en estos informes viene acompañado por una categoría de relevancia, representada por una letra o código, en función de las directrices del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT). Estas categorías reflejan el grado de relación del documento con la invención reivindicada. Y, por ello, constituyen la base técnica para evaluar la fortaleza de una patente ^[69].

Las categorías más determinantes para la valoración de la fortaleza de una patente son la “X” y la “Y”, ya que señalan la posible falta de actividad inventiva.

Código	Descripción	Interpretación en el modelo
X	La invención reivindicada no puede considerarse novedosa cuando el documento se analiza por sí solo	Alta vulnerabilidad; indicio de patente débil
Y	La invención reivindicada no puede considerarse actividad inventiva cuando el documento se combina con uno o más documentos	Riesgo de falta de actividad inventiva

Tabla 1: Códigos categorías (fuente: [69] y elaboración propia)

Por lo tanto, la presencia de la categoría “X” o “Y” en el informe de búsqueda constituye el principal indicador de que una patente sea débil ($\theta = W$). Del mismo modo, la ausencia de dichas categorías se asocia a una patente fuerte ($\theta = S$).

1.3. Acciones posibles

En un juego bayesiano de negociación sobre patentes, los jugadores disponen de un conjunto limitado de acciones que pueden elegir en función de la información que poseen y de sus creencias sobre los demás jugadores.

1.3.1. Acciones del incumbente

El titular de la patente dispone de 3 posibles estrategias.

En primer lugar, puede ofrecer un contrato de licencia. Es decir, el titular puede proponer al entrante un acuerdo mediante el cual el entrante obtiene el derecho a comercializar el medicamento genérico a cambio de una compensación económica. Esta licencia puede ser un canon fijo o un royalty sobre ventas, o una combinación de ambas. De esta manera, el incumbente mantiene cierto control sobre el mercado y obtiene ingresos sin necesidad de acudir a litigio.

En segundo lugar, si el entrante infringe la patente, el titular puede demandarle judicialmente por infracción de esta. El resultado del litigio dependerá de la fortaleza de la patente: si el incumbente gana, mantiene su monopolio. En cambio, si pierde, la patente se invalida y se abre el mercado. El litigio implica costes elevados y tiempos prolongados, pero puede ser rentable si la probabilidad de éxito del titular y las rentas del monopolio son elevadas.

Y, en tercer y último lugar, el titular puede decidir no litigar y aceptar la entrada de los nuevos competidores. Esta decisión reduce las rentas del titular de la patente, pero evita los costes asignados a la demanda judicial.

En conclusión, el titular de la patente puede ofrecer licencia, litigar, o aceptar la entrada de nuevos competidores.

1.3.2. Tipos de licencias a ofrecer

Como se ha mencionado, el titular de la patente puede ofrecer una licencia al entrante que le permita entrar y comercializar en el mercado. Sin embargo, existen diferentes tipos de licencias que condicionan la estrategia en cuestión.

Por lo que, en función del tipo de licencia que se dé, se determina el valor del parámetro del royalty, y, a su manera, el equilibrio entre licenciar, litigar, o aceptar la entrada.

A. Licencia exclusiva

La licencia exclusiva otorga al licenciataria el derecho exclusivo de explotar la patente en un mercado determinado. Puede incluso excluir al titular ^[70].

Este tipo de licencia maximiza el control y el ingreso del licenciatario. Sin embargo, al haber un extremo monopolio del uso de la patente, se reduce la competencia y la difusión de la tecnología.

B. Licencia no exclusiva

La licencia no exclusiva permite a varios licenciatarios que exploten la patente de manera simultánea, bajo condiciones similares ^[70]. Este tipo de licencia permite que existan distintos jugadores en el mercado, lo que fomenta la competencia, pero provoca que el valor individual de cada licencia sea menor.

C. Sublicencia

La sublicencia es la cesión de derechos a terceros por parte del licenciatario. Esto facilita la expansión de la tecnología, aunque disminuye el control directo del titular sobre ella. Los beneficios dependen del contrato entre el licenciatario principal y la tercera parte ^[70].

D. Licencia cruzada/cross-licensing

Las licencias cruzadas hacen referencia a acuerdos recíprocos entre varios titulares de patentes. En ellos, cada parte otorga a la otra parte derechos de explotación sobre una o varias tecnologías complementarias ^[61]. Este tipo de licencias suele ser comunes en aquellos sectores donde ningún actor puede operar de manera individual, y necesita acceso a la propiedad industrial de los demás.

Este tipo de licencia reduce la probabilidad de infracción mutua, ya que transforma las relaciones competitivas en acuerdos mutuos. Sin embargo, puede limitar la competencia. Además, en ellas el beneficio se reparte según el valor relativo de la tecnología aportada por cada jugador.

1.3.3. Acciones del entrante

A su vez, el entrante también dispone de 3 posibles estrategias.

En primer lugar, el entrante puede aceptar la licencia ofrecida. En este caso, accedería al mercado bajo unas condiciones previamente pactadas, y evitaría los riesgos y costes que supondría una demanda por parte del titular.

En segundo lugar, puede rechazar la licencia y entrar al mercado sin acuerdo. Como se ha mencionado en la sección anterior, en este escenario se asume riesgo de litigio. Puede obtener beneficios al vender su producto genérico si consigue invalidar la patente, pero si pierde deberá de afrontar sanciones económicas y la retirada de su producto.

Y en tercer y último lugar, el entrante puede optar por posponer su decisión de entrar al mercado. Observaría cómo evoluciona el mercado tras el vencimiento de la patente. Esta opción puede ser atractiva para el entrante si existe incertidumbre elevada o si los costes de entrada son muy elevados. Sin embargo, retrasar la entrada también conlleva costes de oportunidad, ya que renuncia obtener beneficios que podría haber obtenido desde el inicio.

En conclusión, el entrante puede aceptar la licencia, rechazarla o retrasar su entrada.

1.4. Secuencia del juego

La dinámica real de negociación puede ser extensa, con varias rondas de propuestas y distintos procedimientos judiciales. Sin embargo, en este modelo se adopta una representación simplificada que permite captar la lógica básica del juego bayesiano.

Etapas 0: creencias iniciales. El entrante empieza con una creencia previa μ sobre la fortaleza de la patente.

Etapas 1: movimiento del incumbente. Conociendo su tipo θ , el incumbente decide si ofrece una licencia con sus respectivas condiciones, o si no hace ninguna oferta.

Etapas 2: decisión del entrante. El entrante observa la acción del incumbente, y decide entre aceptar la licencia, entrar al mercado sin acuerdo asumiendo el riesgo de demanda, o retrasar la entrada.

Etapas 3: resolución de la interacción. Si el entrante entra, el incumbente elige entre litigar o no. Si hay litigio, el resultado depende del tipo de la patente ($\theta = S$ o $\theta = W$) y de las

probabilidades asociadas. En cambio, si se acepta la licencia o no hay litigio, los pagos se determinan directamente por las condiciones acordadas.

Etapas 4: resultado final. Se materializan los pay-offs de cada jugador. Para el incumbente, estos resultados reflejan el valor económico de la patente. Puede expresarse como ingresos derivados de licencias si se alcanza un acuerdo, mantenimiento de rentas de monopolio en caso de victoria en la demanda, o hasta pérdida de valor si la patente es invalidada.

En la siguiente página se adjunta un modelo de árbol de decisión que muestra la secuencia del juego bayesiano.

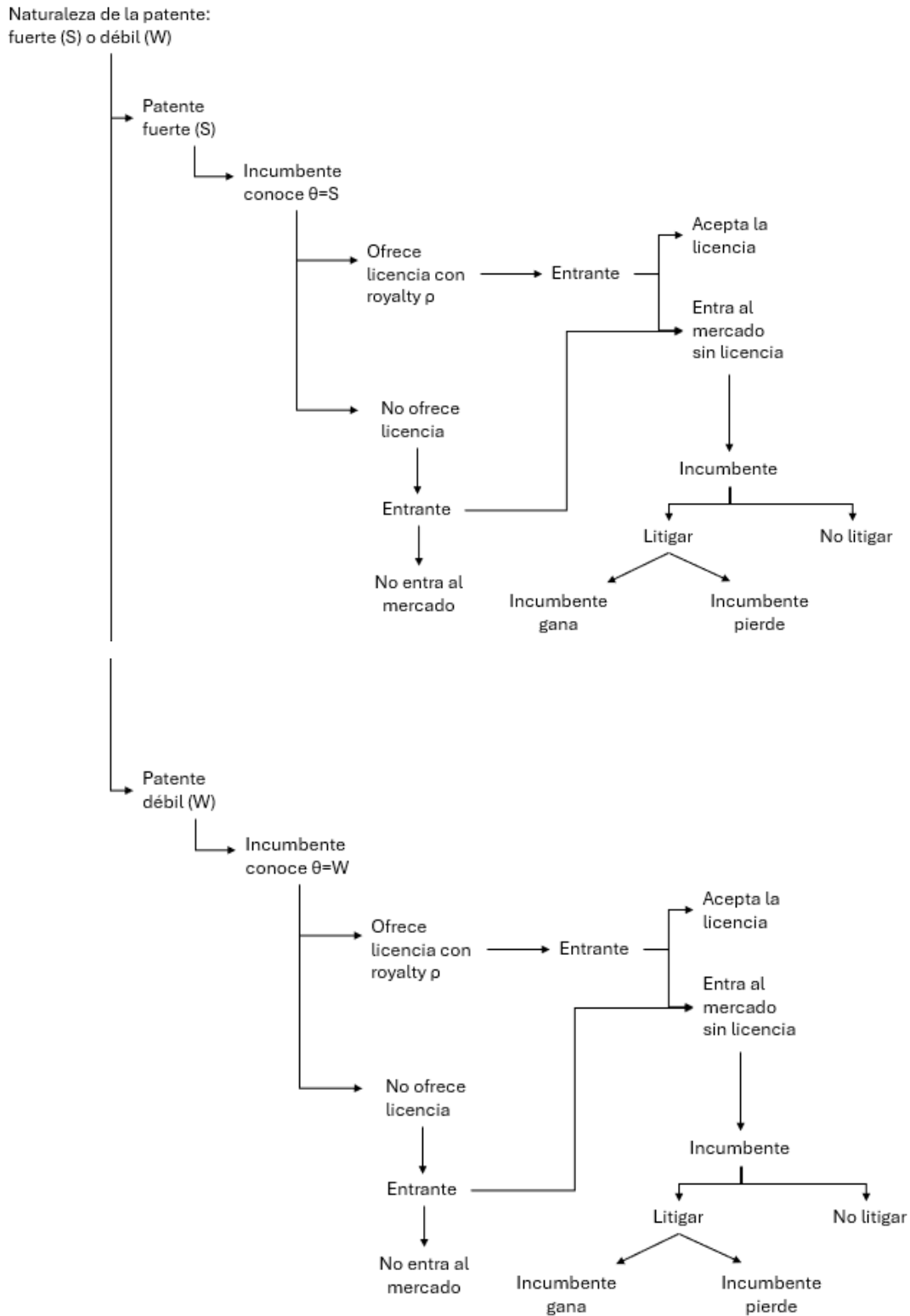


Figura 7: Diagrama de la secuencia del juego (fuente: elaboración propia)

2. Parámetros del modelo

A continuación, se definen los parámetros utilizados en el modelo ^[33], los cuales recogen información económica, legal y estratégica relevante para ambos jugadores. En este capítulo se presentan sus definiciones y las fuentes de información que permiten su cuantificación en distintos sectores, mientras que en capítulo siguiente se particularizan para la industria farmacéutica y el caso práctico elegido.

2.1. Valor en monopolio del incumbente (V_M)

El parámetro V_M representa el valor económico del activo mientras el titular mantiene su exclusividad, sin entrada de genéricos. En escenario de litigio, V_M corresponde al valor que el incumbente mantiene si gana el juicio, ya que no hay entrada de genéricos. En cambio, en el escenario de licencia, V_M sirve de valor de referencia como oportunidad perdida al dejar de ser un monopolio.

En la práctica, suele aproximarse mediante ventas, beneficios anuales previas a la expiración de la patente, o el valor presente de los flujos de caja generados por la titularidad de la patente durante el periodo de monopolio. Se obtiene a partir de informes anuales de la empresa titular, previos a la expiración de la patente.

2.2. Valor en duopolio del incumbente (V_D)

El parámetro V_D es el valor presente del negocio tras la entrada de nuevos jugadores. Es decir, es el valor presente de los flujos generados bajo competencia. Se utiliza para calcular el valor que el incumbente obtiene si pierde el litigio o si ocurre el escenario de duopolio.

Al igual que en el parámetro anterior, se obtiene a partir de informes anuales, tras la expiración de la patente.

2.3. Condición de licencia: royalty sobre ventas del genérico (ρ)

El parámetro ρ representa el porcentaje de las ventas netas del genérico que el entrante debe de pagar al titular/incumbente como compensación económica por la explotación del activo, en caso de haber acuerdo de licencia. Determina los incentivos de ambas partes

para licenciar o litigar. Es por ello por lo que se considera el parámetro clave de la negociación, ya que determina la redistribución del valor V_D en un escenario de cooperación.

Las tasas de royalty se sitúan en valores de 7% de las ventas, equivalentes a aproximadamente el 15% del margen bruto, el 41% del EBITDA y el 53% del margen operativo. Estas proporciones se conocen como “la regla del 25%”, que establece que el royalty razonable tiende a representar una cuarta parte del beneficio esperado del licenciatario ^[65].

En sectores de alta rentabilidad y riesgo tecnológico, los royalties se suelen situar sobre un 7%-10% de las ventas. En cambio, en industrias de rentabilidad media, el intervalo desciende a valores del 4-6% de las ventas. Por otro lado, en sectores de bajo margen, las tasas medias oscilan entre el 2-4% ^[65].

Industria	Royalty	Industria	Royalty
Aeroespacial	3,5-4,5%	Electrónica	4,8-5,5%
Moda	5,5-7%	Energía	7-9%
Automoción	3-3,8%	Equipos sanitarios	5,5-7%
Productos químicos	4-5%	Bienes industriales	5-6,5%
Consumo	4,5-5,5%	Farmacéutica	6-10%

Tabla 2: Royalty en función de la industria ^[71]

Adicionalmente a esto, el valor del parámetro del royalty variará en función del tipo de licencia que se otorgue. Por ejemplo, las licencias exclusivas suelen asociarse a royalties más altos, y las no exclusivas a valores más bajos. Esto se debe a que, en las licencias exclusivas, el licenciatario obtiene un derecho exclusivo de explotación que elimina la competencia. Por lo que, para garantizar ese monopolio, paga un royalty mayor al titular de la patente. Del mismo modo, las licencias no exclusivas se asocian a royalties inferiores dado la mayor competencia entre licenciataros.

Por lo tanto, el valor del royalty dependerá del tipo de sector y del tipo de licencia que se otorgue. Y es por ello, por la influencia que posee, por lo que se considera uno de los parámetros más importantes del modelo.

2.4. Coste de litigio del incumbente (C_I)

El parámetro C_I representa los costes económicos y de oportunidad asociados a un proceso judicial por infracción de patente. Incluye tanto los gastos legales directos (honorarios de abogados, descubrimiento de pruebas...) como los indirectos derivados de la gestión interna (tiempo de dedicación, coste de oportunidad...).

El coste de litigio depende de la fase del procedimiento judicial. La primera instancia corresponde al primer juicio, que es aquel donde se resuelve el conflicto. En cambio, la segunda instancia o apelación hace referencia al recurso que una de las partes presenta en caso de no estar conforme con la sentencia de la primera instancia. Los costes de la apelación suelen ser menores, ya que es una fase que se centra en cuestiones jurídicas en vez de técnicas. En España, el coste medio de litigio de la primera instancia es de 100.000 €, y 50.000 € de segunda instancia. En cambio, en Estados Unidos dichos costes ascienden hasta \$4.000.000 en la primera instancia, y en caso de apelación ronda entre \$150.000-250.000 ^[66].

2.5. Probabilidad de éxito del incumbente en juicio (p_s, p_w)

El modelo incorpora dos parámetros de probabilidad que reflejan la incertidumbre relacionada a la validez y defensa de la patente en caso de juicio. Es decir, representan la viabilidad legal de la patente ante una demanda por infracción.

El parámetro p_s representa la probabilidad de éxito judicial del titular si la patente es fuerte. Es decir, cuando sus reivindicaciones son técnicamente consistentes y jurídicamente defendibles.

En cambio, p_w representa la probabilidad de éxito judicial del titular si la patente es débil, es decir, vulnerable a ser impugnada. Debe cumplirse que $p_s > p_w$.

Aproximadamente, más del 80% de los casos judiciales de patentes se resuelven antes de llegar a juicio ^[67]. Esto sugiere que ambas partes consideran que el resultado judicial es incierto, y los costes esperados de litigación son altos en comparación con la ganancia esperada. Por tanto, se justifica la adopción de probabilidades intermedias, ya que, si las probabilidades fuesen extremas, el incentivo a negociar desaparecería, lo que sería incoherente con el porcentaje de resolución de casos.

2.6. Creencia previa del entrante ($\mu = Pr(\theta = S)$)

Es la probabilidad inicial que el entrante asigna a que la patente del incumbente sea fuerte. Es decir, la probabilidad que el entrante asigna a que el titular de la patente tenga éxito en caso de litigio. Este valor refleja la información incompleta del juego bayesiano. El valor se establecerá de manera razonada dentro del intervalo $[0,1]$, representando distintos grados de confianza en la fortaleza de la patente. Estos valores se analizarán posteriormente en un análisis de sensibilidad.

2.7. Tabla resumen

Parámetro	Descripción
V_M	Valor del incumbente bajo monopolio
V_D	Valor del incumbente en duopolio
V_G	Valor del entrante en duopolio
ρ	Royalty sobre ventas del genérico
C_I	Coste esperado de litigio del incumbente
C_E	Coste esperado de litigio del entrante
p_s	Probabilidad de éxito del incumbente en juicio, siendo patente fuerte
p_w	Probabilidad de éxito del incumbente en juicio, siendo patente débil
μ	Creencia previa del entrante

Tabla 3: Parámetros del modelo utilizado^[33]

3. Funciones de pay-off

Este apartado recoge las funciones de pago de cada jugador, para cada escenario posible: licencia aceptada, entrada con litigio, y aceptación de entrada sin litigio.

El objetivo de estas funciones es reflejar los beneficios esperados de cada estrategia en función de los parámetros definidos en el apartado anterior. No representan un valor financiero absoluto, representan el beneficio estratégico que un jugador obtiene al elegir una estrategia determinada en función del escenario correspondiente.

3.1. Escenario 1: licencia aceptada

En este escenario, el incumbente ofrece un contrato de licencia y el entrante lo acepta. El acuerdo puede adoptar la forma de un royalty sobre las ventas del genérico (ρ), o un canon fijo. Con el objetivo de mantener la simplicidad del modelo, únicamente se tendrá en cuenta la opción del royalty sobre las ventas ^[33], y dentro de esta opción, el parámetro ρ variará en función de la licencia concedida.

Si la licencia es exclusiva, el entrante obtiene rentas de monopolio. Por lo tanto, para compensar por los beneficios que el entrante obtendrá, el titular puede exigir un pago de royalty alto. Esto aumenta la utilidad esperada del titular, aunque limita su margen de negociación futura.

En cambio, si la licencia no es exclusiva y el mercado se abre a varios entrantes, los beneficios de cada uno de los entrantes disminuyen en comparación con el escenario de licencia exclusiva. Por lo tanto, la utilidad disminuye al haber menor royalty, pero también disminuye el riesgo de litigio al haber un mayor número de jugadores.

Pago para el incumbente

$$\pi_I^{Lic} = V_D + \rho \cdot V_G \quad [3]$$

Pago para el entrante

$$\pi_E^{Lic} = (1 - \rho) \cdot V_G \quad [4]$$

Por ello, la utilidad del titular aumenta con el valor del royalty y con el tipo de licencia. En cambio, para el entrante, la utilidad depende de manera inversamente proporcional al royalty. Por lo tanto, existe un punto de equilibrio en el que el titular maximiza su ingreso, manteniendo los incentivos de los entrantes de la aceptación de la licencia.

En este escenario, el valor total del mercado se reparte entre ambos en función de la tasa de royalty. Este es un escenario que evita costes judiciales y refleja una situación de cooperación parcial entre los jugadores. Sin embargo, en la práctica, es una situación extremadamente sencilla, y normalmente complicada de obtener.

3.2. Escenario 2: entrada con litigio

En este escenario, el entrante decide entrar en el mercado sin licencia, por lo que el incumbente puede decidir registrar una demanda por infracción de la patente.

El resultado del litigio dependerá de la fortaleza de la patente (θ), y puede tomar dos valores:

- Si la patente es fuerte ($\theta = S$): el incumbente gana con probabilidad p_S
- Si la patente es débil ($\theta = W$): el incumbente gana con probabilidad p_W ($p_S > p_W$)

La probabilidad se va actualizando con el teorema de Bayes a medida que se disponga de información en el mercado.

Utilidad del incumbente, dado su tipo θ

El incumbente conoce su propio tipo θ . Es decir, sabe si su patente es fuerte o débil. Por tanto, su beneficio bajo litigio se define como ^[33]:

$$\pi_I^{Lit}(\theta) = p_\theta \cdot V_M + (1 - p_\theta) \cdot V_D - C_I \quad [5]$$

Esta fórmula se interpreta de la siguiente manera:

- Con probabilidad $p_\theta = 1$, el incumbente gana el juicio y mantiene su monopolio, obteniendo V_M
- Con probabilidad $p_\theta < 1$, el incumbente pierde el juicio y el genérico entra al mercado obteniendo V_D

- En ambos casos, tanto si el incumbente gana el juicio como si lo pierde, el incumbente incurre en el coste de litigio ($-C_I$), que representa los gastos legales y de oportunidad para el proceso

Por tanto, si la patente es fuerte ($\theta = S$):

$$\pi_I^{Lit}(S) = p_S \cdot V_M + (1 - p_S) \cdot V_D - C_I \quad [6]$$

Y, en cambio, si la patente es débil ($\theta = W$):

$$\pi_I^{Lit}(W) = p_W \cdot V_M + (1 - p_W) \cdot V_D - C_I \quad [7]$$

Utilidad del entrante, dado el tipo de patente

El entrante no conoce el tipo real de la patente. Sin embargo, sabe que su éxito depende de ganar o no el litigio. Si el incumbente gana ($p_\theta = 1$), el entrante no puede comercializar el genérico, por lo que su beneficio sería nulo. Matemáticamente:

$$\pi_E^{Lit}(\theta) = (1 - p_\theta) \cdot V_D + p_\theta(0) \quad [8]$$

En cambio, si el incumbente pierde ($p_\theta < 1$), el entrante puede comercializar el medicamento, y obtener V_D . Por tanto, para cualquier tipo de patente (θ), su utilidad esperada es:

$$\pi_E^{Lit}(\theta) = (1 - p_\theta) \cdot V_D \quad [9]$$

Beneficio esperado (ex – ante) del incumbente

Para este escenario se decide tomar una perspectiva ex – ante, es decir, como si ninguno de los jugadores hubiese actuado todavía. La decisión de este enfoque se basa en que en este tipo de juegos (bayes con información asimétrica), las decisiones se deben de tomar antes de conocer el tipo real de la patente.

De esta manera, ambos jugadores optimizan sus decisiones bajo el mismo margen de incertidumbre. Y, justo por ello, aunque el beneficio del incumbente no debería de tener en cuenta la creencia μ (ya que el titular sí conoce la fortaleza de su patente), se calcula el

beneficio esperado del incumbente como una media ponderada de los dos posibles estados de la patente según la creencia μ .

A modo conclusión, se llama beneficio esperado ya que el resultado del juicio es incierto. Por ello, se ponderan los resultados por la probabilidad de éxito:

$$q(\mu) = \mu \cdot p_s + (1 - \mu) \cdot p_w \quad [10]$$

Y se obtiene:

$$\begin{aligned} E[\pi_I^{Lit}] &= \mu[p_s \cdot V_M + (1 - p_s) \cdot V_D - C_I] + (1 - \mu) \cdot [p_w \cdot V_M + (1 - p_w)V_D \\ &\quad - C_I] = q(\mu) \cdot V_M + (1 - q(\mu)) \cdot V_D - C_I \quad [11] \\ &= q(\mu)(V_M - V_D) - C_I + V_D \end{aligned}$$

El primer término de la ecuación ponderado por μ representa el beneficio esperado si la patente es fuerte. En cambio, el segundo término ponderado por $(1 - \mu)$ representa el beneficio esperado si la patente es débil.

De este modo, aunque el incumbente conoce su propio tipo, el entrante y cualquier observador externo lo desconocen. Por ello, se incorpora la incertidumbre asociada a la fortaleza de la patente. Si la patente es fuerte, el incumbente obtendría un beneficio mayor al mantener su monopolio con alta probabilidad. En cambio, si la patente es débil, el beneficio sería inferior por el riesgo de perder el litigio y pasar a un duopolio. Por tanto, esta fórmula representa la expectativa promedio de los beneficios del incumbente para los distintos estados de la patente.

Beneficio esperado (ex – ante) del entrante

En cambio, el entrante no sabe si la patente es fuerte o débil. Su decisión dependerá de su creencia previa μ sobre la probabilidad que asigna a la patente sea fuerte.

Su beneficio esperado antes de entrar (ex – ante):

$$E[\pi_E^{Lit}] = \mu(1 - p_s) \cdot V_G + (1 - \mu)(1 - p_w) \cdot V_D - C_I = (1 - q(\mu)) \cdot V_G - C_E \quad [12]$$

Donde:

- Si μ es alta, cree que la patente es fuerte, por lo que su beneficio esperado es bajo al anticipar perder el litigio
- Si μ es baja, cree que la patente es débil, por lo que su beneficio esperado es alto al anticipar ganar el litigio

3.3. Escenario 3: aceptación de entrada sin litigio

En este escenario, el incumbente decide no presentar una demanda por infracción de la patente y aceptar la entrada del genérico en el mercado. De tal manera, el mercado pasa de monopolio a duopolio, donde ambos jugadores operan simultáneamente y los precios se reducen debido a la competencia ^[33]. En este escenario, no es relevante el tipo θ de patente.

Utilidad del incumbente

$$\pi_I^{No Lit} = V_D \quad [13]$$

Utilidad del entrante

$$\pi_E^{No Lit} = V_G \quad [14]$$

4. Equilibrio bayesiano

Como se mencionó en el capítulo anterior, la revisión de la literatura indica que el equilibrio bayesiano se alcanza cuando cada jugador elige su acción óptima dadas sus creencias y estrategias del otro, tal que ninguno tiene incentivos para desviarse ^[33].

En este modelo, el equilibrio viene dado por las decisiones del incumbente (s_I) y del entrante (s_E) bajo información incompleta sobre la fortaleza de la patente (θ).

4.1. Estrategia del entrante

El entrante compara los beneficios esperados entre aceptar una licencia, con los de entrar al mercado y litigar. Por tanto, aceptará la licencia si su utilidad esperada bajo acuerdo es mayor o igual que la utilidad esperada de litigar:

$$\pi_E^{Lic} \geq E[\pi_E^{Lit}] \quad [15]$$

Es decir ^[33]:

$$(1 - \rho) \cdot V_D \geq (1 - q(\mu)) \cdot V_G - C_I \quad [16]$$

Y donde, además, se añade la condición de umbral máximo de royalty que el entrante estaría dispuesto a aceptar:

$$\rho^{max} = \mu \cdot p_s + (1 - \mu) \cdot p_w \quad [17]$$

El primer término representa el riesgo de litigar si la patente es fuerte, ponderado por cómo de probable el entrante cree que eso ocurra. Por otro lado, el segundo término representa el riesgo de litigar si la patente es débil, ponderado por la probabilidad de ese caso. Y, en conjunto, la fórmula indica el riesgo total esperado de litigar. Es decir, por cuánto estaría dispuesto a pagar el genérico para evitar ese riesgo.

- Si el royalty exigido por el incumbente $(\rho) > \rho^{max}$: el entrante rechazará la oferta y preferirá litigar
- Si el royalty exigido por el incumbente $(\rho) < \rho^{max}$: el entrante aceptará la oferta de entrar al mercado sin acudir a juicio

4.2. Estrategia del incumbente

Por su parte, el incumbente compara el beneficio esperado de otorgar una licencia con el de litigar. Por lo tanto, licenciará si su utilidad esperada con la licencia es mayor o igual que la del litigio.

$$\pi_I^{Lic} \geq E[\pi_I^{Lit}] \quad [18]$$

Es decir ^[33]:

$$V_D + \rho \cdot V_G \geq \mu[p_s \cdot V_M + (1 - p_s) \cdot V_D - C_E] + (1 - \mu) \cdot [p_w \cdot V_M + (1 - p_w)V_D - C_I] = q(\mu)(V_M - V_D) - C_I + V_D \quad [19]$$

De esta condición se obtiene el umbral mínimo de royalty, que haría indiferente al incumbente entre licenciar y litigar:

$$\rho^{min} = \frac{E[\pi_I^{Lit}]}{V_G} \quad [20]$$

Esta condición se interpreta de la siguiente forma: el incumbente preferirá licenciar cuando el royalty ofrecido sea igual o superior a su umbral mínimo. Este umbral aumenta con el valor del monopolio (V_M), y con la probabilidad de éxito judicial (p_s, p_w), y disminuye con el coste de litigio (C_I).

4.3. Equilibrio

En caso de que exista un intervalo de royalties en el que ambos jugadores estén dispuestos a licenciar, se cumple la siguiente condición:

$$\rho^{min} \leq \rho \leq \rho^{max} \quad [21]$$

Donde se concluye lo siguiente:

- Si el royalty exigido por el incumbente cae en este rango, el equilibrio bayesiano será una licencia aceptada
- Si $\rho^{min} > \rho^{max}$, el acuerdo no es posible y se resuelve mediante entrada y litigio
- Si el coste de litigio (C_I) es muy alto, o las probabilidades de éxito son muy bajas (p_s, p_w), el incumbente puede optar por no litigar, dando lugar al escenario de entrada libre

5. Valor estratégico de la patente

Según la revisión de la literatura, el valor estratégico de una patente puede definirse como la diferencia entre el valor esperado en equilibrio y el estático de la patente ^[33].

$$V_{estratégico} = E[\pi_I^{Eq}] - V_{estático} \quad [22]$$

Donde $E[\pi_I^{Eq}]$ representa el beneficio esperado del incumbente en equilibrio, determinado por las estrategias de los jugadores de licencia, litigio o no litigio. En cambio, $V_{estático}$ es el valor obtenido mediante un método de valoración clásico, como puede ser el DCF.

Por tanto, esta fórmula cuantifica el impacto de la negociación y de la información incompleta en la valoración de la patente. Si el equilibrio resulta en un acuerdo de licencia, el valor estratégico será positivo. Esto refleja la capacidad del titular de la patente para monetizar su activo de PI mediante cooperación. En cambio, si el equilibrio conduce a litigio o pérdida del monopolio, el valor estratégico será nulo o incluso negativo.

Según la literatura, este componente estratégico puede interpretarse como una prima de opción: el titular puede optar entre litigar, licenciar o aceptar la entrada. Es igual que en una opción financiera, donde el titular decide cuándo ejercer su derecho ^[64]. Y, por todo ello, esta visión en conjunto resalta que el valor de una patente no depende únicamente de su potencial de explotación directa, sino también de su papel como instrumento de negociación y poder competitivo.

6. Conclusiones Capítulo 4

El objetivo de este capítulo ha sido explicar la construcción del modelo elegido para aplicar la revisión de la literatura a un caso práctico.

En primer lugar, se ha definido de manera genérica los jugadores, información y tipos bajo asimetría de información (el incumbente conoce la fortaleza de su patente, y el entrante forma creencias sobre dicha fortaleza).

En segundo lugar, se han descrito las acciones disponibles para ambos jugadores: licenciar, litigar, o aceptar la entrada sin litigio. Estos 3 escenarios representan distintos niveles de cooperación. El escenario de licencia representa equilibrios cooperativos con reparto negociado del valor (royalties). Por otro lado, el escenario de litigio representa un equilibrio competitivo basado en la fortaleza de la patente. Y, en cambio, la aceptación de entrada de genéricos refleja un escenario de aceptación, donde normalmente se acude a él cuando los costes de litigio son mayores a los beneficios esperados.

A continuación, se han introducido los parámetros del modelo, para posteriormente formalizar las funciones de beneficio esperado en función de los escenarios anteriormente comentados.

Y, por último, se han establecido las condiciones de equilibrio bayesiano, donde se han identificado los umbrales que determinan si el equilibrio se alcanza mediante un litigio o mediante licencia, aceptando la entrada del genérico.

En el siguiente capítulo se implementará el modelo definido en el actual capítulo. Se usarán datos reales del caso Lipitor, como ventas, fechas clave, entrada de genéricos y caída de precios. Se elegirán los valores de los parámetros en base a la literatura disponible, se resolverá el equilibrio en función de distintos supuestos de μ , ρ y p_θ , y se incluirá un análisis de sensibilidad para evaluar cómo de robustas son las conclusiones obtenidas.

Capítulo 5: Construcción del modelo aplicado a un caso real

En el capítulo anterior se definió un modelo de negociación bajo información incompleta entre el titular de una patente (incumbente) y un potencial entrante genérico. Dicho modelo se construyó basándose en el equilibrio bayesiano de Nash.

Se definieron matemáticamente los jugadores, tipos y creencias, la secuencia del juego, y se derivaron las funciones de pago para tres escenarios distintos: entrada con licencia, litigio, o entrada mediante aceptación. Además, se establecieron matemáticamente los umbrales que delimitan las regiones de equilibrio en términos de las creencias sobre la fortaleza del entrante.

Por ello, el objetivo de este capítulo es aplicar la formulación matemática definida en el capítulo anterior a un caso real práctico. Se ha elegido el caso de Lipitor (atorvastatina de Pfizer), al ser uno de los ejemplos de patent cliff más representativos de la industria farmacéutica.

El capítulo se estructura de la siguiente manera. En primer lugar, se introduce el caso práctico y se explica su relevancia en la industria elegida. Posteriormente, se justifica la elección del caso práctico elegido con el modelo de Nash-Bayes a utilizar. A continuación, se determinan los valores de los parámetros del modelo a partir de fuentes públicas y de criterios fundamentados en la revisión de la literatura. Finalmente, se implementa el modelo para calcular los pagos esperados en los tres escenarios previamente explicados. Además, se derivan los umbrales operativos y se resuelve el equilibrio bajo distintos valores de las creencias del entrante. Y, por último, se realizan distintos escenarios de sensibilidad con el objetivo de evaluar la robustez de los datos obtenidos en el modelo base.

1. Caso práctico elegido

1.1. Introducción al caso práctico elegido

Lipitor es un medicamento inicialmente desarrollado por Warner-Lambert Company en 1985. Es un medicamento dedicado para el tratamiento del colesterol en sangre y la

prevención de accidentes cerebrovasculares, infartos de miocardio y angina de pecho ^[65]. Fue posteriormente adquirido por Pfizer tras la fusión de ambas compañías en el 2000 ^[64], por lo que Pfizer pasó a poseer la titularidad de la patente.

Lipitor estuvo protegido por más de una patente. Normalmente, para estos casos, la patente principal protege el principio activo del medicamento (*core patent*), y las demás patentes protegen los principios secundarios. La patente principal es la que define la exclusividad del mercado, y fue concedida en 1987 bajo el número US 4.681.893, y protegía la estructura química del compuesto activo atorvastatina (inhibidor de la enzima HMG-CoA reductasa) ^[81]. Por otro lado, una patente secundaria era la US 5.273.995, concedida en 1993 y registrada por el mismo inventor. Esta patente protegía la forma activa más pura y estable del compuesto de la atorvastatina ^[86].

La eficacia del medicamento y el posicionamiento de Pfizer en la industria impulsaron rápidamente las ventas de Lipitor, por lo que se convirtió en uno de los fármacos más exitosos de la industria farmacéutica. Alcanzó su pico de ventas en 2006 (\$12,9B), y en 2010 representaba más del 16% de los ingresos totales de Pfizer (\$10,7B) ^[66].

La expiración de la patente de Lipitor estaba prevista para 2011. Este último año es el punto de partida del análisis. Esto se debe a que es en los periodos anteriores a la pérdida de exclusividad donde surgen las decisiones estratégicas que el modelo pretende capturar. La evolución real del producto tras la expiración de la patente se analiza en el capítulo siguiente, donde se comparará el modelo con lo que ocurrió en la realidad.

1.2. Justificación del caso práctico

Justo antes de que la patente caduque, o cuando un potencial entrante considera la opción de anticipar su entrada infringiendo la patente, se producen una serie de decisiones estratégicas que condicionan el valor económico del activo.

En estos escenarios, tanto el incumbente como los potenciales entrantes tienen varias alternativas de escenario para elegir.

El incumbente puede aceptar una licencia por parte del entrante y acepta su entrada a cambio de un royalty sobre las ventas del genérico. También puede litigar, en caso de que el entrante decida entrar al mercado infringiendo la patente. O, en último lugar, también puede aceptar la entrada del genérico y no actuar.

A su vez, el genérico puede ofrecer la licencia para entrar legalmente, infringir la patente y arriesgarse a un litigio, o retrasar su entrada hasta que la patente expire.

La decisión óptima para cada jugador depende de los parámetros económicos, de su información privada, y de las creencias que un jugador forma sobre las posibles acciones de los otros. Esto plantea una serie de preguntas tanto para el incumbente como para el entrante:

- ¿Qué es más eficiente, litigar, licenciar, o permitir la entrada?
- ¿Qué escenario escogido de manera racional genera el equilibrio, si ambos jugadores buscan maximizar su beneficio?
- ¿Qué percepción tiene el entrante sobre la fortaleza real de la patente?
- ¿Qué probabilidad tiene el titular de la patente de ganar un juicio?
- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una licencia para evitar el riesgo de ir a juicio?

La teoría de juegos permite responder estas preguntas al incorporar los incentivos estratégicos, las creencias y las acciones de los jugadores. De esta manera, se consigue capturar el componente estratégico que no se consigue mediante los métodos económicos tradicionales.

Por todo ello, este caso es un stress test adecuado ya que cumple las características de un juego Nash-Bayesiano. En primer lugar, por la presencia de información imperfecta (el entrante desconoce la fortaleza real de la patente). Por otro lado, la presencia de tipos privados (cada jugador conoce su información relevante que los demás no observan directamente). Además, cada jugador actúa de manera independiente anticipando la reacción de los demás. Y, por último, existen creencias actualizables que determinan las decisiones y el equilibrio real del juego.

1.3. Diagrama de flujo

La aplicación del modelo de Nash-Bayes al caso práctico elegido viene recogida en el siguiente diagrama de flujo. Dicho diagrama contiene la secuencia completa del juego Nash-Bayesiano.

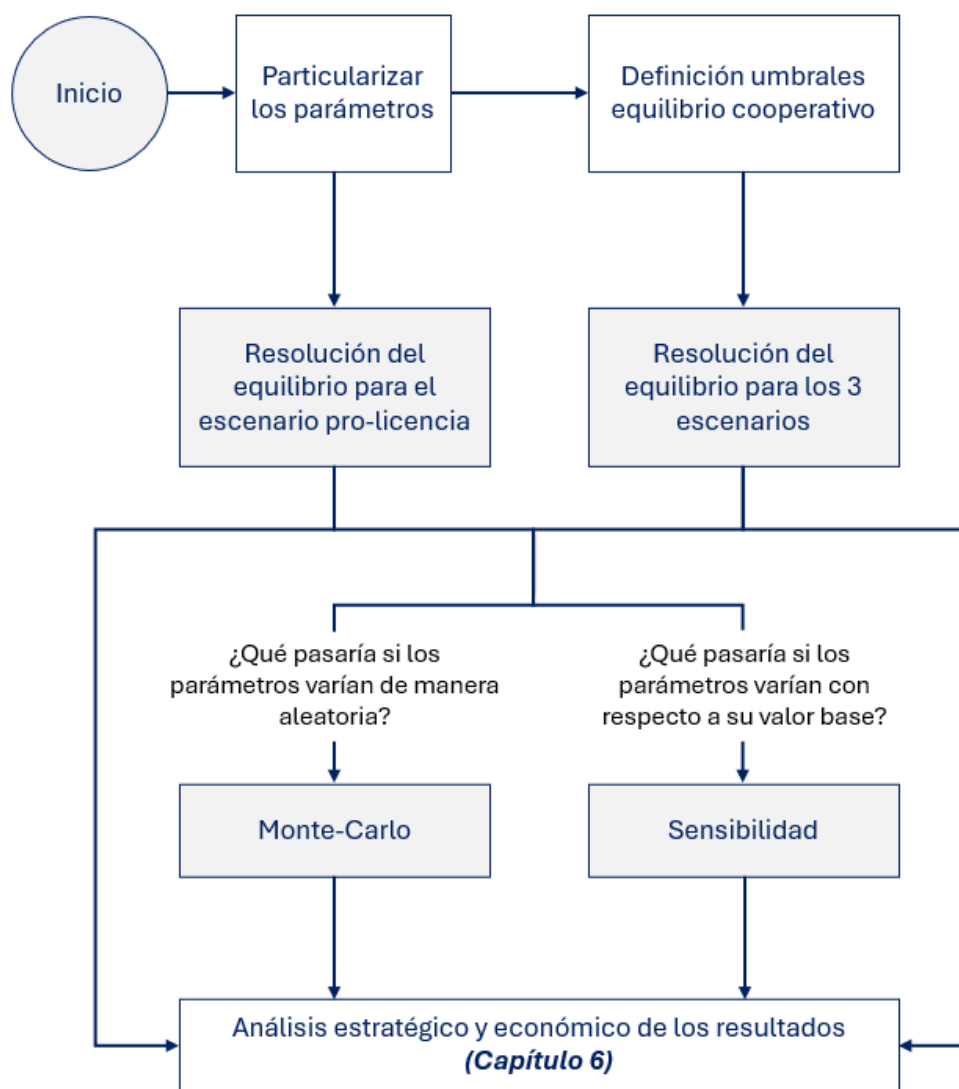


Figura 8: Diagrama de flujo correspondiente al Capítulo 5 (fuente: elaboración propia)

2. Estimación de los parámetros del modelo

En el capítulo anterior se definieron los parámetros del modelo de manera general. A continuación, en este apartado se particularizan dichos parámetros aplicados a la industria farmacéutica y al caso práctico de Lipitor (atorvastatina de Pfizer).

2.1. Datos de mercado y valores monetarios

Para fijar los parámetros relacionados al valor del incumbente bajo monopolio (V_M) y bajo duopolio o entrada de genéricos (V_D), se usan las ventas anuales mundiales de Lipitor antes y después de la pérdida de exclusividad.

Se propone aproximar el valor del incumbente bajo monopolio (V_M) como la media de las ventas anuales de los años 2006-2011. Para el valor del incumbente bajo duopolio (V_D) se propone la misma aproximación, pero con las ventas del periodo en el que Lipitor pierde la exclusividad (2012-2016).

$$V_{M\ 2006-2011} = (12,9 + 12,7 + 12,4 + 11,4 + 10,7 + 9,6)/6 = 11,6 \quad [23]$$

$$V_{D\ 2012-2016} = (3,9 + 2,3 + 2,1 + 1,9 + 1,8)/5 = 2,4 \quad [24]$$

Por ello, el valor de los parámetros será $V_M = \$11,6\ B$ y $V_D = \$2,4\ B$.

Por otro lado, para aproximar el valor del entrante bajo explotación del genérico (V_G) se utilizan estimaciones de ventas de atorvastatina durante el primer periodo de comercialización. Se sitúan en un rango de entre 1-1,2 mil millones de dólares. Por lo tanto: $V_G = \$1,12\ B$

2.2. Parámetros de litigio

El coste de litigio es un parámetro decisivo al condicionar la decisión entre licenciar o litigar. En el sector farmacéutico, dicho coste suele ser elevado debido a la complejidad técnica, el riesgo tecnológico, y la duración de los procesos judiciales.

El coste medio de litigación de patentes varía según la cuantía del valor del daño y perjuicio económico reclamado (cuantía de litigio). En Estados Unidos, el coste medio de un litigio

por patentes es de aproximadamente \$5 M, con un coste medio de aproximadamente \$600 k para aquellos casos en los que el valor del conflicto es inferior a \$1 M ^[72]. Adicionalmente a esto, los litigios en Estados Unidos presentan el mayor coste a nivel mundial, y los procesos judiciales relacionados con productos fármacos suelen superar los millones de dólares, en especial cuando implican varias instancias (fases) ^[80].

En concreto, para la industria farmacéutica, el coste medio de litigio está aproximadamente entre 5 y 10 millones de dólares. Por lo tanto, y dado que el valor de la cuantía de litigio de Pfizer es superior a \$1 M, se elige un valor intermedio de coste de litigio: $C_I = \$7 M$. Se aplicará un escenario de sensibilidad de $\pm 20\%$.

Se asume que el coste de litigio para el incumbente es el mismo que para el entrante, por razones de simplicidad. Por lo tanto, $C_E = \$7 M$.

2.3. Probabilidades

La literatura indica que más del 80% de los casos judiciales sobre patentes se solucionan antes de llegar a juicio ^[67]. Esto se debe a que el coste de litigio y la duración de los procedimientos son muy altos, lo que incentiva a las partes a llegar a acuerdos o a acudir a licencias cruzadas. Sin embargo, de los casos que sí llegan a juicio, los titulares de las patentes farmacéuticas ganan aproximadamente el 60% de ellos, mientras que los genéricos únicamente ganan el 40% ^[84]. Esto indica una mayor tasa de éxito del demandante o incumbente en los litigios, y es una probabilidad estrechamente vinculada a la fortaleza de la patente.

Cuando el titular decide litigar, normalmente lo hace porque considera que su patente es realmente sólida y los beneficios esperados compensan el coste y el riesgo del proceso. Además, el titular normalmente dispone de información interna que le permite anticipar una alta probabilidad de éxito. En consecuencia, se concluye que las probabilidades de éxito del incumbente en el juicio dependen del tipo de fortaleza de la patente: cuanto más sólida sea la protección de la patente, mayor será la probabilidad de que el titular gane el juicio.

Por tanto, antes de definir las probabilidades de éxito del incumbente, se necesita identificar el nivel de fortaleza de la patente de Lipitor sujeta al sistema americano.

El Patent Cooperation Treaty (PCT) entró en vigor internacionalmente en 1978, pero en EE. UU. el 26 de abril de 1978 ^[82]. Y, aunque EE. UU. formaba parte del PCT, el USPTO no implementó las categorías X/Y hasta más adelante. Su sistema nacional incluía el estado del arte sin clasificar las referencias, únicamente las citaba ^[83]. Por tanto, la patente principal US 4.681.893 (compuesto) y la secundaria (US 5.273.995) no presentan observaciones destructivas de novedad o actividad inventiva, lo que es igual a la ausencia de referencias de tipo X e Y. Por lo que, se interpreta como un indicador de fortaleza de la patente.

Con todo ello, en el modelo se definen dos probabilidades de éxito judicial del incumbente en función de la fortaleza de la patente: p_s (patente fuerte) y p_w (patente débil). Dado que para el caso de la patente Lipitor la evidencia indica una patente fuerte, y considerando las tasas de éxito en los litigios farmacéuticos, se consideran los siguientes valores para los parámetros de probabilidad: $p_s = 0,6$ y $p_w = 0,4$.

En cuanto al parámetro μ (probabilidad que el entrante asigna a que el titular de la patente tenga éxito en caso de litigio), se considera el escenario de $\mu = 0,7$ como el más realista para el caso de una patente fuerte. Sin embargo, $\mu = 0,5$ y $\mu = 0,3$ se mantienen como ejercicios de sensibilidad.

2.4. Supuestos adicionales

El último parámetro del modelo por definir es el royalty sobre ventas del genérico (ρ). Este parámetro depende del tipo de licencia otorgado por el incumbente, en caso de optar por el escenario de licencia aceptada.

La mayor parte de los acuerdos de licencia en la industria farmacéutica o biotecnológica son exclusivos (81%), y se pagan sobre ventas netas. El valor del royalty y su magnitud depende de la fase de desarrollo del medicamento (preclínica, clínica, comercial...), su alcance (nacional o global) y su uso (por molécula, formulación...) ^[87].

Por otro lado, existen dos tipos de tasa de royalty. Puede ser fija sobre ventas netas (flat royalty) y representa aproximadamente el 49% de los acuerdos, o ser escalonada según los niveles de ventas (tiered royalty) y representa el 51% de los acuerdos ^[87]. En esta última, la tasa royalty encadenada aumenta progresivamente con el volumen de ventas, y lo más común es que haya 3 escalones ^[87].

Los royalties encadenados es la estructura más común de los productos maduros o de alto valor comercial, como es el caso de Lipitor. Esto se debe a que permiten alinear los incentivos del titular y del entrante (licenciatario). El entrante paga un porcentaje de royalty menor en las fases iniciales de comercialización, y un porcentaje mayor cuando el producto alcanza un volumen de ventas significativo. Así, se distribuye mejor el riesgo entre las partes y se recompensa el éxito comercial del producto.

En consecuencia, para el caso de Lipitor se elige tiered royalty para el modelo, organizado en 3 escalones. Como referencia de orden de magnitud, y para mantener coherencia con los promedios de flat royalty en fase comercial (6-10% ^[87]), se propone el siguiente reparto:

- 6% sobre los primeros \$250 M de ventas anuales
- 8% entre \$250-750 M
- 12% por encima de \$750 M

Para el modelo, el parámetro ρ toma la forma de tasa efectiva promedio (EFR) resultante de los escalones propuestos del tiered royalty. Su valor mínimo es 0%.

Sin embargo, en las ecuaciones del modelo se usa el Effective Royalty Rate (EFR), en vez de la estructura escalonada completa. La razón de tomar este enfoque es que no se busca entrar en el detalle de los tramos de ventas individuales, sino mostrar el efecto económico medio del acuerdo de licencia.

El parámetro ρ representa un porcentaje que recibiría Pfizer por la comercialización del genérico por parte del entrante. Por lo tanto, el EFR se calcula como la división del total de los royalties entre las ventas totales del entrante (V_G).

De esta manera:

$$R_{6\%} = \$250 \text{ M} * 6\% = \$15 \text{ M} \quad [25]$$

$$R_{8\%} = \$500 \text{ M} * 8\% = \$40 \text{ M} \quad [26]$$

$$R_{12\%} = \$370 \text{ M} * 12\% = \$44,4 \text{ M} \quad [27]$$

$$R_{Total} = 15 + 40 + 44,4 = \$99,4 \text{ M} \quad [28]$$

$$\rho_{EFR} = 99,4/1.120 = 8,9\% \quad [29]$$

De esta manera, con ventas anuales del genérico de \$1,12 B, el EFR queda entre el rango de 6-10%, del mismo orden que el flat royalty^[87].

2.5. Tabla resumen

Parámetro	Descripción	Valor parámetro
V_M	Valor del incumbente bajo monopolio	\$11,6 B
V_D	Valor del incumbente en duopolio	\$2,4 B
V_G	Valor del genérico en duopolio	\$1,12 B
ρ	Royalty sobre ventas del genérico	8,9%
C_I	Coste esperado de litigio del incumbente	\$7 M
C_E	Coste esperado de litigio del entrante	\$7 M
p_s	Probabilidad de éxito del incumbente en juicio, siendo patente fuerte (S)	60%
p_w	Probabilidad de éxito del incumbente en juicio, siendo patente débil (W)	40%
μ	Creencia previa del entrante	Alta (0,7); media (0,5); baja (0,3)

Tabla 4: Tabla resumen parámetros del modelo (fuente: elaboración propia)

3. Implementación del modelo

Una vez se ha dado valores a los parámetros, se procede a construir el modelo. El apartado está dividido de la siguiente manera: primero, se calculan los beneficios esperados para los siguientes escenarios con las fórmulas explicadas en el capítulo anterior. En segundo lugar, se derivan los umbrales de royalty y se resuelve el equilibrio bayesiano para distintos escenarios según μ . A continuación, se resuelve una extensión de negociación con la solución de Nash Bargaining para determinar el valor de royalty óptimo. Y, finalmente, se realiza un análisis de incertidumbre con simulación de Monte Carlo, y un análisis de sensibilidad según el valor de distintos parámetros. Para implementar el modelo se utiliza un código en Python (Anexo 1

A continuación, se muestran los resultados obtenidos tras ejecutar el modelo, junto con un análisis sobre la coherencia de los mismos. La interpretación económica y estratégica se presenta en el Capítulo 6.

En todos los escenarios los beneficios se calculan desde una perspectiva ex – ante. Es decir, antes de que venza la patente y sin saber qué ocurrirá realmente en el mercado. Por eso, las decisiones dependen de los parámetros fijos del modelo, y en el escenario de litigio, dependen también de las creencias del entrante sobre la fortaleza de la patente.

3.1. Derivación de los umbrales de equilibrio (ρ^{min} y ρ^{max})

Para el escenario de licencia, se calculan los umbrales de equilibrio mínimo y máximo (ρ^{min} y ρ^{max}) que definen el rango de royalties en el que el acuerdo de licencia es mutuamente aceptable para el incumbente y el entrante.

El umbral inferior (ρ^{min}) representa el royalty mínimo que el titular de la patente está dispuesto a aceptar, a cambio de permitir al entrante comercializar el genérico. Es un valor que tiende a subir si el valor de la patente en monopolio es elevado, ya que exigirá una compensación mayor por dejar entrar a nuevos competidores. También, por la misma razón, es un parámetro que aumenta si la probabilidad de éxito judicial por parte del incumbente es elevada, o si los costes de litigio del incumbente son reducidos.

En cambio, el umbral superior (ρ^{max}) representa el royalty máximo que el entrante está dispuesto a pagar, a cambio de comercializar su genérico en el mercado. Al contrario que el umbral inferior, es un parámetro que tiende a bajar si la probabilidad de éxito judicial del incumbente crece, o si los costes del entrante aumentan. En esos casos, el entrante estará dispuesto a pagar menos royalty sobre sus ventas.

En el capítulo anterior se definían ambos parámetros como $\rho^{min} = f(V_M, V_D, C, p_s, p_w, \mu)$ y $\rho^{max} = g(V_M, V_D, C, p_s, p_w, \mu)$.

Ejecutando el código, se adjuntan los resultados en la siguiente tabla:

μ	$q(\mu)$	ρ^{min}	ρ^{max}
0,3	0,46	3,77	0,45
0,5	0,50	4,10	0,49
0,7	0,54	4,43	0,53

Tabla 5: Resultados umbrales parámetro royalty sobre ventas de genérico (fuente: elaboración propia)

Para que exista equilibrio cooperativo, es necesario que se cumpla $\rho^{min} \leq \rho^{max}$. Sin embargo, según los resultados, se observa que $\rho^{min} > \rho^{max}$. Esto indica que el equilibrio es no cooperativo al existir un intervalo vacío.

Esto corresponde a que el mejor escenario es el de entrada con litigio. Sin embargo, se analizan los otros dos escenarios también, para mostrar cómo varían los beneficios esperados y las condiciones de equilibrio para cada caso.

3.2. Solución del equilibrio para distintos escenarios

Una vez obtenidos los umbrales del parámetro del royalty, se presentan los resultados del equilibrio bayesiano para los distintos escenarios.

3.2.1. Escenario de licencia aceptada

En este escenario, el titular ofrece una licencia al entrante a cambio de un royalty sobre sus ventas. La licencia otorgada es de carácter exclusivo, con los pagos del royalty calculados sobre las ventas netas y de manera escalonada. En este escenario no existe incertidumbre, por lo que los resultados obtenidos son deterministas. No dependen de la creencia del entrante sobre la fortaleza de la patente.

El beneficio esperado del titular de la patente y del entrante es, respectivamente:

$$\pi_I^{Lic} = V_D + \rho \cdot V_G = \$2,5 B \quad [30]$$

$$\pi_E^{Lic} = (1 - \rho) \cdot V_G = \$1,02 B \quad [31]$$

Este escenario representa una situación de cooperación: ambos jugadores internalizan la competencia mediante un reparto del mercado.

3.2.2. Escenario de entrada del genérico con litigio

En este escenario, el entrante decide entrar al mercado y comercializar su genérico sin licencia, por lo que el titular de la patente acude a juicio por infracción de la misma. Los pagos esperados dependen de la creencia μ del entrante sobre la fortaleza de la patente.

De tal manera, siendo el beneficio esperado ex – ante de los jugadores bajo litigio:

$$E[\pi_I^{Lit}] = q(\mu) \cdot V_M + (1 - q(\mu)) \cdot V_D - C_I \quad [32]$$

$$E[\pi_E^{Lit}] = (1 - q(\mu)) \cdot V_G - C_E \quad [33]$$

Se obtienen los siguientes resultados:

μ	$q(\mu)$	Beneficio incumbente	Beneficio entrante
0,3	0,46	\$6,63 B	\$0,60 B
0,5	0,50	\$6,99 B	\$0,55 B
0,7	0,54	\$7,36 B	\$0,51 B

Tabla 6: Resultados pagos en el equilibrio de entrada con litigio

3.2.3. Escenario de entrada del genérico sin litigio

En este escenario, el titular de la patente acepta la entrada del genérico en el mercado, decidiendo no presentar una demanda. Ambos jugadores pasan a competir de manera simultánea. Por ello, a diferencia de los escenarios anteriores, no existe ni demanda ni negociación. Este escenario muestra competencia abierta y la pérdida completa del monopolio.

El beneficio esperado del titular de la patente y del entrante es:

$$\pi_I^{Lic} = V_D = \$2,4 B \quad [34]$$

$$\pi_E^{Lic} = V_G = \$1,12 B \quad [35]$$

3.2.4. Comparativa entre los tres escenarios

Escenario	μ	Beneficio incumbente	Beneficio entrante
Entrada con licencia	-	\$2,50 B	\$1,02 B
Entrada con litigio	0,3	\$6,63 B	\$0,60 B
	0,5	\$6,99 B	\$0,55 B
	0,7	\$7,36 B	\$0,51 B
Entrada sin licencia ni litigio	-	\$2,40 B	\$1,12 B

Tabla 7: Resumen beneficios según escenario (fuente: elaboración propia)

Como se puede observar, el incumbente obtiene mayor beneficio yendo a juicio (escenario de entrada con litigio). Es decir, como se adelantaba en el apartado 3.1., el equilibrio del modelo es no cooperativo.

3.3. Escenario contractual pro-licencia

El análisis anterior muestra que, bajo los parámetros escogidos, el equilibrio del modelo es no cooperativo. Es decir, el intervalo cooperativo de ρ^{min} y ρ^{max} resulta vacío. Esto se

interpreta como que el incumbente obtiene su máximo beneficio esperado mediante el litigio. Y, en cambio, el entrante no posee la capacidad suficiente para ofrecer un royalty aceptable que incentive llegar a un acuerdo.

Este resultado no permite observar la dinámica del modelo en casos donde la cooperación sea una opción viable. Por ello, se plantea una extensión del modelo para analizar en qué condiciones se podría dar un acuerdo de licencia entre ambos jugadores.

Este nuevo escenario llamado contractual se basa en aumentar V_D , dado que favorece la viabilidad de la cooperación. La explicación viene fundamentada en las ecuaciones de teoría de juegos, la cual se explica a continuación.

La condición para que el incumbente decida licenciar es la siguiente:

$$V_D + \rho \cdot V_G \geq \mu[p_s \cdot V_M + (1 - p_s) \cdot V_D - C_E] + (1 - \mu) \cdot [p_w \cdot V_M + (1 - p_w)V_D - C_E] = q(\mu) \cdot V_M + (1 - q(\mu)) \cdot V_D - C_E \quad [36]$$

Tal que:

$$\rho^{min} = (q(V_M - V_D) - C_I)/V_G \quad [37]$$

En esta fórmula, $V_M - V_D$ mide la variación necesaria del royalty para compensar el paso de monopolio a competencia. Si la diferencia entre V_D y V_M es cercana, disminuye ρ^{min} , lo que amplía la posibilidad de cooperación.

Por todo ello, se modifican los parámetros de la siguiente manera:

Parámetro	Caso base	Caso extendido	Justificación
V_M	\$11,6 B	\$11,6 B	N/A
V_D	\$2,4 B	\$6,0 B	Mercado menos sensible a genéricos
V_G	\$1,12 B	\$6,0 B	Oportunidad comercial mayor
C_I	\$7 M	\$100 M	Se reduce el atractivo de litigar
C_E	\$7 M	\$0 M	Supuesto de ausencia de coste judicial

Parámetro	Caso base	Caso extendido	Justificación
p_s	60%	55%	Mayor incertidumbre legal, dentro de los intervalos coherentes
p_w	40%	35%	

Tabla 8: Tabla parámetros modificados (fuente: elaboración propia)

Bajo estas nuevas condiciones, los nuevos resultados del modelo son los siguientes:

Escenario	μ	ρ^{min}	ρ^{max}	Beneficio I	Beneficio E
Licencia aceptada	-	-	-	\$6,53 B	\$5,47 B
Entrada con litigio	0,3	0,37	0,41	\$8,20 B	\$3,54 B
	0,5	0,40	0,45	\$8,42 B	\$3,30 B
	0,7	0,44	0,49	\$8,64 B	\$3,06 B
Entrada sin litigio	-	-	-	\$6,00 B	\$6,00 B

Tabla 9: Tabla resultados modelo pro-licencia (fuente: elaboración propia)

En este escenario se obtiene un intervalo cooperativo no vacío, ya que se cumple la condición de $\rho^{min} < \rho^{max}$. Por lo tanto, existe una zona en la que los jugadores preferirían cooperar antes que litigar.

Este caso de cooperación se puede resolver mediante la solución de Nash Bargaining, explicada en el apartado siguiente.

3.4. Solución de Nash Bargaining

La solución de Nash Bargaining permite resolver el juego y estimar un valor óptimo del royalty dentro del intervalo máximo y mínimo obtenido en el apartado anterior. El objetivo es seleccionar un valor de royalty que maximiza el producto de ganancias sobre los productos de desacuerdo:

$$\max_{\rho \in [\rho^{min}, \rho^{max}]} (\pi_I^{Lic}(\rho) - I)^\beta (\pi_E^{Lic}(\rho) - E)^{1-\beta} \quad [38]$$

Donde las restricciones son que las ganancias sean estrictamente positivas:

$$\pi_I^{Lic}(\rho) - I > 0 \quad [39]$$

$$\pi_E^{Lic}(\rho) - E > 0 \quad [40]$$

Si la función objetivo se deriva respecto al parámetro de royalty y se iguala esa derivada a 0, se encuentra el valor de royalty que maximiza el producto de Nash. Tal que:

$$\rho_{Nash}^{int} = \beta(1 - E/V_G) + (1 - \beta)(I - V_D)/V_G \quad [41]$$

Esta fórmula proporciona el valor de royalty que maximiza la utilidad conjunta de los jugadores, donde:

- β representa el poder de negociación del titular. Se toma 0,5 como punto de partida
- $I = E[\pi_I^{Lit}]$ representa el punto de desacuerdo del incumbente, es decir, su beneficio esperado si no hay acuerdo y se va a juicio
- $E = E[\pi_E^{Lit}]$ representa el punto de desacuerdo del entrante, es decir, su beneficio esperado si no hay acuerdo y se va a juicio

Tanto I como E representan las ganancias mínimas que cada jugador aceptaría en una negociación. Por lo que, si el acuerdo no mejora dichos valores, se concluiría que no existe incentivo a cooperar.

La solución final se obtendría proyectando ρ_{Nash}^{int} al intervalo cooperativo de $[\max\{0, \rho^{min}\}, \min\{1, \rho^{max}\}]$.

Los resultados se muestran a continuación:

μ	$q(\mu)$	ρ^{min}	ρ^{max}	ρ^{Nash}	Beneficio I Nash	Beneficio E Nash
0,3	0,41	0,37	0,41	0,39	\$8,33 B	\$3,67 B
0,5	0,45	0,40	0,45	0,43	\$8,56 B	\$3,44 B
0,7	0,49	0,44	0,49	0,47	\$8,79 B	\$3,21 B

Tabla 10: Resultados caso Nash Bargaining (fuente: elaboración propia)

De los resultados se concluye que existe una solución cooperativa estable, ya que para cualquier valor de μ , el royalty óptimo se encuentra entre los límites mínimos y máximos. Para decidir qué opción es mejor, si litigar o licenciar, se comparan los beneficios obtenidos mediante la solución de Nash Bargaining con los obtenidos mediante el modelo pro-licencia (pro-L).

Se observa:

μ	Beneficio I pro-L	Beneficio I Nash	Beneficio E pro-L	Beneficio E Nash
0,3	\$8,20 B	\$8,33 B	\$3,54 B	\$3,67 B
0,5	\$8,42 B	\$8,56 B	\$3,30 B	\$3,44 B
0,7	\$8,64 B	\$8,79 B	\$3,06 B	\$3,21 B

Tabla 11: Tabla comparativa resultados modelo contractual y Nash Bargaining (fuente: elaboración propia)

Tal que, para todos los casos, ambos jugadores obtienen mayor beneficio tomando la opción de licenciar que mediante el litigio. Por lo tanto, se concluye que la licencia cooperativa puede sustituir al litigio como solución del equilibrio en aquellos casos donde el equilibrio es suficientemente amplio y los costes de litigación son muy elevados.

Con el objetivo de ilustrar gráficamente este apartado, se muestra la siguiente figura. En ella se representa la evolución de los umbrales de royalty y el royalty Nash, en función del nivel de incertidumbre del entrante.

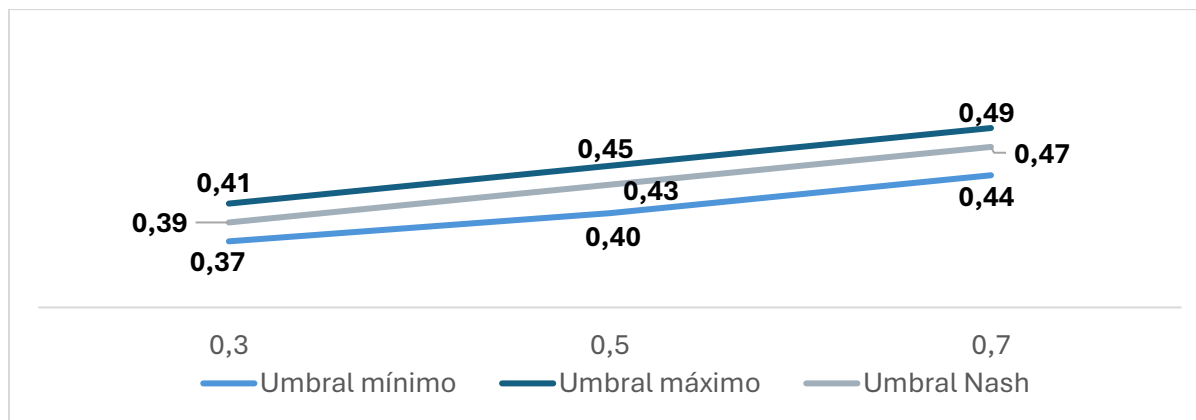


Figura 9: Relación valores de royalty y nivel de incertidumbre (fuente: elaboración propia)

En la gráfica se observa cómo los valores de royalty aumentan de manera monótona con el nivel de incertidumbre, teniendo aproximadamente la misma pendiente positiva para todos los umbrales. Además, la distancia entre las curvas se mantiene prácticamente constante para todos los valores de incertidumbre.

Con todo ello, no se observa ningún punto de inflexión. Esto indica que el modelo es estructuralmente estable frente a cambios en el nivel de incertidumbre del entrante.

3.5. Simulación Monte Carlo

El análisis anterior sirve cuando los parámetros son conocidos y fijos. Sin embargo, esta hipótesis es poco realista con respecto a lo que ocurre en la realidad. En la práctica, existe incertidumbre sobre las ventas futuras, sobre los costes de litigio y sobre las probabilidades de éxito judicial. Toda esta incertidumbre limita la capacidad del modelo para predecir el resultado del modelo.

Por ello, se lleva a cabo una simulación Monte Carlo con el objetivo de hacer más realista el modelo. Esta simulación permite tratar los parámetros como variables aleatorias. Así, se observa cómo se comporta el equilibrio cuando los parámetros se alejan de sus valores centrales.

Los parámetros que se considerarán inciertos son los parámetros de mercado, el coste de litigio del incumbente, y las probabilidades de éxito judicial. El nivel de creencia (μ) se considerará fijo.

Se define las siguientes distribuciones para los siguientes parámetros:

- Para los valores de mercado (V_M, V_D, V_G) se usará la distribución triangular centrada en los valores bases, pero con una variación del $\pm 20\%$. Este tipo de distribución es adecuada cuando se dispone de una estimación más probable y un rango razonable de máximos y mínimos
- Para el valor de coste de litigio del incumbente (C_I) se usará una distribución uniforme coherente con respecto a su valor base. Se elige este tipo de distribución ya que es adecuada en casos donde no se posee suficiente evidencia para asignar

mayor probabilidad a unos valores que a otros. Es decir, todos los datos dentro de ese intervalo se consideran igualmente posibles

- Para las probabilidades de éxito judicial (p_s, p_w) se usará la distribución triangular centrada en sus valores base, siguiendo el mismo criterio que para los valores del mercado

Tal que las distribuciones finales sean las expresadas a continuación:

$$V_M \sim \text{Triangular} (9,28; 11,6; 13,92) \quad [42]$$

$$V_D \sim \text{Triangular} (1,92; 2,4; 2,88) \quad [43]$$

$$V_G \sim \text{Triangular} (0,90; 1,12; 1,34) \quad [44]$$

$$C_I \sim \text{Uniforme} [5,15] \quad [45]$$

$$p_s \sim \text{Triangular} (0,50; 0,60; 0,70) \quad [46]$$

$$p_w \sim \text{Triangular} (0,25; 0,30; 0,45) \quad [47]$$

La lógica de la simulación de Monte Carlo es la siguiente. Para cada iteración se sortean valores de los parámetros en función de las distribuciones previamente definidas. Posteriormente se recalcula el equilibrio del juego (royalties, beneficios y royalty de Nash en caso de haber intervalo cooperativo). Esta lógica se repite un número de N veces (en la simulación, N=5.000), y se almacenan los resultados.

A partir de las distribuciones y el código definido en el Anexo 1, se han realizado 5.000 iteraciones para cada nivel de creencia para el caso base. Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

μ	Frecuencia equilibrios			Beneficio del incumbente			
	Licencia	Litigio	Entrada	Media	Mediana	P 5%	P 95%
0,3	0%	100%	0%	\$6,63 B	\$6,60 B	\$5,79 B	\$7,56 B
0,5	0%	100%	0%	\$7,00 B	\$6,97 B	\$6,12 B	\$7,96 B
0,7	0%	100%	0%	\$7,37 B	\$7,34 B	6,44 B	\$8,39 B

Tabla 12: Resultados Monte Carlo – Caso Base (fuente: elaboración propia)

La simulación Monte Carlo muestra que el equilibrio se da para el escenario de litigio en el 100% de las interacciones. Por otra parte, el valor esperado para el incumbente está entre \$5,8 B y \$8,4 B, y no existe para ninguna iteración un intervalo cooperativo. En el capítulo siguiente se incluye un análisis de estos resultados desde un punto de vista económico.

3.6. Análisis de sensibilidad

Los apartados anteriores muestran el modelo de Nash-Bayes cuando se usan parámetros fijos y, en el caso de Monte Carlo, cuando los parámetros están distribuidos aleatoriamente alrededor de sus valores centrales. En cambio, en este apartado se busca analizar cómo varía el equilibrio cuando los parámetros se modifican con respecto a su valor base.

Se estructura en 4 bloques:

- La sensibilidad al tamaño del mercado genérico
- La sensibilidad a las probabilidades de éxito judicial
- La sensibilidad al tipo de licencia y al nivel de royalty
- La sensibilidad al poder de negociación.

El análisis se aplica al escenario pro-licencia, ya que es el único en el que existe el intervalo cooperativo, y al escenario de litigio, ya que es el único dependiente del parámetro μ .

3.6.1. Sensibilidad al tamaño del mercado genérico (V_G)

El tamaño del mercado genérico interviene en los payoffs y en el umbral mínimo de royalty que necesita el incumbente.

$$E[\pi_I^{Lit}] = q(\mu)(V_M - V_D) - C_I + V_D \quad [48]$$

$$\rho^{min} = \frac{q(\mu)(V_M - V_D) - C_I}{V_G} \quad [49]$$

Se considera un rango de $\pm 20\%$ con respecto al valor del que se parte (\$6,0 B). Los demás parámetros se mantienen constantes. Los resultados se muestran a continuación:

μ	Variación	V_G	ρ^{min}	ρ^{max}
0,3	-20% V_G	4,8	0,46	0,41
0,3	V_G	6,0	0,37	0,41
0,3	+20% V_G	7,2	0,31	0,41
0,5	-20% V_G	4,8	0,50	0,45
0,5	V_G	6,0	0,40	0,45
0,5	+20% V_G	7,2	0,34	0,45
0,7	-20% V_G	4,8	0,55	0,49
0,7	V_G	6,0	0,44	0,49
0,7	+20% V_G	7,2	0,37	0,49

Tabla 13: Resultados análisis de sensibilidad mercado genérico (fuente: elaboración propia)

3.6.2. Sensibilidad a las probabilidades de éxito judicial

El siguiente análisis de sensibilidad se da para las probabilidades de éxito judicial por parte del incumbente. Estas probabilidades determinan la rentabilidad esperada de litigio a través de la siguiente fórmula:

$$q(\mu) = \mu \cdot p_s + (1 - \mu) \cdot p_w \quad [50]$$

Además, el umbral de royalty máximo y mínimo de royalty que está dispuesto a pagar el entrante también depende de p_s y p_w .

$$\rho^{max} = \mu \cdot p_s + (1 - \mu) \cdot p_w = q(\mu) \quad [51]$$

$$\rho^{min} = \frac{q(\mu)(V_M - V_D) - C_I}{V_G} \quad [52]$$

Por lo que, se modifican los valores de p_s y p_w 10 puntos porcentuales sobre su valor base (60% y 40% respectivamente), manteniendo la condición de que $p_s > p_w$. Los demás parámetros del modelo se mantienen constantes.

Los resultados son los siguientes:

μ	p_s	p_w	ρ^{min}	ρ^{max}
0,3	0,45	0,25	0,27	0,31
0,3	0,45	0,35	0,34	0,38
0,3	0,45	0,45	0,40	0,45
0,3	0,55	0,25	0,30	0,34
0,3	0,55	0,35	0,37	0,41
0,3	0,55	0,45	0,43	0,48
0,3	0,65	0,25	0,33	0,37
0,3	0,65	0,35	0,39	0,44
0,3	0,65	0,45	0,46	0,51
0,5	0,45	0,25	0,31	0,35
0,5	0,45	0,35	0,36	0,40
0,5	0,45	0,45	0,40	0,45
0,5	0,55	0,25	0,36	0,40
0,5	0,55	0,35	0,40	0,45
0,5	0,55	0,45	0,45	0,50
0,5	0,65	0,25	0,40	0,45
0,5	0,65	0,35	0,45	0,50
0,5	0,65	0,45	0,50	0,55
0,7	0,45	0,25	0,347	0,39
0,7	0,45	0,35	0,375	0,42
0,7	0,45	0,45	0,403	0,45
0,7	0,55	0,25	0,413	0,46
0,7	0,55	0,35	0,441	0,49

μ	p_s	p_w	ρ^{min}	ρ^{max}
0,7	0,55	0,45	0,469	0,52
0,7	0,65	0,25	0,478	0,53
0,7	0,65	0,35	0,506	0,56
0,7	0,65	0,45	0,534	0,59

Tabla 14: Resultados análisis de sensibilidad probabilidades de éxito judicial (fuente: elaboración propia)

3.6.3. Sensibilidad al tipo de licencia y al nivel de royalty

En tercer lugar, se analiza cómo varían los resultados si cambia el tipo de licencia concedida, y el porcentaje de royalty. Estos parámetros condicionan la probabilidad de que exista un intervalo cooperativo entre el incumbente y el entrante.

Si cambia el tipo de licencia

Al principio del capítulo se establece que, en la industria farmacéutica, se suele adoptar licencias exclusivas con tiered royalties sobre ventas netas (tres tramos en este caso).

En cambio, en este apartado se pretende evaluar cómo cambian los resultados del modelo si, en vez de ofrecer una licencia exclusiva, se ofrece una licencia no exclusiva. Esto implicaría que entrarían al mercado varios genéricos (V_G se reparte entre varios entrantes y cada uno obtendría una menor cuota).

Para ello, en este análisis se consideran reducciones del 25%, 50% y 75% sobre V_G . El resto de los parámetros se mantienen constantes, y se calculan los umbrales de intervalo cooperativo para cada caso.

Los resultados son los mostrados a continuación:

μ	Escenario	V_G	ρ^{min}	ρ^{max}	ρ
0,3	$0,75 * V_G$	4,5	0,49	0,41	0,089
0,3	$0,50 * V_G$	3,0	0,73	0,41	0,089

μ	Escenario	V_G	ρ^{min}	ρ^{max}	ρ
0,3	$0,30 * V_G$	1,8	1,22	0,41	0,089
0,5	$0,75 * V_G$	4,5	0,54	0,45	0,089
0,5	$0,50 * V_G$	3,0	0,81	0,45	0,089
0,5	$0,30 * V_G$	1,8	1,34	0,45	0,089
0,7	$0,75 * V_G$	4,5	0,59	0,49	0,089
0,7	$0,50 * V_G$	3,0	0,88	0,49	0,089
0,7	$0,30 * V_G$	1,8	1,47	0,49	0,089

Tabla 15: Resultados análisis de sensibilidad si cambia el tipo de licencia (fuente: elaboración propia)

Si cambia el royalty

En este escenario se busca analizar cómo se repartiría V_D entre incumbente y entrante en escenario cooperativo. Se considera que varía el EFR un $\pm 20\%$ con respecto al caso pro-licencia, tal que $\rho = 7\%$ y $\rho = 11\%$.

μ	ρ	ρ^{min}	ρ^{max}
0,3	0,07	0,37	0,41
0,3	0,089	0,37	0,41
0,3	0,11	0,37	0,41
0,5	0,07	0,40	0,45
0,5	0,089	0,40	0,45
0,5	0,11	0,40	0,45
0,7	0,07	0,44	0,49
0,7	0,089	0,44	0,49
0,7	0,11	0,44	0,49

Tabla 16: Resultados análisis de sensibilidad si cambia el royalty (fuente: elaboración propia)

3.6.4. Sensibilidad al poder de negociación del incumbente (β)

En este escenario se varía el valor del parámetro β . Valores más cercanos a 1 indican que el acuerdo favorece sobre todo al incumbente, mientras que valores más cercanos a 0 indica que el acuerdo favorece más al genérico. Para el modelo se escogió $\beta = 0,5$, y para el análisis de sensibilidad se escogen valores intermedios entre el medio y los extremos.

Los resultados se adjuntan a continuación:

μ	β	ρ^{Nash}
0,3	0,3	0,38
0,3	0,5	0,39
0,3	0,8	0,40
0,5	0,3	0,42
0,5	0,5	0,43
0,5	0,8	0,44
0,7	0,3	0,46
0,7	0,5	0,47
0,7	0,8	0,48

Tabla 17: Resultados análisis de sensibilidad al poder de negociación (fuente: elaboración propia)

4. Conclusiones Capítulo 5

El objetivo de este capítulo ha sido construir un modelo y posteriormente aplicarlo a los datos de un caso práctico.

En primer lugar, se ha puesto en contexto sobre el caso del patent cliff de Lipitor, y se ha explicado su relevancia en la industria. Además, se ha justificado por qué se considera que el caso práctico representa un stress test adecuado para el juego de Nash-Bayesiano.

Posteriormente, se ha particularizado los parámetros al sector farmacéutico y a los datos correspondientes al caso de Lipitor (Pfizer).

En tercer lugar, se ha obtenido los umbrales mínimos y máximos del valor de royalty para definir el rango de royalties en el que el acuerdo de licencia es mutuamente aceptable para el incumbente y el entrante.

A continuación, se ha obtenido la solución de equilibrio para los tres escenarios: entrada con licencia mediante un royalty sobre ventas del genérico, entrada sin licencia donde el incumbente decide litigar, y entrada sin licencia donde el incumbente decide aceptar la entrada. Comparando los tres escenarios, se observa que el incumbente obtiene mayor beneficio en el escenario de entrada con litigio. Es decir, el equilibrio del modelo es no cooperativo.

Por ello, se modifican los parámetros tal que se establece un escenario “pro-licencia”, con el objetivo de evaluar en qué casos se podría dar un escenario donde la cooperación fuese una opción viable. Dicho escenario se resuelve mediante Nash Bargaining.

En siguiente lugar, se plantea la cuestión de qué pasaría con el equilibrio si los parámetros se comportasen como variables aleatorias en vez de constantes fijas y conocidas. Este escenario se resuelve mediante la simulación de Monte Carlo, donde ciertos parámetros siguen una distribución triangular (parámetros de mercado y probabilidad de éxito en juicio), y otros siguen una distribución uniforme (coste de litigio del entrante).

Y, por último, se lleva a cabo un análisis de sensibilidad en el que se evalúa cómo se comporta el modelo si los parámetros varían un porcentaje determinado con respecto a su valor fijo. Se escoge realizar todos los análisis de sensibilidad sobre el escenario pro-licencia, ya que en dicho escenario existe la posibilidad de equilibrio de cooperación.

A continuación, en el siguiente capítulo se analizará de manera estratégica y económica los resultados obtenidos en este capítulo. Adicionalmente, se comparará los resultados obtenidos con lo que ocurrió realmente en la realidad.

Capítulo 6: Análisis de los resultados del modelo

En el capítulo anterior se definieron los parámetros de acuerdo al caso práctico y se ejecutó el modelo de Nash-Bayes bajo información incompleta. En este capítulo se analizan los resultados desde un punto de vista económico y estratégico, explicando cómo estos resultados reflejan los incentivos del incumbente y del entrante genérico.

Por lo tanto, este capítulo permite responder a las siguientes preguntas:

- ¿Qué escenario predice el modelo como racional antes de que expire la patente?
- ¿Cómo afecta la información incompleta al comportamiento del entrante?
- ¿Cómo afecta al comportamiento del entrante sus creencias sobre la fortaleza de la patente?
- ¿Cómo varía el resultado de la patente según el escenario?

Con todo ello, el capítulo se estructura de la siguiente manera. En primer lugar, se interpreta económicamente los umbrales del porcentaje de royalty. A continuación, se interpretan los resultados obtenidos para los tres escenarios del modelo. Posteriormente, se evalúa el rol de la información incompleta y las creencias del entrante sobre los resultados. A continuación, se interpretan los resultados obtenidos en la simulación de Monte Carlo y en el análisis de sensibilidad. Después se comparan los resultados del modelo con lo que ocurrió en la realidad en el caso de Lipitor. Por otro lado, se presentan las ventajas de utilizar la teoría de juegos frente a otros métodos tradicionales. Y, por último, a modo cierre, se explican las limitaciones que presenta el actual modelo, y cómo podría solucionarse en caso de necesidad.

1. Interpretación económica de los umbrales del porcentaje de royalty

En este apartado se interpretan los resultados de los umbrales de royalty obtenidos en el capítulo anterior, y se explican cómo estos valores condicionan el escenario considerado como equilibrio.

Además, se responde a las siguientes preguntas. Primero, ¿el equilibrio se da para el escenario de licencia, o se acude a litigio? Y, por otro lado, ¿cuáles son los valores críticos de royalty a partir de los cuales cambia el escenario de equilibrio?

1.1. Significado económico de ρ^{min} y ρ^{max}

El modelo de Nash-Bayes establece que un acuerdo de licencia es viable si existe un intervalo de royalties que sea mutuamente aceptable por el incumbente y el jugador.

El umbral inferior (ρ^{min}) es el royalty o pago mínimo que el incumbente (Pfizer) estaría dispuesto a aceptar para permitir que el genérico entrase a su mercado. Este parámetro refleja el coste de renunciar a una parte del monopolio, y la compensación necesaria para evitar ir a juicio. Por ello, este parámetro aumenta cuando el monopolio es valioso, la probabilidad del incumbente es alta, o los costes de litigio son bajos. Esto se debe a que el incumbente exigirá un pago más elevado para compensar la pérdida de exclusividad.

Por otro lado, el umbral superior (ρ^{max}) es el royalty o pago máximo que el entrante está dispuesto a pagar, antes que preferir ir a juicio. Disminuye cuando aumenta la probabilidad de que el incumbente gane el juicio, los costes de entrada o de litigio son elevados, o cuando el mercado post-litigio es suficientemente grande como para asumir el riesgo. En estos casos, el entrante reduce su disposición a pagar, ya que espera obtener más beneficio litigando que ofreciendo una licencia.

Del modelo de Nash-Bayes obtenemos que:

- Si $\rho^{min} \leq \rho^{max}$: sí existiría un rango de negociación, y el equilibrio se podría dar para el escenario de licencia (equilibrio cooperativo)
- Si $\rho^{min} > \rho^{max}$: no existe un rango de negociación, y el equilibrio se da para el escenario de litigio (equilibrio no cooperativo)

1.2. Interpretación de los resultados obtenidos

Del Capítulo 5 se obtuvieron los siguientes resultados:

μ	$q(\mu)$	ρ^{min}	ρ^{max}
0,3	0,46	3,77	0,45
0,5	0,50	4,10	0,49
0,7	0,54	4,43	0,53

Tabla 18: Resultados umbrales parámetro royalty sobre ventas de genérico (fuente: elaboración propia)

Como se puede observar, los umbrales de royalty varían en función de μ . A medida que aumenta μ , el entrante asigna mayor probabilidad a que la patente sea fuerte, y adopta una estrategia de entrada al mercado menos agresiva. Por ello, los umbrales de royalty cambian en función del nivel de información incompleta.

Además, se observa que se cumple $\rho^{min} > \rho^{max}$ para todo nivel de creencia. Esto indica que no existe ningún nivel de royalty que satisfaga de manera simultánea a Pfizer y al entrante. En este caso, la estrategia óptima para el entrante sería entrar sin acuerdo, mientras que el Pfizer preferiría litigar para defender su monopolio.

1.3. Qué escenario predice el modelo

Con todo ello, el modelo predice un equilibrio no cooperativo. Según los umbrales de royalty obtenidos, no se alcanza en ningún caso un acuerdo de licencia. Por lo tanto, la decisión racional para ambos jugadores es estratégica y no cooperativa.

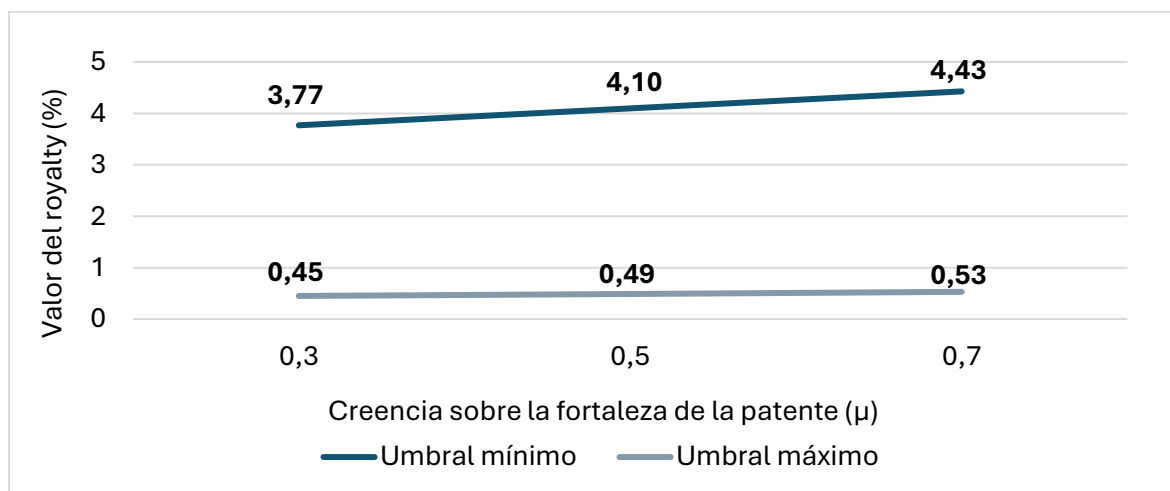


Figura 10: Gráfica umbrales de royalty (fuente: elaboración propia)

Esta decisión se ve reflejada en la gráfica, donde, al no intersecar ninguna curva, se concluye que no existe un rango de royalties compatible con el acuerdo de licencia.

Adicionalmente, se observa que la brecha entre los umbrales mínimo y máximo aumenta a medida que aumenta el nivel de incertidumbre μ . Y, además, el umbral mínimo crece más rápido que el umbral máximo. Todo esto indica que, a medida que aumenta la creencia sobre la fortaleza de la patente, el incumbente exige un royalty mayor, mientras que la disposición de pagar del genérico disminuye. Estos resultados refuerzan la inexistencia de un intervalo de negociación, y por ello, un posible acuerdo entre jugadores.

2. Interpretación de los resultados de los tres escenarios del modelo

En este apartado se interpretan los resultados obtenidos en el capítulo anterior para los tres escenarios del modelo: licencia aceptada, entrada con litigio y entrada sin litigio. Se evalúan los incentivos de cada jugador, qué escenario maximiza cada beneficio, y bajo qué condiciones resultan racionales.

2.1. Interpretación del escenario de licencia aceptada

En este escenario, el entrante le ofrece al incumbente un royalty sobre sus ventas a cambio de que renuncie al monopolio. Ambos jugadores internalizan la competencia, evitan el coste adicional de ir a juicio, y se reparten el valor del mercado.

Los resultados son deterministas ya que no existe ni incertidumbre ni litigio. Por lo tanto, en este escenario, el beneficio de Pfizer es de \$2,50 B y el del entrante es de \$1,02 B.

Como se ha mencionado en el apartado anterior, para que Pfizer prefiera este escenario el royalty debe de ser suficientemente alto. Sin embargo, los resultados de los umbrales muestran que no existe ningún royalty mutuamente aceptable para el entrante y para Pfizer.

Por lo tanto, se concluye que, aunque es un escenario económicamente viable, no es el óptimo para Pfizer.

2.2. Interpretación del escenario de entrada con litigio

En este escenario, el entrante accede al mercado sin licencia y el incumbente acude a juicio. Los resultados dependen del nivel de creencia del entrante sobre la fortaleza de la patente, ya que esta creencia determina la probabilidad que asigna a que Pfizer gane el juicio. Esto condiciona los pagos esperados de ambos jugadores.

En base a esto, se obtienen los siguientes resultados:

- Para el escenario de creencia baja ($\mu = 0,3$) sobre la fortaleza de la patente, el beneficio de Pfizer sería \$6,63 B, mientras que el del entrante sería \$0,60 B
- Para el escenario de creencia media ($\mu = 0,5$) sobre la fortaleza de la patente, el beneficio de Pfizer sería \$6,99 B, mientras que el del entrante sería \$0,55 B
- Y, por último, para el escenario de creencia alta ($\mu = 0,7$) sobre la fortaleza de la patente, el beneficio de Pfizer sería \$7,36 B, mientras que el del entrante sería \$0,51 B

Estos resultados muestran que, si la creencia sobre la fortaleza de la patente es suficientemente alta, la opción de litigar protege el monopolio. Además, el valor del monopolio (\$11,60 B) compensa el coste de litigio, comparando con los beneficios que obtendría.

Por otro lado, a medida que aumenta la creencia sobre la fortaleza de la patente, Pfizer ve cómo aumenta su beneficio ya que significa mayor probabilidad de mantener su monopolio. En cambio, el entrante ve reducido su beneficio esperado. Obtendría mayor beneficio aceptando la opción de licencia. Sin embargo, no es una opción factible ya que el entrante no acepta el royalty exigido por Pfizer.

2.3. Interpretación del escenario de entrada sin litigio

En este escenario, Pfizer decide ni litigar ni aceptar el royalty. Otorga entrada libre al genérico, y ambos jugadores compiten directamente.

En este escenario, el beneficio del incumbente sería de \$2,40 B, y el del entrante sería de \$1,12 B. En este escenario el incumbente pierde su posición dominante, mientras que el entrante se ve beneficiado. Por lo tanto, se concluye que no es un escenario realista, porque Pfizer siempre preferirá litigar en comparación a aceptar otros escenarios.

2.4. Comparativa entre escenarios

A modo conclusión, se adjunta la siguiente tabla:

Escenario	Pfizer			Entrante		
Licencia	\$2,50 B			\$1,02 B		
Litigio	\$6,63 B	\$6,99 B	\$7,36 B	\$0,60 B	\$0,55 B	\$0,51 B
Entrada libre	\$2,40 B			\$1,12 B		

Tabla 19: Comparativa entre escenarios (fuente: elaboración propia)

Los resultados muestran unas diferencias muy marcadas para los tres escenarios.

Para Pfizer, el litigio es su estrategia óptima, ya que el beneficio que obtendría es 2,5-3 veces superior al que obtendría en el acuerdo de licencia y entrada libre. Esto refleja una característica clave de la industria farmacéutica: cuando el valor del monopolio es muy elevado, y la probabilidad de éxito judicial por parte del incumbente es alta, el incumbente internaliza un coste muy elevado por renunciar a la exclusividad. Para él, cualquier solución cooperativa es económicamente inferior.

En cambio, el entrante obtiene su mayor beneficio para el escenario de entrada libre. Sin embargo, este resultado no es realmente viable, ya que el incumbente siempre preferirá litigar para bloquear este escenario. Por lo tanto, pese a que es un escenario teóricamente posible, es estratégicamente imposible.

En cuanto al escenario de licencia, para el incumbente sólo sería una opción si el litigio fuese poco atractivo. Y, en cambio, para el entrante sería una opción atractiva si prefiriese ofrecer un royalty a cambio de ir a juicio. Sin embargo, como se ha observado en el apartado anterior, esta no es una opción posible debido a la existencia de un intervalo vacío. Por lo

que, pese a que es un escenario posible, no lo es estratégicamente para ningún nivel de incertidumbre.

Por lo tanto, se concluye que el equilibrio es no cooperativo, y la decisión racional tomada por los jugadores es la entrada con litigio.

3. Interpretación de los resultados del caso pro-licencia

En el capítulo anterior se anticipaba que el escenario racional era el de litigio. Sin embargo, para analizar la dinámica del modelo en casos donde la cooperación es una opción viable, se plantea un nuevo escenario “pro-licencia”. En él, se modifican ciertos parámetros para analizar en qué condiciones podría existir un acuerdo de licencia.

De esta manera, en este apartado se busca responder a las siguientes preguntas. Primero, ¿qué condiciones deben de cambiar para que exista un intervalo de negociación? Y, segundo, ¿cómo se modifican los incentivos de los jugadores cuando el entorno favorece la cooperación?

3.1. Condiciones para crear un equilibrio cooperativo

Para que el incumbente acepte una licencia, los beneficios que obtenga deben de ser comparables a los beneficios que obtendría en caso de litigar. Esto implica reducir los umbrales de royalty tal que se evite el solapamiento de ambos.

Por tanto, según las ecuaciones de Nash-Bayes, la cooperación se ve favorecida cuando se dan las siguientes condiciones:

- Cuando el valor del mercado del incumbente en duopolio se acerca a su valor en monopolio. Así, el incumbente exigiría un royalty menor, ya que la pérdida de la exclusividad no sería tan grave. Es decir, un aumento de V_D
- Cuando el genérico tiene mayor poder comercial. Esto indicaría mayor poder para ofrecer un royalty que el incumbente estuviese dispuesto a aceptar. Es decir, un aumento de V_G

- Cuando el litigio es menos atractivo para el incumbente. Es decir, que aumenten sus costes de litigio, y disminuya la probabilidad de éxito por su parte. Es decir, un aumento de C_I y una disminución de p .
- Cuando el litigio supone un coste menor para el entrante, ya que reduce la penalización asociada a ir a juicio, y aumenta marginalmente su disposición a pagar un royalty. Es decir, una disminución de C_E

De esta manera, modificando los correspondientes parámetros, se obtiene una solución cooperativa al obtener $\rho^{min} \leq \rho^{max}$.

3.2. Cambios en los incentivos estratégicos

Con los nuevos parámetros, se recuerdan los resultados del capítulo anterior.

μ	Caso base		Caso pro-licencia	
	ρ^{min}	ρ^{max}	ρ^{min}	ρ^{max}
0,3	3,77	0,45	0,37	0,41
0,5	4,10	0,49	0,40	0,45
0,7	4,43	0,53	0,44	0,49

Tabla 20: Comparación umbrales de royalty para el caso base y pro-licencia (fuente: elaboración propia)

En este caso, para todos los valores de incertidumbre, se cumple que $\rho^{min} \leq \rho^{max}$. La reducción de ρ^{min} y el aumento de ρ^{max} son la consecuencia de haber modificado la estructura de incentivos del juego. Al aumentar el valor del mercado en duopolio, Pfizer sufre una pérdida menor al dejar entrar al genérico en el mercado. Esto hace que se reduzca su exigencia mínima para aceptar una licencia. De manera contraria, la disposición de pagar del entrante aumenta por: el aumento en su capacidad de capturar valor del mercado, un litigio menos atractivo para Pfizer, y menos penalización para el genérico.

Todas estas modificaciones hacen que los umbrales se desplacen en direcciones opuestas, permitiendo que se dé la condición de $\rho^{min} \leq \rho^{max}$ y la existencia de un posible equilibrio cooperativo.

Comparando los beneficios del caso base y del caso pro-licencia, se obtendrían los siguientes pagos:

Caso	Escenario	μ	Beneficio Pfizer	Beneficio Genérico
Caso base	Entrada con licencia	-	\$2,50 B	\$1,02 B
	Entrada con litigio	0,3	\$6,63 B	\$0,60 B
		0,5	\$6,99 B	\$0,55 B
		0,7	\$7,36 B	\$0,51 B
	Entrada sin litigio	-	\$2,40 B	\$1,12 B
Caso pro-licencia	Entrada con licencia	-	\$6,53 B	\$5,47 B
	Entrada con litigio	0,3	\$8,20 B	\$3,54 B
		0,5	\$8,42 B	\$3,30 B
		0,7	\$8,64 B	\$3,06 B
	Entrada sin litigio	-	\$6,00 B	\$6,00 B

Tabla 21: Comparación beneficios incumbente y entrante para el caso base y pro-licencia (fuente: elaboración propia)

Se observa que, bajo estas condiciones, Pfizer no descarta cooperar ya que el litigio es una opción menos atractiva con respecto al caso base. Por otra parte, el entrante obtiene beneficios más atractivos a los del caso base, donde su única opción era litigar.

Sin embargo, pese a estos resultados, la opción de litigio sigue siendo la más atractiva de manera racional para Pfizer. Esto se ve representado en la siguiente figura, donde se comparan gráficamente los beneficios esperados para el incumbente en ambos casos, el base y el pro-licencia. Para el caso de entrada con litigio, se muestra $\mu = 0,5$ al ser el valor medio.

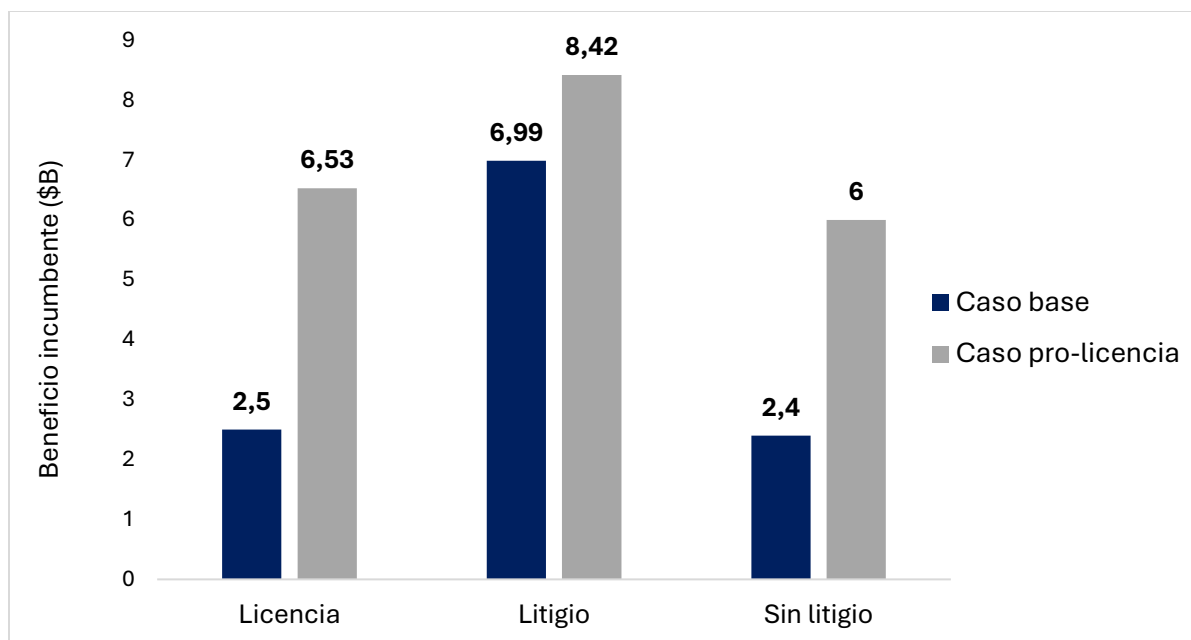


Figura 11: Comparativa escenarios por parte del incumbente (fuente: elaboración propia)

3.3. Conclusiones de la viabilidad de acuerdos de licencia

Con todo ello, se concluye que la cooperación será una opción viable cuando:

- La diferencia entre el beneficio del incumbente para monopolio y duopolio no es muy grande. Si la diferencia es pronunciada, el incumbente tenderá elegir el litigio
- Los costes judiciales aumentan tal que sea atractivo litigar
- El valor del monopolio no es muy elevado. De manera contraria, cuando el monopolio es muy fuerte y rentable, la mejor opción para el incumbente suele ser litigar

4. Rol de la información incompleta en las creencias del entrante

La información incompleta viene representada a través del parámetro μ , y representa la probabilidad subjetiva del genérico de que la patente sea fuerte.

Por lo tanto, este apartado busca responder a las siguientes preguntas: ¿cómo afecta μ a la decisión del genérico? Y, en base a ello, ¿en qué situaciones decide entrar de forma agresiva arriesgando juicio, o negociar?

4.1. Cómo afecta μ a las creencias del genérico

Cuando μ es baja (en el modelo toma el valor de 0,3), el entrante percibe la patente como débil. En este escenario, el entrante cree que tiene un potencial alto de conseguir invalidar la patente, y conseguir abrir el mercado a su favor. Por lo tanto, la estrategia óptima del entrante sería entrar agresivamente y forzar el litigio.

En cambio, cuando μ es alta (en el modelo toma el valor de 0,7), el entrante percibe la patente como fuerte. Esto supondría que el incumbente tiene muchas probabilidades de ganar el juicio y mantener su monopolio. Por lo tanto, la estrategia óptima del entrante sería evitar el juicio. Optaría por aceptar una licencia en caso de existir la posibilidad, o, en caso contrario, retrasar la entrada.

Sin embargo, valores intermedios de μ (en el modelo toma el valor de 0,5) hacen que la decisión sea más sensible. En función de qué variación de información haya, el entrante se inclinará hacia entrar al mercado o negociar.

Es importante mencionar que, en el modelo, el equilibrio es el mismo (litigio) para cualquier valor de μ . Sin embargo, los pagos del entrante se ven reducidos a medida que aumenta μ .

Por lo tanto, se concluye que la información incompleta no cambia el tipo de equilibrio, únicamente cambia el riesgo asumido y el beneficio esperado por el entrante.

4.2. Representación gráfica de las regiones de decisión

La siguiente figura representa de manera conceptual las regiones de decisión del entrante en función de su nivel de incertidumbre y de la diferencia entre monopolio y duopolio (Δ). De esta manera, se consigue determinar si el entrante considera como mejor opción negociar, competir o forzar la entrada.

Δ muy alto (>10)	Litigio	Litigio	Litigio
Δ alto (9,2)	Litigio	Litigio	Litigio
Δ medio (5,6)	Entrada agresiva	Pospone	Negocia
Δ bajo (3,0)	Entrada libre	Entrada agresiva	Negocia
	μ bajo (0,3)	μ medio (0,5)	μ alto (0,7)

Figura 12: Regiones de decisión del entrante en función de la incertidumbre y la diferencia de valor entre monopolio y duopolio (fuente: elaboración propia)

Cuando la diferencia entre el valor del monopolio y duopolio es elevada, el incumbente pierde valor al cooperar. Por eso, el equilibrio se concentra en el litigio. Por otro lado, para valores intermedios de Δ y elevados de incertidumbre, la negociación puede ser una opción. Y, tanto cuando Δ y la incertidumbre son pequeños, el entrante tiende a entrar al mercado (de forma agresiva o libre).

4.3. Actualización de las creencias del entrante

Este modelo ha seguido un enfoque simple, y por eso únicamente muestra una etapa. Sin embargo, podría aumentar su complejidad e incluir varias etapas. En este caso, la lógica bayesiana permite interpretar cómo se actualizarían las creencias μ .

Por ejemplo, un incumbente que litiga de manera recurrente, y gana dichos juicios, envía una señal de patente fuerte. Esto tiende a aumentar el valor de μ en futuros entrantes. En cambio, por el contrario, retiradas de demandas o fallos se pueden interpretar como

muestras de debilidad por parte de la patente. Esto disminuiría el valor de μ , e incentivaría entradas más agresivas por parte de los genéricos.

Por lo tanto, se concluye que las decisiones de los jugadores no dependen únicamente de parámetros económicos, si no de cómo perciben la fortaleza jurídica de la patente. En el caso de Lipitor, Pfizer tuvo que defender activamente su patente durante muchos años. Por lo tanto, es razonable pensar que μ es elevada. Sin embargo, se han estudiado todos los escenarios con el fin de proporcionar un punto de vista conservador.

5. Resultados de la simulación de Monte Carlo

La simulación de Monte Carlo nace por el intento de evaluar la robustez del modelo cuando sus parámetros dejan de ser fijos y pasan a ser valores aleatorios simultáneos. Para ello, se distribuye los parámetros de mercado, costes de litigio y probabilidades de éxito judicial alrededor de sus valores base con distribuciones uniformes y triangulares.

Con todo ello, este análisis pretende responder a las siguientes preguntas. En primer lugar, ¿qué escenario sigue siendo estable cuando todos los parámetros varían a la vez? Y, en segundo lugar, ¿en qué medida estas variaciones modifican el beneficio esperado del incumbente?

Los resultados muestran que, para las 5.000 iteraciones, el equilibrio se da siempre para el caso de litigio independientemente del valor de la incertidumbre. Esto indica que el equilibrio no cooperativo es un escenario muy robusto, ya que no varía para ningún valor aleatorio de los parámetros considerados.

Desde un punto de vista económico, esto significa que el litigio siempre es la mejor respuesta para el incumbente. El monopolio es tan valioso para Pfizer, que no está dispuesto a cooperar, ya que prioriza proteger su mercado.

Por otro lado, pese a que el escenario óptimo de equilibrio no cambia, sí cambia el beneficio esperado del incumbente para cada valor de incertidumbre.

- Para $\mu = 0,3$, el beneficio del incumbente varía entre \$ 5,79 B y \$ 7,56 B

- Para $\mu = 0,5$, el beneficio del incumbente varía entre \$ 6,12 B y \$ 7,96 B
- Para $\mu = 0,7$, el beneficio del incumbente varía entre \$ 6,44 B y \$ 8,39 B

De estos resultados se observa que, hasta para los escenarios menos favorables (percentil inferior, que indicaría un mercado desfavorable, un litigio muy caro y baja probabilidad de ganar), el beneficio de litigar sigue siendo superior a el beneficio que se obtendría en cualquier otro escenario.

Por lo tanto, se concluye que el incertidumbre modifica la cuantía del beneficio esperado, pero no la decisión óptima para el incumbente. Es decir, el equilibrio es extremadamente robusto frente a variaciones aleatorias y realistas de los parámetros del modelo.

6. Análisis de sensibilidad

Al contrario que la simulación de Monte Carlo, el análisis de sensibilidad evalúa cómo varía el resultado del modelo cuando se modifican de manera individual los parámetros que determinan los pagos de los jugadores, y los umbrales de negociación.

Por lo tanto, este análisis pretende responder a las siguientes preguntas: ¿qué parámetros cambian el equilibrio? ¿Qué valores son críticos? Y, por último, ¿qué factores determinan cómo de robusto es el modelo?

Este análisis se realiza sobre el escenario de pro-licencia, ya que es el único en el que aparece la opción de equilibrio cooperativo. Dentro del escenario cooperativo, se analiza el escenario de litigio. Así se observa qué variaciones de los parámetros causa que se valore la estrategia de licencia o la de litigio.

6.1. Interpretación de la sensibilidad al tamaño del mercado genérico

El análisis de sensibilidad comienza por la modificación del tamaño del mercado genérico. Este parámetro determina la pérdida relativa del incumbente al pasar de monopolio a duopolio.

Los resultados se muestran gráficamente en la siguiente figura, para variaciones del mercado del genérico de \$4,8B, \$6,0B y \$7,2B:

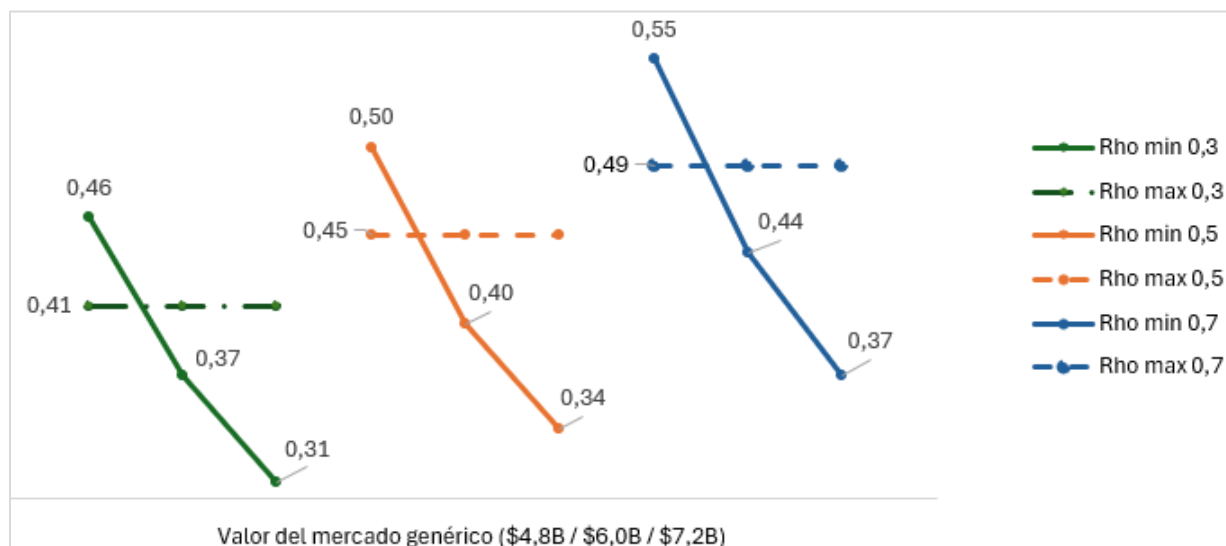


Figura 13: Gráfica sensibilidad del mercado genérico en función del grado de incertidumbre (fuente: elaboración propia)

Según lo observado en la gráfica, se sigue el mismo patrón para todos los valores de incertidumbre. A medida que aumenta el tamaño del mercado genérico, disminuye el umbral de royalty mínimo exigido por el incumbente. En cambio, se mantiene constante el umbral máximo que está dispuesto a pagar el entrante. Esto tiene una razón matemática, ya que ρ^{max} no depende del mercado genérico. Por lo que, pese a que el mercado genérico aumentaría, no aumenta su disposición a pagar un royalty.

Por otro lado, el umbral ($\rho^{max} = \rho^{min}$) de mercado genérico que determina si se da un equilibrio cooperativo o no, para cada tipo de incertidumbre, es:

- Para $\mu = 0,3$, el punto de inflexión es \$5,47 B
- Para $\mu = 0,5$, el punto de inflexión es \$5,40 B
- Para $\mu = 0,7$, el punto de inflexión es \$5,45 B

Por lo tanto, se concluye que, para valores del mercado genérico inferiores al umbral, se obtiene $\rho^{min} > \rho^{max}$, por lo que no existe intervalo de negociación y el equilibrio es no

cooperativo. En cambio, para valores superiores al umbral, se obtiene $\rho^{min} < \rho^{max}$, por lo que sí existe intervalo de negociación y el equilibrio es cooperativo.

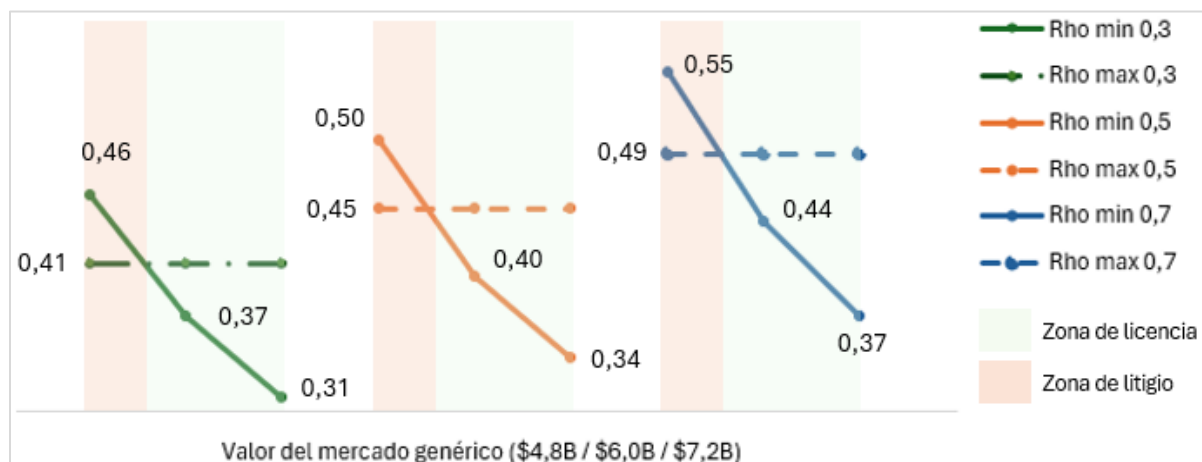


Figura 14: Gráfica sensibilidad del mercado genérico en función del grado de incertidumbre, segmentado por zonas (fuente: elaboración propia)

Este análisis muestra que la cooperación no surge de manera automática cuando aumenta la incertidumbre. También requiere que aumente el tamaño del mercado genérico, tal que el incumbente acepte un royalty menor sin reducir su compensación total. Así, se fomentaría la opción de licencia frente a litigio. En cambio, el entrante no modifica su disposición a pagar: el umbral máximo se mantiene constante para cualquier valor de incertidumbre.

Por lo tanto, la cooperación únicamente ocurre en determinadas combinaciones de incertidumbre y tamaño de mercado.

6.2. Interpretación de la sensibilidad a las probabilidades de éxito judicial

Las probabilidades de éxito judicial determinan la rentabilidad esperada del litigio y los umbrales de royalty.

Para el incumbente, una mayor probabilidad de victoria indica que el juicio es más rentable y menos arriesgado. Por lo tanto, exige un umbral mínimo más alto. Así, la cooperación es atractiva si la licencia compensa la oportunidad de ganar en los tribunales. En cambio, para el entrante es al revés. Una mayor probabilidad indica que aumenta su riesgo de perder el

juicio. Por lo tanto, aumenta su umbral máximo aceptable, ya que está dispuesto a pagar un mayor royalty para así evitar ir a juicio.

Por ello, un entorno judicial para el incumbente encarece la cooperación para el entrante, y fortalece el poder de negociación del entrante.

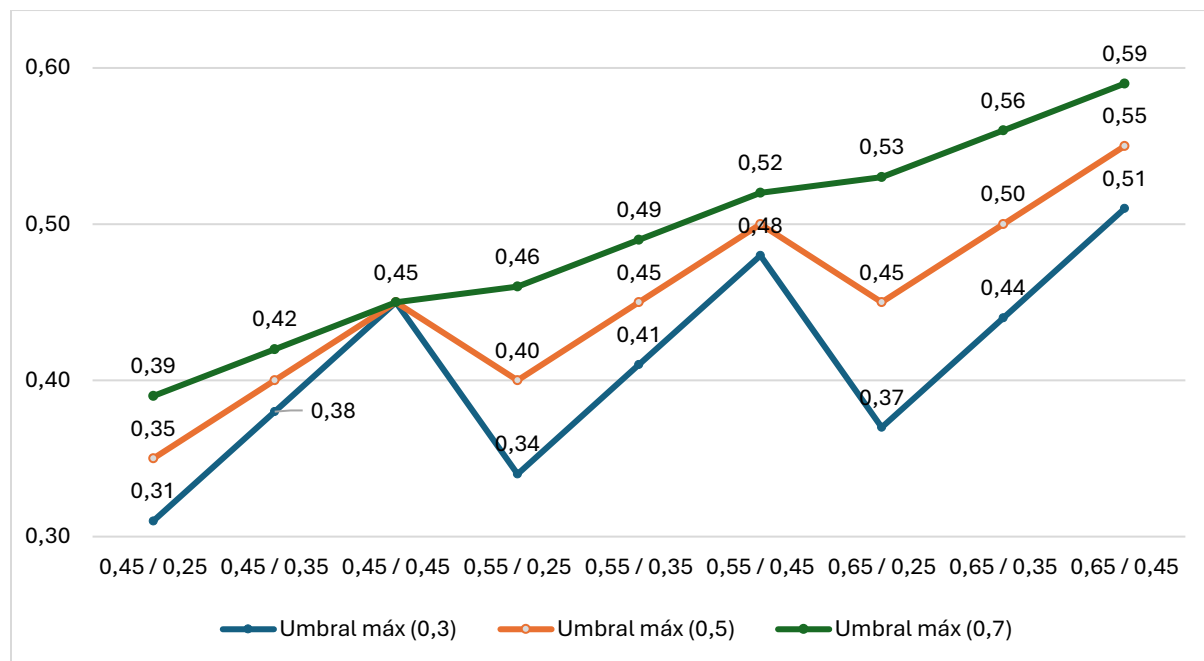


Figura 15: Gráfica umbral máximo de royalty para un análisis de sensibilidad de aumento de las probabilidades de éxito (p_s/p_w), para todo nivel de incertidumbre (fuente: elaboración propia)

Como se puede observar a partir de la gráfica, todas las curvas siguen la misma tendencia creciente. Destaca el punto de $p_s = 0,45$ y $p_w = 0,45$, donde las tres curvas convergen en el mismo valor. Esto se debe a que cuando no hay diferencia entre escenario fuerte y débil, la incertidumbre deja de importar. En ese punto, la información incompleta deja de ser relevante para el genérico.

Después de la convergencia, las curvas vuelven a separarse y mantienen una separación constante. Esto muestra que la incertidumbre produce un desplazamiento vertical ya que intensifica o reduce la disposición a pagar. Sin embargo, no cambia el patrón de sensibilidad frente a las probabilidades.

6.3. Interpretación de la sensibilidad al tipo de licencia

Este análisis muestra cómo varían los umbrales de cooperación cuando la licencia deja de ser exclusiva, y pasa a ser no exclusiva. De esta manera, se permitiría que varios genéricos entrasen al mercado a la vez. Esto conllevaría a una reducción del tamaño del mercado genérico para el entrante del modelo, ya que dicha cuantía se reparte entre varios jugadores.

Este análisis se representa gráficamente en la siguiente figura:

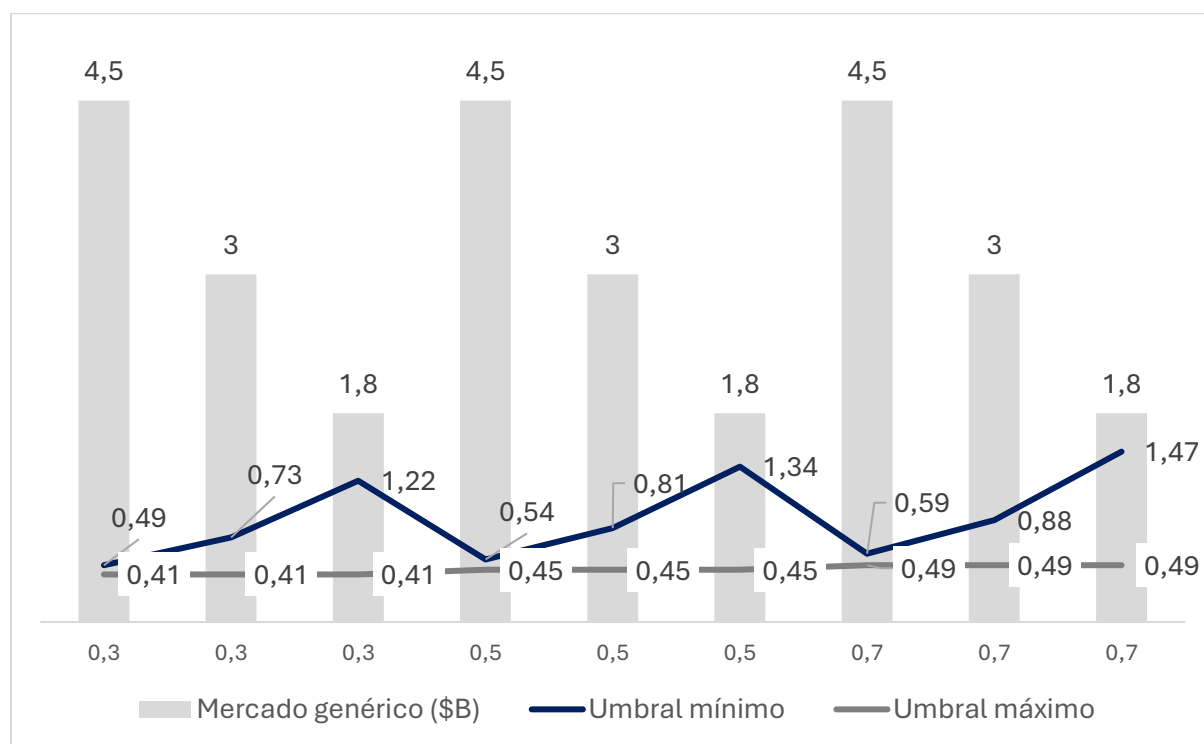


Figura 16: Gráfica umbrales de royalty para un análisis de sensibilidad al tipo de licencia, para todo nivel de incertidumbre (fuente: elaboración propia)

De esta gráfica observamos varias tendencias. En primer lugar, a medida que disminuye el mercado genérico, se observa cómo el umbral mínimo crece de forma pronunciada para cualquier nivel de incertidumbre. Esto se debe a que, dado que V_G es menor, para que se valore la opción de licencia, el incumbente necesita un royalty mayor para obtener el mismo beneficio que obtendría litigando.

En cambio, el umbral máximo se mantiene constante para cada valor de incertidumbre. Esto es porque no depende del mercado del genérico, depende únicamente de las probabilidades de éxito judicial.

Por lo tanto, de este análisis se concluye que la viabilidad de la licencia depende de que el mercado del genérico sea lo suficientemente grande. En caso de no serlo, el incumbente preferirá litigar.

6.4. Interpretación de la sensibilidad al nivel de royalty

De manera paralela al análisis del subapartado anterior, este análisis muestra cómo varían los umbrales de cooperación cuando se varía el porcentaje de royalty concedido. En este escenario, se considera que varía el EFR un $\pm 20\%$, tal que $\rho = 7\%$ y $\rho = 11\%$.

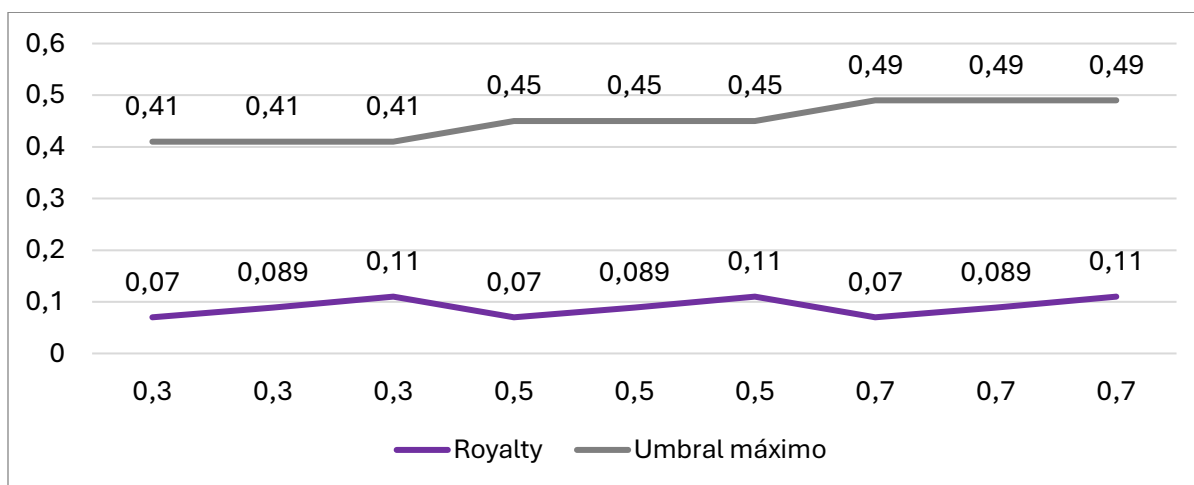


Figura 17: Gráfica para un análisis de sensibilidad al nivel de royalty vs umbral máximo, para todo nivel de incertidumbre (fuente: elaboración propia)

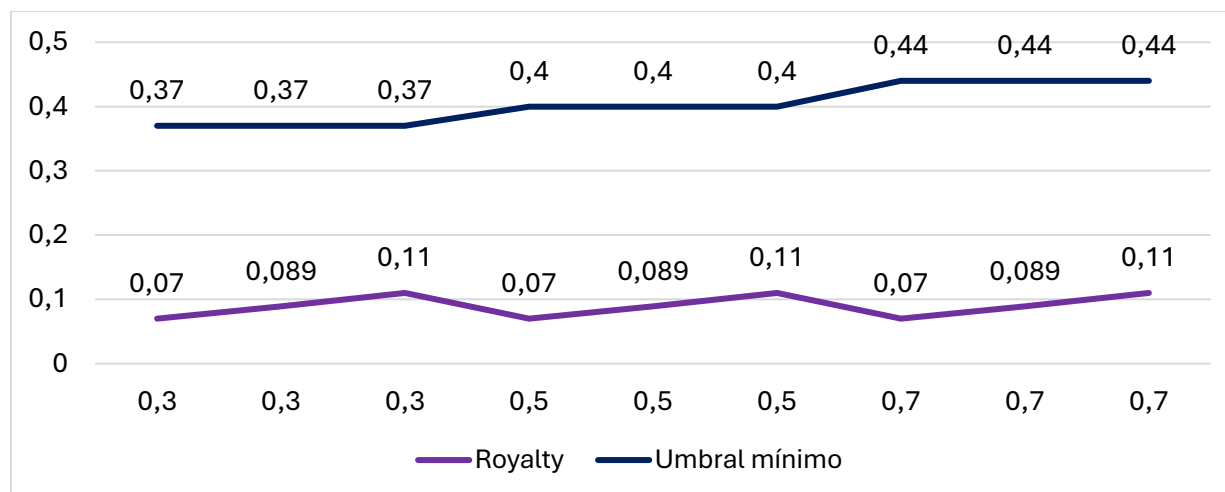


Figura 18: Gráfica para un análisis de sensibilidad al nivel de royalty vs umbral mínimo, para todo nivel de incertidumbre (fuente: elaboración propia)

De ambas gráficas se concluye que el royalty propuesto no afecta al intervalo cooperativo: los umbrales máximos y mínimos se mantienen constantes. Por lo tanto, modificar el royalty no hace más ni menos probable que exista un acuerdo. Únicamente redistribuye el beneficio dentro del intervalo determinado por las características económicas y judiciales del caso.

6.5. Interpretación de la sensibilidad al poder de negociación

Por último, este análisis muestra cómo varía el royalty negociado (cómo se reparte el valor entre Pfizer y el genérico) cuando varía el poder de negociación del incumbente (β). Es decir, cuando hay cooperación posible.

Valores próximos a 1 indican que el acuerdo favorece sobre todo al incumbente. De manera contraria, valores cercanos a 0 indican que el entrante tiene mayor poder de negociación.

En el modelo se utilizó un valor intermedio (0,5), pero se evalúan los valores inferiores y superiores (0,3 y 0,8) para todo tipo de incertidumbre (0,3, 0,5 y 0,7).

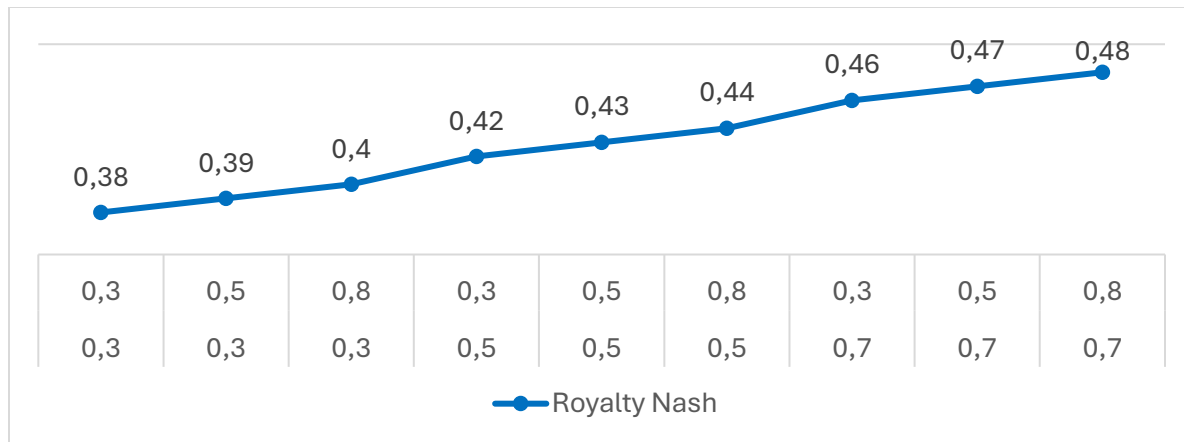


Figura 19: Gráfica para un análisis de sensibilidad la sensibilidad del poder de negociación del incumbente, para todo nivel de incertidumbre (fuente: elaboración propia)

Los resultados muestran que el royalty negociado aumenta de manera casi lineal a medida que aumenta el poder de negociación del incumbente (0,3/0,5/0,8). Esto indica que cuando el incumbente tiene mayor poder de negociación, consigue imponer un royalty más alto. Y, de manera contraria, cuando el genérico tiene mayor poder de negociación, el royalty negociado es más bajo.

Sin embargo, las variaciones entre valores de ρ^{Nash} son pequeñas. Por lo tanto, se concluye que, para el caso práctico, grandes variaciones de β desplazan poco el resultado final.

7. Comparación con el caso real Lipitor

Una vez se han analizado los resultados del modelo, se compara qué ocurrió en la realidad con los resultados obtenidos. De esta manera, se pretende evaluar cómo de preciso es el modelo, a la vez que se responden las siguientes preguntas: ¿cómo se comportó Pfizer y el entrante genérico? ¿Coincide con lo predicho por el modelo?

Lipitor fue durante varios años el medicamento con mayores ventas del mundo. Alcanzó su pico de ventas en 2006 (\$12,9B), y en 2010 representaba más del 16% de los ingresos totales de Pfizer (\$10,7B) ^[66].

Sin embargo, su monopolio comenzó a decaer en 2011 cuando expiró la patente principal de Lipitor (US 4.681.893). A pesar de que implementó estrategias para proteger su posición

de mercado, no pudo evitar la entrada de los primeros competidores genéricos a finales de 2011 (Ranbaxy^[66], por ejemplo). En consecuencia, esta pérdida de exclusividad se convirtió en 2012 en una reducción aproximada del 60% de las ventas. Durante los siguientes años, la pérdida de exclusividad de comercialización del medicamento generó una bajada de precios y una sustitución progresiva de medicamentos genéricos, lo que causó que Pfizer perdiese cuota de mercado e ingresos. Este suceso se conoce como patent cliff.

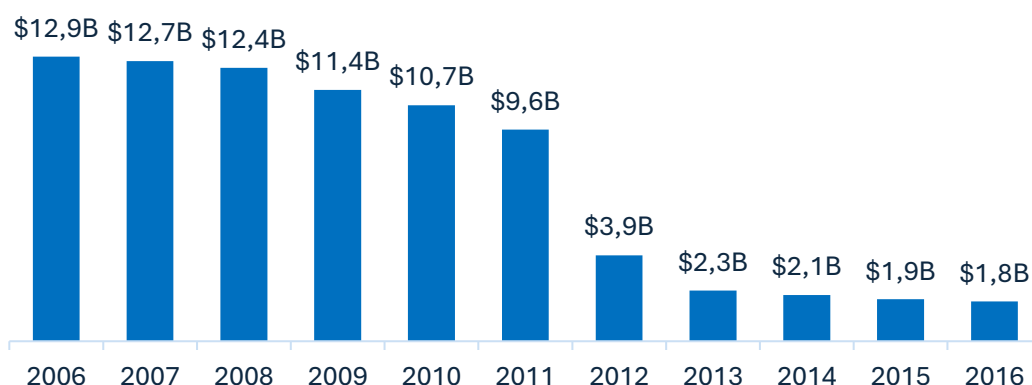


Figura 20: Ventas Lipitor 2006-2016 (fuentes: [73-78], elaboración propia)

El elemento principal de este caso es la asimetría de información. Pfizer conocía el valor económico y la fortaleza jurídica de su patente, pero los demás entrantes no, por lo que debían de formular creencias sobre la solidez de la misma.

Los entrantes intentaron acceder el mercado en varios momentos previos a la expiración de la patente. Por ejemplo, en 2004, Ranbaxy presentó dos demandas frente las patentes estadounidenses de US 4.681.893 y US 5.273.995 para intentar comercializar un genérico del medicamento Lipitor. Después de varios años de juicio, en 2008 alcanzaron un acuerdo en el que Pfizer accedía a no obstaculizar la comercialización del genérico, a cambio de que Ranbaxy retrasara su entrada al mercado hasta la fecha de expiración de la patente ^[85]. Finalmente, Ranbaxy sacó su primer medicamento genérico el 1 de diciembre de 2011, disfrutando del periodo de exclusividad de 180 días otorgado por la ley ^[79].

Estos hechos son coherentes con lo recogido por el modelo. El litigio era altamente rentable para Pfizer debido a la fortaleza de su patente y su alta probabilidad de éxito. Por otra parte,

los entrantes percibían un riesgo elevado de perder el juicio. Por lo tanto, la negociación sólo fue posible mediante un acuerdo extrajudicial que aplazó la entrada del genérico.

Por todo ello, lo que pasó en el Caso Lipitor es coherente con lo predicho por el modelo: el incumbente mantiene su estrategia agresiva para depender su patente, la cooperación no surge ya que no existe un royalty mutuamente aceptable, y la negociación aparece como forma de acuerdo extrajudicial con el objetivo de no alargar los litigios, pero sin adoptar forma de licencia.

8. Ventajas del modelo Nash-Bayesiano frente a otros métodos

En la industria farmacéutica, el análisis del mercado frente a entrada de genéricos suele realizarse con métodos estáticos. Por ejemplo, proyecciones de ventas, análisis de caída de precios, estimaciones de cuota futura... Estos enfoques presentan la desventaja de que asumen un único desenlace, y no incorporan la interacción estratégica entre jugadores.

Por ejemplo, los análisis estáticos suelen plantear hipótesis como: “si el genérico entra, las ventas del incumbente caen un determinado porcentaje”, o “si hay acuerdo, se aplica un royalty determinado”. Pero no explican el por qué debería darse un escenario u otro, ni qué incentivos mueven a cada jugador. En cambio, la teoría de juegos determina qué escenario surge en equilibrio según las creencias del genérico, las probabilidades de éxito judiciales, el tamaño del mercado del genérico, o los pagos relativos para cada acción de cada jugador.

Además, los métodos tradicionales no capturan el comportamiento del entrante basado en la incertidumbre. Asumen un riesgo fijo, pero no cómo afecta al comportamiento estratégico de los jugadores. En cambio, el modelo de Nash-Bayes permite incorporar cómo cambia el comportamiento del genérico, el del entrante, y cómo dichos comportamientos modifican el equilibrio del juego.

Por otro lado, los métodos tradicionales no explican por qué un entrante preferiría retrasar su entrada, o por qué un incumbente aceptaría una licencia. Adicionalmente, no modelan el riesgo judicial y el beneficio económico. En cambio, el modelo Nash-Bayes muestra

cuándo existe un intervalo cooperativo ($\rho^{min} \leq \rho^{max}$), y cuándo no, lo que proporciona una justificación estratégica a estas decisiones.

Por todo ello, se concluye que el modelo Nash-Bayes desarrollado en este TFM adopta un enfoque complementario a los métodos tradicionales. No busca sustituir, si no complementar, ya que determina qué estrategia es racional para cada jugador, y bajo qué condiciones el equilibrio surge para los distintos escenarios analizados.

9. Limitaciones del modelo

El modelo construido en el TFM es una representación útil de la negociación estratégica entre un titular de la patente (incumbente) y un potencial entrante genérico bajo información incompleta. Sin embargo, es un modelo teórico, y por ello presenta una serie de limitaciones que determinan su alcance y su precisión.

En primer lugar, únicamente se tiene en cuenta un entrante genérico. Esta es una limitación importante, ya que en la realidad entran numerosos competidores al mercado tras la expiración de una patente. El tener en cuenta a un único entrante puede ser realista para la negociación inicial (por ejemplo, Ranbaxy durante los primeros 180 días de exclusividad). Sin embargo, no capta la competencia posterior entre múltiples genéricos, el efecto sobre los precios, la erosión progresiva del mercado...

Por otro lado, el modelo se centra en una única patente. En la realidad, el medicamento Lipitor estaba protegido por numerosas patentes y protecciones extras. Todo ello complica la valoración del litigio y pueden modificar la probabilidad de éxito judicial.

Por otro lado, no se incorpora el marco regulatorio completo (Hatch-Waxman Act) de EE.UU. Este marco incorpora elementos que no han sido modelados, como por ejemplo certificados de equivalencia (ANDA), incentivos a litigio “at risk”, o posibilidad de contra demandas.

Adicionalmente, el modelo tiene carácter estático, y solo tiene en cuenta una etapa de decisión. Por lo tanto, no tiene en cuenta la actualización dinámica de creencias o la

existencia de señales estratégicas entre jugadores. Esto se capturaría con una versión secuencial o de varias etapas.

Y, por último, se asume que los parámetros son conocidos y constantes, cuando la realidad es que el tamaño del mercado evoluciona, los costes judiciales varían según el caso, los genéricos pueden entrar con distintas capacidades productivas... El análisis de Monte Carlo y sensibilidad pretenden abordar esta incertidumbre, pero siguen siendo simplificaciones.

10. Conclusiones Capítulo 6

El objetivo de este capítulo ha sido analizar desde un punto de vista estratégico y económico los resultados del modelo obtenidos en el capítulo anterior.

Para ello, en primer lugar, se han analizado los resultados de los umbrales de royalty obtenidos en el modelo. Se ha explicado cómo estos valores condicionan el escenario considerado como equilibrio, y cuáles son los valores de royalty a partir de los cuales cambia el escenario de equilibrio.

En segundo lugar, se han interpretado los resultados obtenidos para los tres escenarios considerados en el modelo. Pese a que del apartado anterior se concluye que el equilibrio se da para el escenario de litigio, se han analizado los otros dos escenarios con el objetivo de complementar el análisis.

En línea con lo comentado anteriormente, para analizar en qué casos sería posible el equilibrio cooperativo, se han analizado los resultados para el caso “pro-licencia”. De esta manera, se ha estudiado las condiciones bajo las cuales es posible el escenario de negociación.

En cuarto lugar, se ha evaluado el rol de la información incompleta en las creencias del entrante. De esta manera, se ha analizado cómo afecta la incertidumbre en la decisión del genérico, para así determinar en qué situaciones sigue una estrategia u otra.

Posteriormente, en quinto y sexto lugar, se ha llevado a cabo dos análisis distintos (Monte Carlo y sensibilidad). Monte Carlo muestra que el modelo es robusto ante variaciones simultáneas aleatorias de los parámetros. Y, por otra parte, con el análisis de sensibilidad se han identificado qué parámetros determinan la estabilidad del equilibrio.

A continuación, se llevó a cabo una comparación de lo que ocurrió realmente en el caso Lipitor, con el equilibrio obtenido en el modelo de Nash-Bayes. Se concluyó que el modelo es coherente con lo ocurrido en la realidad: Pfizer mantuvo su estrategia agresiva para defender su patente. La negociación surgió como una opción extrajudicial, para que no se alargasen los juicios, pero no tomó el valor de licencia ya que no era rentable para ninguno de los jugadores.

En séptimo lugar se presentaron las ventajas de usar Nash-Bayes como un método complementario a los métodos tradicionales utilizados en situaciones de patent cliff. Se concluye que no busca sustituir, si no complementar, ya que permite determinar cuál es la mejor estrategia para cada jugador, teniendo en cuenta niveles de incertidumbre, información incompleta y creencias de ambos jugadores.

Y, por último, se presentaron las limitaciones del modelo desarrollado, destacando entre ellas la presencia de un único entrante, la valoración de una única patente, y que presenta carácter estático. También se presentaron una serie de acciones, las cuales servirían para ampliar el enfoque del modelo.

Con todo ello, el siguiente capítulo incluye el informe económico del Trabajo de Fin de Grado. Este estudio económico ofrece una perspectiva económica complementaria al análisis de los resultados realizado en el presente capítulo.

Capítulo 7: Análisis económico

En el capítulo anterior se analizaron los resultados obtenidos tras la ejecución del modelo de Nash-Bayes aplicado al caso práctico elegido. Se analizaron los resultados desde un punto de vista estratégico, donde se identificaron qué escenarios resultan racionales para los jugadores bajo información incompleta. A partir de este análisis estratégico, se concluye que el equilibrio se da para el escenario de litigio.

El objetivo de este capítulo es complementar el análisis estratégico con una interpretación económica de los resultados obtenidos. Se pretende analizar qué implicaciones económicas derivan del equilibrio, en términos de creación o destrucción de valor, costes del mercado, etc., además de su impacto sobre los incentivos de los jugadores y el mercado.

Para ello, el capítulo se organiza de la siguiente manera. En primer lugar, se analizan las implicaciones económicas de que el equilibrio se dé para el escenario de litigio, comparando los beneficios obtenidos frente a los escenarios alternativos. A continuación, se analiza el impacto económico de descartar el escenario de licencia, y se explica por qué no existe un reparto de valor atractivo para ambas partes. Y, finalmente, se evalúa el impacto económico del equilibrio para los distintos jugadores y el mercado.

1. Implicaciones económicas de que el equilibrio resulte en litigio

El resultado del modelo indica que, cuando los jugadores actúan de manera racional, Pfizer opta por litigar. Esta decisión estratégica y racional tiene una interpretación económica. Litigar conlleva una pérdida de valor con respecto a la situación del monopolio, pero dicha pérdida es significativamente menor que la que sufriría si aceptase conceder una licencia. Dado el alto valor de su monopolio, el incumbente prefiere asumir los costes asociados al litigio, antes que aceptar una reducción de sus ventas al conceder una licencia.

En las siguientes figuras se observa de manera gráfica los beneficios de Pfizer para todos los escenarios.

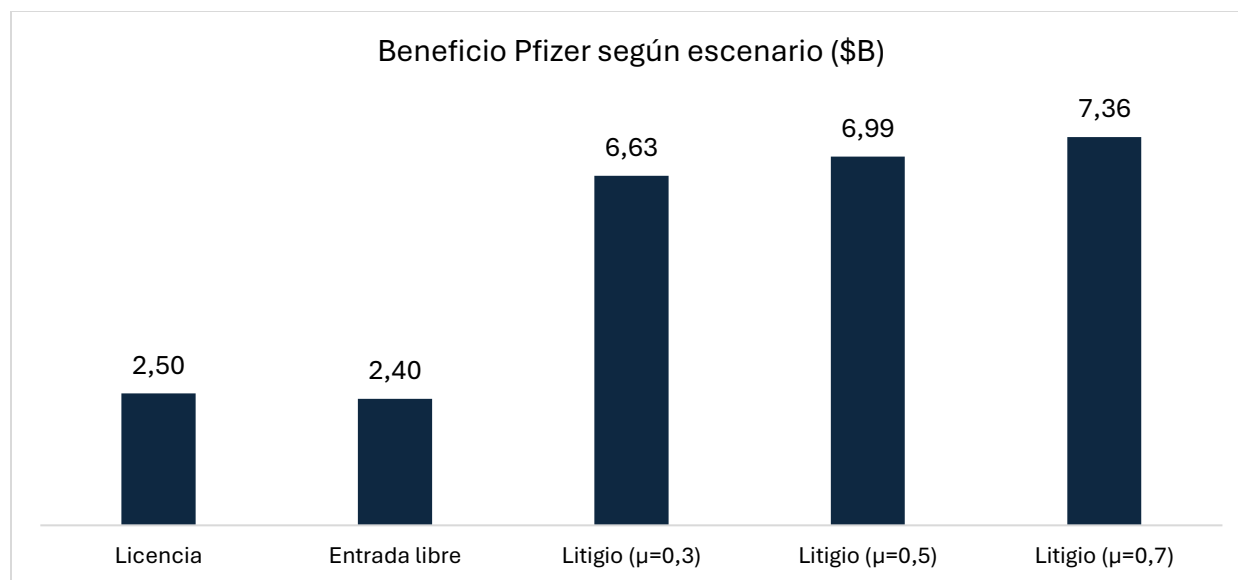


Figura 21: Beneficio Pfizer según escenario (fuente: elaboración propia)

A partir de estos resultados, se concluye que, aunque litigar supone una pérdida de valor respecto al monopolio de entre el 37% y el 43%, dicha pérdida es significativamente menor con respecto a la que se produciría si el incumbente aceptase la licencia, donde la pérdida es de aproximadamente el 78% (\$9,1 B sobre \$11,6 B del monopolio).

Estas conclusiones se representan gráficamente en términos de valor absoluto, para los 3 escenarios: litigio incertidumbre media (escenario intermedio), licencia, y entrada libre.

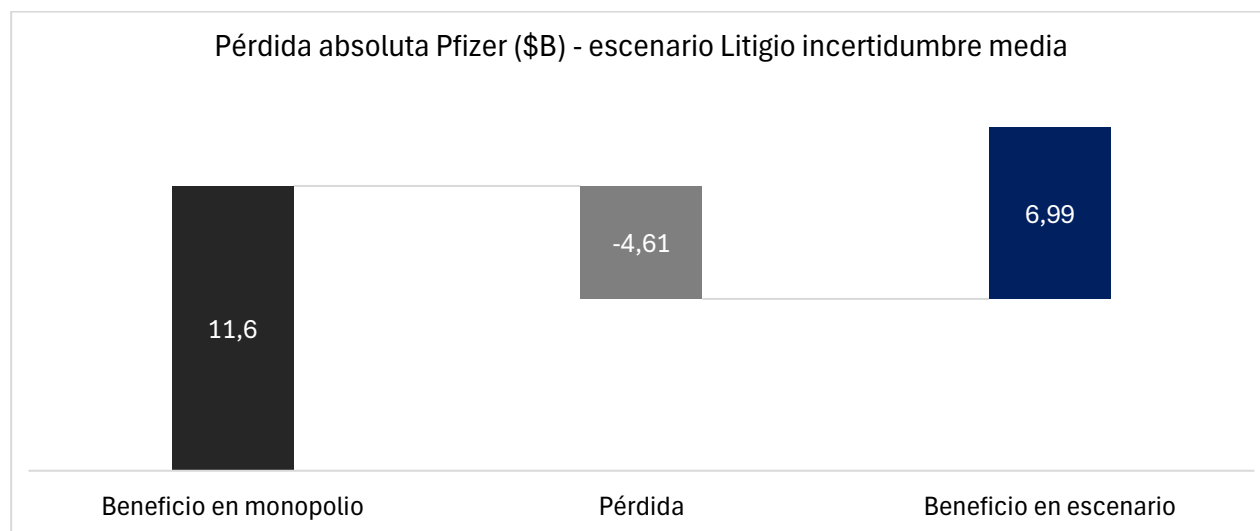


Figura 22: Pérdida absoluta Pfizer - escenario Litigio incertidumbre media (fuente: elaboración propia)

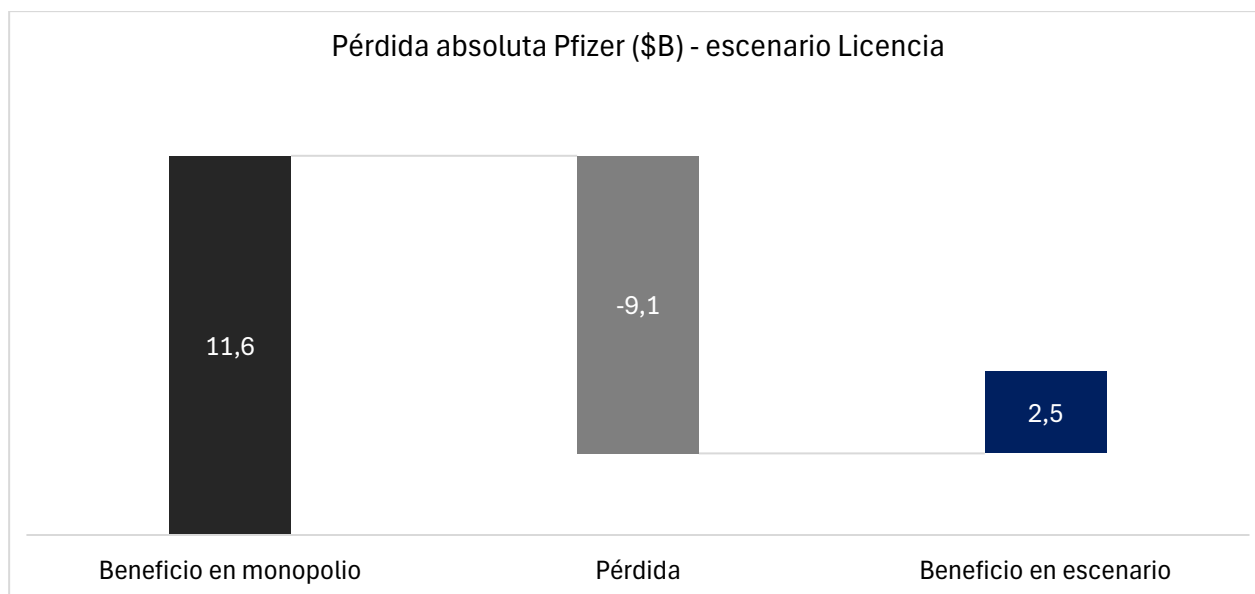


Figura 23: Pérdida absoluta Pfizer - escenario Licencia (fuente: elaboración propia)

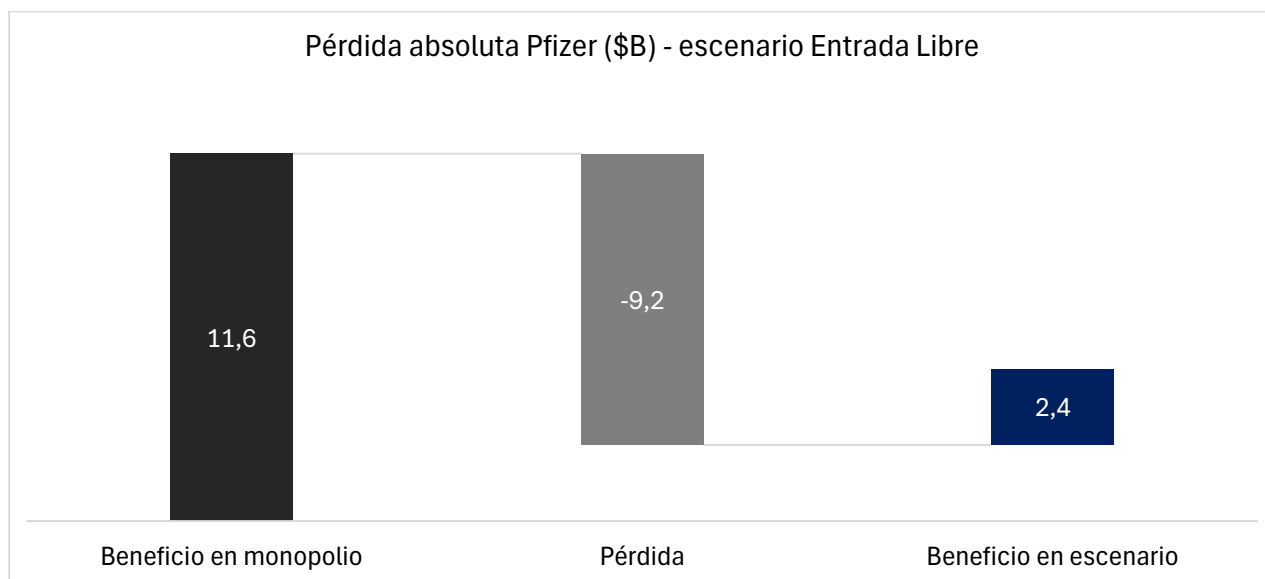


Figura 24: Pérdida absoluta Pfizer - escenario Entrada Libre (fuente: elaboración propia)

Por lo tanto, desde una perspectiva económica, el litigio se puede interpretar como un mecanismo de preservación de valor. Mediante el litigio, Pfizer renuncia parcialmente a sus ventas, pero protege una parte de las mismas. En cambio, si aceptase una licencia, el valor económico mantenido por el incumbente se reduciría en mayor medida. Por lo tanto, esta

última opción es económicamente inviable, pese a que conlleva beneficios como reducción de costes del mercado.

Adicionalmente, el coste judicial de litigar (\$7,0 M en el modelo) es muy reducido en comparación con el valor del mercado mantenido. Económicamente esto refuerza el incentivo a litigar, ya que el coste judicial esperado es muy pequeño en comparación con el valor que se busca proteger.

Por último, que el equilibrio sea litigio es una característica de los mercados protegidos por patentes. Cuando las rentas asociadas al monopolio son muy elevadas, las acciones legales son herramientas económicas para defender la exclusividad. Por lo tanto, el litigio es una consecuencia directa de los incentivos económicos que genera la protección por patente.

A continuación, se analiza la implicación económica de descartar el escenario de licencia.

2. Interpretación económica de descartar licencia

Los resultados del modelo muestran que no existe un intervalo de royalties mutuamente aceptable para los jugadores. Esto, desde un punto de vista económico, indica que la licencia no es una opción viable ya que, aunque genera valor, dicho valor no se reparte de forma que resulte atractiva para Pfizer.

Para el incumbente, aceptar una licencia implicaría renunciar a una parte significativa de sus ventas a cambio de un royalty sobre las ventas del genérico. Sin embargo, los resultados indican que el nivel de royalty que compensaría su renuncia al mercado es superior al que el entrante está dispuesto a pagar. Económicamente esto indica que el coste de oportunidad de perder la exclusividad es demasiado elevado para Pfizer, incluso teniendo en cuenta los ingresos adicionales de la licencia.

En cambio, para el entrante, la licencia supondría una entrada legal y reduciría su riesgo de perder en el litigio. Sin embargo, el royalty exigido por el incumbente reduciría de forma significativa su beneficio esperado. Por lo tanto, aunque es una opción que reduce la incertidumbre del entrante, no mejora su rentabilidad en cuanto a términos económicos.

Por lo tanto, se descarta el escenario de licencia al no existir un reparto de valor simultáneamente atractivo para los jugadores. Pese a que la cooperación podría reducir costes legales y aportar mayor estabilidad al mercado, los beneficios generados no son suficientes para compensar la pérdida de rentas del incumbente, ni satisfacer la rentabilidad del entrante. En este contexto, la solución más eficiente para el mercado no es compatible con los incentivos económicos de los jugadores.

3. Impacto económico del equilibrio en el mercado

Este apartado se divide en tres secciones: análisis de los efectos del litigio sobre la competencia y la eficiencia del mercado, análisis de la dimensión temporal del equilibrio estratégico, y las implicaciones dinámicas sobre la industria farmacéutica.

3.1. Efectos del litigio sobre la competencia y la eficiencia del mercado

Que el equilibrio se dé para el escenario de litigio afecta a las decisiones individuales de los jugadores, pero también afecta al funcionamiento del mercado farmacéutico.

En primer lugar, el litigio implica un retraso en la entrada efectiva del genérico. El incumbente mantiene su posición dominante mientras dure el proceso judicial, lo que indica una prolongación de precios elevados y menor presión competitiva. Desde un punto de vista económico, esto supone una pérdida de eficiencia para el mercado, ya que retrasa el acceso a genéricos más baratos.

En segundo lugar, el litigio supone costes adicionales para el sistema. Dichos costes no están directamente relacionados con la producción ni con la innovación. Son costes asociados a procedimientos judiciales y asesoramiento legal. Por lo tanto, representan un uso ineficiente del capital al no contribuir a la creación de valor productivo. Es cierto que son costes relativamente pequeños para las empresas en cuestión, pero a nivel agregado suponen una carga para el funcionamiento del mercado.

En tercer lugar, el litigio supone mayor incertidumbre regulatoria y legal, lo que puede afectar a decisiones de inversión o a estrategias futuras de entrada en mercados similares.

Por lo tanto, se concluye que, aunque la cooperación podría generar beneficios en cuanto a competencia y reducción de costes, no es una opción viable debido a los beneficios económicos asociados a la exclusividad del titular de la patente. Y, en consecuencia, el mercado actúa en un equilibrio racional para los jugadores, pero menos eficiente desde un punto de vista agregado.

3.2. Dimensión temporal del equilibrio

La decisión de litigar tiene efectos estáticos e implicaciones económicas a lo largo del tiempo. En este caso, el de un medicamento cuya patente está próxima a expirar, se puede interpretar como una herramienta para influir en los beneficios a lo largo del tiempo.

Antes del patent cliff, el incumbente presenta un elevado incentivo a proteger su monopolio debido al alto valor económico asociado a la exclusividad. En esta fase, el incumbente mantiene precios elevados, lo que le permite maximizar sus rentas. Es un periodo caracterizado por una demanda relativamente inelástica, lo que hace que se refuerce el incentivo a defender la patente. Por ello, el litigio sirve para frenar la entrada anticipada del genérico. Además, transmite al mercado que el incumbente confía en la solidez de su patente al defenderla en los tribunales.

Durante el proceso judicial, el mercado permanece en un escenario de competencia limitada. El incumbente conserva una parte importante de sus ventas, y la entrada del genérico se retrasa. Este periodo es una prolongación “artificial” del poder del mercado. Es decir, precios superiores a los que habría en un entorno con competencia. Además, desde una perspectiva económica, esta fase permite al incumbente mantener beneficios en el tiempo. Esto incrementa el valor económico de la patente al descontarse a valor presente.

Y, finalmente, una vez resuelto el litigio, el mercado puede evolucionar hacia escenarios distintos en función del resultado del litigio. Si el incumbente gana el juicio y la patente es validada, el incumbente mantiene su exclusividad durante más tiempo. Esta opción refuerza la rentabilidad del litigio. En cambio, si el incumbente pierde el juicio, la entrada del genérico se produce de forma abrupta. Esto generaría una caída muy rápida de precios

y beneficios, lo que se conoce como *patent cliff*. Este escenario beneficia a los consumidores, ya que pueden acceder a precios más bajos. Sin embargo, representa una reducción significativa de las ventas del titular de la patente.

En la realidad ocurrió un escenario intermedio. Pfizer ganó el juicio frente a Ranbaxy, pero ambas partes alcanzaron un acuerdo que permitió aplazar la entrada del genérico unos meses. Este retraso permitió a Pfizer extender parcialmente las rentas del monopolio, y suavizar la caída de beneficios tras la pérdida de la exclusividad.

La siguiente figura resume la evolución temporal del mercado en el escenario de litigio, desde la fase de monopolio, hasta la entrada de genéricos por el patent cliff.

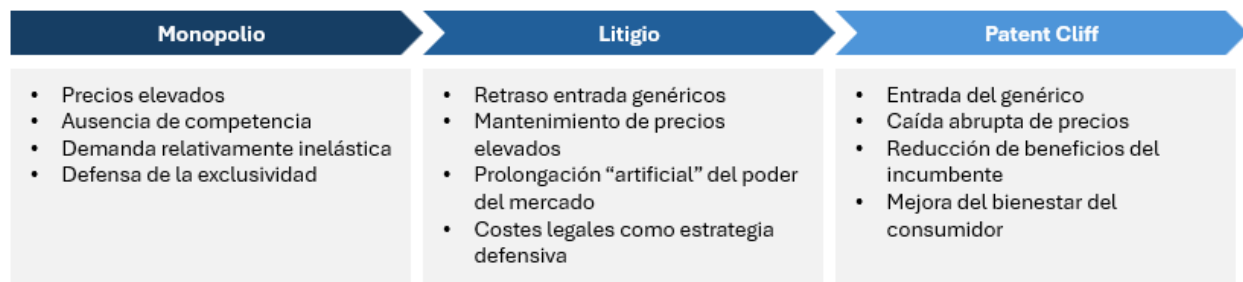


Figura 25: Evolución temporal del modelo

3.3. Implicaciones para la industria farmacéutica

El litigio es una estrategia recurrente en la industria farmacéutica cuando la patente de un medicamento está cerca de expirar. Esto se debe a que es una herramienta para retrasar la entrada de genéricos y prolongar el poder de mercado.

Esto puede afectar a las decisiones de entrada de los genéricos y a la intensidad competitiva de la industria, ya que incrementa la incertidumbre y los costes de acceso al mercado. Además, la expectativa de litigio puede retrasar o desincentivar la entrada del genérico, si son fuertes sus creencias de perder el juicio.

Por lo tanto, en conjunto, esto representa una característica muy importante de la industria farmacéutica. La protección por patente y el litigio generan incentivos a la innovación y a la

defensa de la exclusividad. Pero también pueden dar lugar a resultados menos eficientes en término del mercado, ya que retrasan la competencia y la reducción de precios.

4. Conclusiones Capítulo 7

El objetivo de este capítulo es complementar el análisis estratégico del capítulo anterior con una interpretación económica de los resultados obtenidos. A partir del equilibrio identificado en capítulos anteriores, se ha evaluado qué implicaciones económicas derivan de que el resultado sea litigio.

En primer lugar, desde un punto de vista económico, el litigio actúa como un mecanismo de preservación de valor para el titular de la patente. Supone una pérdida de valor con respecto al monopolio, pero es una pérdida menor con respecto a los otros escenarios. Esto explica que el litigio sea la estrategia racional para el incumbente. Este análisis se ha apoyado en una comparación gráfica de beneficios, y en el análisis de la pérdida de valor en términos absolutos.

En segundo lugar, se ha explicado por qué el escenario de licencia se descarta. Aquí se concluye que no existe un reparto del valor generado que sea simultáneamente atractivo para ambos jugadores, pese a los beneficios de la cooperación.

Y, por último, se ha analizado los efectos del equilibrio de litigio a nivel mercado, donde se ha incorporado una dimensión temporal. El litigio retrasa la entrada de genéricos, prolonga los precios elevados, y permite al incumbente extender las rentas asociadas a la exclusividad. Este es un comportamiento racional desde el punto de vista de los jugadores, pero genera costes adicionales y pérdida de eficiencia desde una perspectiva agregada.

A partir de este análisis, en el capítulo siguiente se presentan las conclusiones generales del presente Trabajo de Fin de Máster.

Capítulo 8: Conclusiones del Trabajo de Fin de Máster

Este capítulo representa el cierre del Trabajo de Fin de Máster. En él se recogen las principales conclusiones obtenidas a lo largo del Trabajo, se evalúa el cumplimiento de los objetivos del trabajo, y se presentan líneas de investigación futuras con el objetivo de ampliar el alcance del trabajo.

1. Conclusiones del TFM

El presente Trabajo de Fin de Máster ha analizado el valor de las patentes farmacéuticas en situaciones caracterizadas por la incertidumbre e información incompleta. Mientras que los métodos tradicionales de valoración tratan la patente como un activo estático, el enfoque de este trabajo permite entender la patente como un activo estratégico, cuyo valor económico depende de la interacción entre jugadores.

El modelo de Nash-Bayes desarrollado incorpora explícitamente la incertidumbre sobre la fortaleza de la patente, los costes de litigio y los resultados judiciales. La aplicación del modelo al caso Lipitor muestra que, bajo supuestos realistas de la industria farmacéutica, el equilibrio resultante es no cooperativo. En concreto, el modelo muestra que la estrategia óptima del incumbente es acudir a litigio para frenar la entrada del genérico. Este resultado se explica por el alto valor del monopolio del incumbente, que incentiva su defensa activa. Por lo tanto, el litigio es la opción que maximiza su beneficio esperado frente a los escenarios de licencia o de entrada sin litigio.

Uno de los principales resultados del análisis es que la ausencia de cooperación no se debe a un acuerdo económicamente inviable. En realidad, la ausencia de cooperación se debe a la desalineación estratégica de los incentivos de las partes. Los umbrales de royalty obtenidos para todos los niveles de incertidumbre considerados muestran que el royalty mínimo exigido por el incumbente es mayor al royalty máximo que el entrante estaría dispuesto a pagar. Como consecuencia, el intervalo de negociación es vacío, resultando en un equilibrio no cooperativo.

En cuanto al papel de la información incompleta, el modelo muestra que las creencias del entrante sobre la fortaleza de la patente no alteran el tipo de equilibrio alcanzado. Sin embargo, sí afectan a la distribución de los beneficios esperados y al riesgo asumido por el genérico. Este resultado permite explicar la heterogeneidad de los comportamientos observados en la práctica: desde entradas agresivas forzando litigio, hasta estrategias conservadoras basadas en la negociación o en el retraso de la entrada.

Por todo ello, los resultados confirman que, en mercados caracterizados por monopolios muy rentables y que están protegidos por la propiedad industrial, el litigio es la decisión estratégica racional. En estos casos, la patente no sólo actúa como derecho legal, sino también como mecanismo de compromiso que condiciona las expectativas y decisiones de los competidores.

2. Cumplimiento de los objetivos del trabajo

El objetivo principal del presente Trabajo de Fin de Máster era desarrollar un enfoque de valoración de patentes que incorporase la teoría de juegos como complemento a los métodos tradicionales, y comprobar el funcionamiento del modelo mediante la aplicación a un caso práctico real. A lo largo del trabajo, se ha alcanzado este objetivo mediante la construcción de un modelo de equilibrio de Nash Bayesiano, y su aplicación a un caso representativo de la industria farmacéutica.

En primer lugar, la revisión de la literatura sobre propiedad intelectual y los métodos tradicionales de valoración ha permitido identificar las principales limitaciones para capturar el valor de las decisiones estratégicas en contextos de negociación e incertidumbre. Esta revisión ha justificado la necesidad de incorporar un enfoque complementario mediante el uso de la teoría de juegos.

Por otra parte, la elección del equilibrio de Nash Bayesiano resulta adecuada para la industria y el caso práctico elegido. Esto se debe a que este tipo de juego es capaz de representar las interacciones estratégicas entre jugadores en un contexto de información incompleta y asimétrica, características clave de la industria farmacéutica.

Posteriormente, la aplicación del modelo propuesto a un caso real ha permitido analizar distintos escenarios estratégicos, y las condiciones bajo las cuales se da cada tipo de equilibrio. De esta manera, se ha podido mostrar cómo los incentivos y las creencias de los jugadores determinan las decisiones racionales y los beneficios esperados para cada situación.

Finalmente, el trabajo muestra el valor añadido que aporta la teoría de juegos frente a los métodos tradicionales de valoración de patentes. Así, el modelo Nash-Bayesiano no pretende sustituir a los métodos clásicos, sino complementarlos. Este modelo proporciona una perspectiva estratégica: explica por qué ciertas decisiones resultan racionales, aun cuando existen alternativas aparentemente cooperativas.

Y, por último, desde una perspectiva más amplia, el trabajo se ha alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En relación al ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), el TFM ayuda a entender cómo los mecanismos de protección de la PI influyen en los incentivos a la innovación y en la explotación económica de la tecnología.

De la misma manera, el trabajo se ha alineado de manera indirecta con el ODS 3 (Salud y bienestar) ya que analiza el impacto que tienen las decisiones estratégicas sobre la entrada de medicamentos genéricos. Y, por tanto, sobre la dinámica de acceso a tratamientos en el mercado.

3. Líneas de investigación futuras

El modelo desarrollado en el TFM es una herramienta útil para analizar la negociación entre un titular de patente y un potencial entrante bajo información incompleta. Sin embargo, es un modelo teórico y simplificado, por lo que presenta una serie de limitaciones (ya expuestas en el Capítulo 6) que abren líneas de investigación futuras.

En primer lugar, el modelo únicamente considera un único entrante genérico. Esto es adecuado en las primeras etapas previas a la expiración de la patente, o la entrada temprana con exclusividad. Sin embargo, no captura la entrada de múltiples genéricos. Una

extensión del modelo sería incorporar varios entrantes. Esto permitiría analizar la competencia secuencial, las guerras de precios, o la redistribución del valor del mercado.

En segundo lugar, el análisis se ha centrado alrededor de una única patente. En la realidad, los medicamentos suelen estar protegidos por carteras complejas de patentes principales y secundarias. Por ello, una extensión del modelo sería modelizar explícitamente carteras de patentes con distintos niveles de fortaleza y probabilidades de invalidez. Así se conseguiría capturar de manera más realista la complejidad de los litigios farmacéuticos, y su impacto sobre las decisiones de los jugadores.

En tercer lugar, el modelo no incorpora el marco regulatorio del mercado estadounidense. Entre ellos, Hatch-Waxman Act, los procedimientos ANDA, los incentivos a la entrada “at risk”, o la posibilidad de contrademandas. Una extensión del modelo sería la inclusión explícita de estos elementos. Así, se enriquecería el análisis institucional, y se evaluaría cómo la regulación condiciona los incentivos del litigio, de la negociación, y de la entrada de genéricos.

En cuarto lugar, el modelo se ha planteado como un juego estático de una sola etapa. Esto impide capturar dinámicas intertemporales. Por lo tanto, una extensión sería modificar el modelo hacia modelos dinámicos y secuenciales. Así se analizaría la actualización de creencias, el aprendizaje bayesiano, y los efectos derivados de decisiones pasadas.

Finalmente, el modelo asume parámetros constantes y conocidos. En la práctica, el tamaño del mercado, los costes judiciales o la capacidad productiva de los entrantes son variables que evolucionan con el tiempo. Es cierto que el análisis de sensibilidad y Monte Carlo permiten tener en cuenta esta incertidumbre. Pero una línea futura de investigación podría ser integrar de una manera más estructural la variabilidad de estos parámetros. Y, consecuentemente, analizar el impacto dinámico sobre los equilibrios estratégicos.

Todas estas líneas futuras permiten ampliar y profundizar el enfoque del modelo de Nash-Bayes desarrollado en este Trabajo de Fin de Máster, que sirve como punto de partida para futuras investigaciones.

Capítulo 9: Bibliografía

- [1] Singh, D. R. (2008). *Law Relating to Intellectual Property: A Complete Comprehensive Material on Intellectual Property Covering Acts, Rules, Conventions, Treaties, Agreements, Digest of Cases and Much More*. Universal Law Publishing Company.
- [2] WIPO. (s.f.). *¿Qué es la propiedad intelectual?*
- [3] Bainbridge, D. I. (2007). *Intellectual Property*. PEARSON Longman.
- [4] WIPO. (s.f.). Obtenido de About Intellectual Property (IP):
<https://www.wipo.int/en/web/about-ip>
- [5] European Patent Office (EPO). (s.f.). Obtenido de Legal framework European Patent Office: <https://www.epo.org/en/applying/european/unitary/unitary-patent/legal-framework>
- [6] European Patent Office (EPO). (s. f.) *Unitary Patent*. Obtenido de epo.org:
<https://www.epo.org/en/applying/european/unitary/unitary-patent>
- [7] Fernández, R. (2024). *Los idiomas más hablados en el mundo en 2024*. Obtenido de statista: <https://es.statista.com/estadisticas/635631/los-idiomas-mas-hablados-en-el-mundo/>
- [8] *Ilustre Colegio de Advocacía de Barcelona*. (2016). Obtenido de Ley 24/2015, de 24 de julio, de Patentes (BOE del 25 de julio de 2015):
<https://www.icab.es/es/actualidad/noticias/noticia/Ley-24-2015-de-24-de-julio-de-Patentes-BOE-del-25-de-julio-de-2015/>
- [9] Gawel, C. R. (2016). *Patent protection as a key driver for pharmaceutical innovation*. *Pharmaceuticals Policy and Law*, 18(1-4), 45-53. DOI: 10.3233/PPL-160431
- [10] BOE. (2015). Obtenido de Ley 24/2015, de 24 de julio, de Patentes:
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-8328>

- [11] European Patent Office (EPO). (s.f.). *How to apply for a patent*. Obtenido de epo.org: <https://www.epo.org/en/new-to-patents/how-to-apply-for-a-patent>
- [12] Falcon, A., Nieto, A., & Vasilijevic, J. (2017). *España Patente nº ES2701376A1*
- [13] Williams, H. L. (2017). *How do patents affect research investments?* Annual Review of Economics, 9, 441-469. DOI: 10.1146/annurev-economics-110216-100959
- [14] Shear, R. H., & Kelley, T. E. (2003). A researcher's guide to patents . *Plant Physiol*, 1127-30.
- [15] BOE. (1986). Obtenido de Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1986-7900>
- [16] El derecho de patente y su legislación en España. (25 de Diciembre de 2023). *UNIR Revista*.
- [17] Gurgula, O. (2017). Strategic accumulation of patents in the pharmaceutical industry and patent thickets in complex technologies - two different concepts sharing similar features. *IIC - International Review of Intellectual Property and Competition Law*, 48(4), 385-404.
- [18] WIPO. (s.f.). Guidelines for Preparing Patent Landscape Reports, Module 3.
- [19] WIPO. (s.f.). Guidelines for Preparing Patent Landscape Reports, Module 11: IP Valuation.
- [20] *Europe - frequently asked questions*. (s/f). IP Helpdesk. Obtenido de: https://intellectual-property-helpdesk.ec.europa.eu/regional-helpdesks/european-ip-helpdesk/europe-frequently-asked-questions_en
- [21] Wallertoft, M., & Stenholm, P. (2016). *The Value Creation of Intellectual Property in Mergers and Acquisitions*
- [22] Tran, B. (2025). *The Role of Patent Valuation in Mergers and Acquisitions*. PatentPC. <https://patentpc.com/blog/the-role-of-patent-valuation-in-mergers-and-acquisitions>

- [23] (2024). *Guide to Patent Valuation: Techniques & Importance*. IIPRD |. <https://www.iiprd.com/patent-valuation-understanding-the-worth-of-innovation/>
- [24] Michael Edwards. (2023). *Patent Dispute Case Studies: Real-World Examples and Insights for Businesses*. <https://michaeledwards.uk/patent-dispute-case-studies-real-world-examples-and-insights-for-businesses/>
- [25] Cortes de Israel. (2022). *Israel vs Medingo Ltd, May 2022, District Court, Case No 53528-01-16*. Tpcases. <https://tpcases.com/israel-vs-medingo-may-2022-district-court-case-no-53528-01-16/>
- [26] Monetize, P. (2025). *The Role of Patent Valuation in Mergers and Acquisitions - Patent Monetize. Patent Monetize - Patent Sell, License & Commercialize*. <https://patentmonetize.com/the-role-of-patent-valuation-in-mergers-and-acquisitions/>
- [27] DrugPatentWatch. (2025). *M&A Patent Due Diligence: Comprehensive Guide. DrugPatentWatch – Transform Data into Market Domination*. <https://www.drugpatentwatch.com/blog/ma-patent-due-diligence-comprehensive-guide/>
- [28] Drayton, J. (2025). *The Crucial Role of Patent Due Diligence in Mergers & Acquisitions: Spotting Patent Litigation Risks Before Closing a Deal | The Patent Playbook*. The Patent Playbook.
- [29] European IP Helpdesk. (s.f.). *Intellectual Property Valuation Factsheet*. Obtenido de: www.ec.europa.eu/ip-helpdesk
- [30] Licensing Executives Society International. (2024,). *The Nash Bargaining Solution - Licensing Executives Society International*. Licensing Executives Society International - Advancing The Business Of Intellectual Property Globally.
- [31] Bhattacharya, R. R. (2019). *Nash bargaining solution and its generalizations in intellectual property litigation: VirnetX and an analysis of the court's decision*. *Journal of International Business and Law*, 19(1), Article 5.
- [32] Fiveable. (2024). *7.2 Bayesian Nash equilibrium concept – Game Theory and Economic Behavior*. <https://library.fiveable.me/game-theory-economic->

[behavior/unit-7/bayesian-nash-equilibrium-concept/study-guide/KWJgZrNWXfjjMM8r](#)

- [33] Acemoglu, D., & Ozdaglar, A. (2009). *Lectures 19–21: Incomplete Information: Bayesian Nash Equilibria, Auctions and Introduction to Social Learning*. Curso 6.207/14.15: Networks. Massachusetts Institute of Technology (MIT).
- [34] Rachmilevitch, S. (2013). *A characterization of the asymmetric Nash solution*. [Manuscrito no publicado, MPRA Paper No. 56096]
- [35] Veisdal, J. (2021). Nash Bargaining Problem (1950). *Privatdozent*.
- [36] Lee, S. (s.f.). Bayesian Games: Strategic Insights and Applications. Number Analytics.
- [37] IP Business Academy. (2025). Decision Theory, IP Valuation, and Game Theory: 2nd Module CEIPI-EPO Master Program 2024/25 - IP Business Academy. IP Business Academy - Your global IP-Management Education Platform.
- [38] Lee, S. (2025). Ultimate Guide to Repeated Games in Game Theory. Number Analytics
- [39] Lee, S. (2025). Understand Subgame Equilibrium in Game Theory Now. Number Analytics
- [40] Johari, R. (s.f.) MS&E 246: Lecture 16. Signaling games. Stanford University
- [41] Lee, S. (2025). The Ultimate Primer on Signaling Games in Theory. Number Analytics
- [42] Sandonís, J., Faulí-Oller, R. (2007). Patent licensing by means of an auction: internal vs external patentee. Adiscusión.
- [43] Lee, S. (2025). Mastering Mixed Strategies in Game Theory. Number Analytics
- [44] Schmeidler, D. (1969). The Nucleolus of a Characteristic Function Game.
- [45] Pace University, (s.f.). Comparing the fairness of two popular solution concepts of coalition games: Shapley and Nucleolus
- [46] Freixas, J. (2019). The Banzhaf value for cooperative and simple multichoice games
- [47] Li, D. L., & Shan, E. (2020). *El valor de Myerson para juegos de gráficos dirigidos*. Operations Research Letters, 48(2), 142–146.
- [48] Brandenburger, A. & Stuart, H. (2006). *Biform Games*. Columbia University.

- [49] Ma, X. (2022). The Tripartite Evolutionary Game of Intellectual Property Protection with Government Participation. *Open Journal Of Business And Management*, 10(05), 2790-2804. <https://doi.org/10.4236/ojbm.2022.105138>
- [50] Jiang, W., Han, H., He, M., & Gu, W. (2024). *When game theory meets satellite communication networks: A survey*. *Computer Communications*, 217, 208-229. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2024.02.005>
- [51] Chen, J., Wei, Z., Liu, J., & Zheng, X. (2021). *Technology Sharing and Competitiveness in a Stackelberg*. *Journal of Competitiveness*, 13(3), 5–20. <https://doi.org/10.7441/joc.2021.03.01>
- [52] Hall, B. H., von Graevenitz, G., & Helmers, C. (2020). Technology entry in the presence of patent thickets. *Oxford Economic Papers*, 72(1), 1–24. <https://doi.org/10.1093/oep/gpaa034>
- [53] von Graevenitz, G., Wagner, S., & Harhoff, D. (2013). Incidence and growth of patent thickets: The impact of technological opportunities and complexity. *The Journal of Industrial Economics*, 61(3), 521–563. <https://doi.org/10.1111/joie.12026>
- [54] Egan, E. J., & Teece, D. J. (2015). Untangling the patent thicket literature (Working Paper No. 7). *Tusher Center for Management of Intellectual Capital*.
- [55] von Graevenitz, G., Wagner, S., & Harhoff, D. (2011). Incidence and growth of patent thickets – The impact of technological opportunities and complexity (SFB/TR 15 Discussion Paper No. 356). Sonderforschungsbereich/Transregio 15 – Governance and the Efficiency of Economic Systems (GESY), München. <https://doi.org/10.5282/ubm/epub.13198>
- [56] Hall, B. H., Helmers, C., & von Graevenitz, G. (2015). Technology entry in the presence of patent thickets (NBER Working Paper No. 21455). National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w21455>
- [57] Kamien, M. I., & Tauman, Y. (1986). Fees versus royalties and the private value of a patent. *The Quarterly Journal of Economics*, 101(3), 471–492. <https://doi.org/10.2307/1885693>

- [58] Nakada, S., & Shirakawa, R. (2023). On the core of a patent licensing game. *Economics Letters*, 233, 111374. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2023.111374>
- [59] Zhao, X., Guo, Y., & Mi, J. (2023). *Value creation and value capture from patents: Theory and implications for patent strategies*. Journal of Innovation & Knowledge, 8(3), Article 100397. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100397>
- [60] Shapiro, C. (2001). Navigating the patent thicket: Cross licenses, patent pools, and standard setting. En A. B. Jaffe, J. Lerner, & S. Stern (Eds.), *Innovation policy and the economy* (Vol. 1, pp. 119–150). MIT Press. <https://www.nber.org/chapters/c10778>
- [61] Aghion, P., Bloom, N., Blundell, R., Griffith, R., & Howitt, P. (2005). Competition and innovation: An inverted-U relationship. *The American Economic Review*, 95(5), 701–721. <https://doi.org/10.1257/0002828041464641>
- [62] Lerner, J., & Tirole, J. (2004). Efficient patent pools. *American Economic Review*, 94(3), 691–711. <https://doi.org/10.2139/ssrn.322000>
- [63] Quint, D. (2014). Pooling with essential and nonessential patents. *American Economic Journal: Microeconomics*, 6(1), 23–57. <https://doi.org/10.1257/mic.6.1.23>
- [64] Granstrand, O. (1999). *The Economics and Management of Intellectual Property*. Edward Elgar.
- [65] Kemmerer, J. E., & Lu, J. (2009). *Profitability and Royalty Rates Across Industries: Some Preliminary Evidence*. Applied Economics Consulting Group, Inc. SSRN Electronic Journal. DOI:[10.2139/ssrn.1141865](https://doi.org/10.2139/ssrn.1141865)
- [66] World Intellectual Property Organization (WIPO). “Costos de los litigios en materia de propiedad intelectual” (WIPO Pub. 121, 2010)
- [67] Williams Mullen. (s. f.). *Patent Litigation Update 2024* | Williams Mullen. <https://www.williamsmullen.com/insights/news/legal-news/patent-litigation-update-2024>
- [68] World Intellectual Property Organization (WIPO). (2022). WIPO Guide to Using Patent Information
- [69] World Intellectual Property Organization (WIPO). (2016). *WIPO Standard ST. 14: Recommendation for the inclusion of references cited in patent documents*. In

Handbook on Industrial Property Information and Documentation. Revision adopted by the Committee of WIPO Standards (CWS) at its reconvened fourth session on March 24, 2016.

- [70] GreyB, T. (2020, 20 junio). *Patent Licensing And Its Types: Everything You Need to Know*. GreyB.
- [71] *Average Royalty Rates by Industry: Patent Licensing and Key Factors*. (2025, 14 mayo). UpCounsel. <https://www.upcounsel.com/patent-licensing-royalty-rates>
- [72] American Intellectual Property Law Association. (2023). *Report of the Economic Survey 2023*. American Intellectual Property Law Association.
- [73] Pfizer (2007). *2007 Financial Report*. Pfizer
<https://investors.pfizer.com/Investors/Financials/Annual-Reports/>
- [74] Pfizer (2009). *2009 Financial Report*. Pfizer
<https://investors.pfizer.com/Investors/Financials/Annual-Reports/>
- [75] Pfizer (2011). *2011 Financial Report*. Pfizer
<https://investors.pfizer.com/Investors/Financials/Annual-Reports/>
- [76] Pfizer (2013). *2013 Financial Report*. Pfizer
<https://investors.pfizer.com/Investors/Financials/Annual-Reports/>
- [77] Pfizer (2015). *2015 Financial Report*. Pfizer
<https://investors.pfizer.com/Investors/Financials/Annual-Reports/>
- [78] Pfizer (2016). *Financial Report*. Pfizer
<https://investors.pfizer.com/Investors/Financials/Annual-Reports/>
- [79] Staff, G. (2023, 2 junio). Ranbaxy Launches Generic Lipitor in the U.S. *GEN - Genetic Engineering And Biotechnology News*.
- [80] World Intellectual Property Organization (WIPO). (2010). *The Costs of Patent Litigation and the Scope of Patent Enforcement in the US and Europe*. WIPO Economics & Statistics Series, Publication No. 121. Geneva: WIPO.
- [81] Roth, B. D. (1987). *Trans-6-[2-(3- or 4-carboxamido-substituted pyrrol-1-yl)alkyl]-4-hydroxypyran-2-one inhibitors of cholesterol synthesis* (U.S. Patent No. 4,681,893).

- United States Patent and Trademark Office.
<https://patents.google.com/patent/US4681893A>
- [82] World Intellectual Property Organization. (1978). *Official notices concerning the entry into force of the Patent Cooperation Treaty (PCT), Section IV – 1978*. Geneva: WIPO.
- [83] Mailänder, L. (2019, October 8). *Topic 7: Retrieval and comparison of prior art citations* [Conference presentation]. World Intellectual Property Organization (WIPO).
- [84] Jacobo-Rubio, R., Turner, J. L., & Williams, J. W. (2020). *The distribution of surplus in the US pharmaceutical industry: Evidence from paragraph IV patent-litigation decisions*. *Journal of Law and Economics*, 63(2), 203–238.
<https://doi.org/10.1086/707736>
- [85] Zhao, X. (2013). *Patent disputes of Lipitor: Analysis of the patent cliff and Ranbaxy’s pay-for-delay agreement*. Zhejiang University
- [86] Roth, B. D. (1993). *Trans-(±)-3,4-dihydroxyheptenoic acid derivatives useful as hypolipidemic and hypocholesterolemic agents* (U.S. Patent No. 5,273,995). United States Patent and Trademark Office.
<https://patents.google.com/patent/US5273995A/en>
- [87] Held, B., Lu, J., & Perham, M. (2023, May 2). *Data-driven decision-making for IP licensing and transaction: Use LES royalty survey reports and other data sources to guide monetization campaigns*. Licensing Executives Society USA & Canada.
- [88] Edney, A., Narayan, A. (2011). *Ranbaxy’s Lipitor Copy in U.S. Stores Threatens Pfizer Sales*. Bloomberg. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2011-12-01/ranbaxy-wins-approval-to-sell-generic-version-of-pfizer-s-lipitor-medicine>

Anexo: Código del modelo en Python

```
# Código modelo Nash-Bayes
```

```
from dataclasses import dataclass
```

```
from math import log
```

```
from typing import Tuple, List, Dict
```

```
import random
```

```
import statistics as stats
```

```
import pandas as pd
```

```
# Definición de los parámetros
```

```
@dataclass
```

```
class Params:
```

```
    VM: float # Valor incumbente monopolio (B$)
```

```
    VD: float # Valor incumbente duopolio (B$)
```

```
    VG: float # Valor genérico (B$)
```

```
    rho: float # Tasa de royalty (%)
```

```
    CI: float # Coste litigio del incumbente (M$)
```

```
    ps: float # Probabilidad de éxito del incumbente si la patente es fuerte
```

```
    pw: float # Probabilidad de éxito del incumbente si la patente es débil
```

```
    CE: float = 0.0 # Coste litigio del entrante (M$)
```

```
    def CI_busd(self) -> float:
```

```
        # Para unificar unidades, todo a B$
```

```
        return self.CI / 1000.0
```

```
def CE_busrd(self) -> float:  
    return self.CE / 1000.0
```

```
# Dar valor a los parámetros
```

```
# Caso base
```

```
p_base = Params(  
    VM=11.6,  
    VD=2.4,  
    VG=1.12,  
    rho=0.089, # 8.9%  
    CI=7.0,  
    ps=0.60,  
    pw=0.40,  
    CE=7.0,  
)
```

```
# Caso pro-licencia
```

```
p_cf = Params(  
    VM=11.6,  
    VD=6.0,  
    VG=6.0,  
    rho=0.089,  
    CI=100.0,  
    ps=0.55,
```



```
pw=0.35,
CE=0.0
)

# Incertidumbre
mus = [0.30, 0.50, 0.70]

# Definición de la probabilidad de éxito del incumbente antes de que expire la patente
def q_prob(mu: float, ps: float, pw: float) -> float:
    return mu*ps + (1-mu)*pw

# Beneficios de cada escenario
def payoffs_license(p: Params) -> Tuple[float, float]:
    #Escenario 1: Entrada con royalty
    pi_I = p.VD + p.rho * p.VG
    pi_E = (1 - p.rho) * p.VG
    return pi_I, pi_E

def payoffs_litigation(p: Params, mu: float) -> Tuple[float, float, float]:
    #Escenario 2: Entrada con litigio
    q = q_prob(mu, p.ps, p.pw)
    pi_I = q * p.VM + (1 - q) * p.VD - p.CI_busrd()
    pi_E = (1 - q) * p.VG - p.CE_busrd()
    return pi_I, pi_E, q

def payoffs_entry(p: Params) -> Tuple[float, float]:
```

#Escenario 3: Entrada libre sin litigio

return p.VD, p.VG

Cálculo de los royalties mínimo y máximo a pagar por parte del incumbente y del entrante

def rho_thresholds(p: Params, mu: float) -> Tuple[float, float, float]:

q = q_prob(mu, p.ps, p.pw)

rho_max_raw = q - (p.CE_busd() / p.VG) if p.VG > 0 else -1e9

rho_min_raw = (q * (p.VM - p.VD) - p.CI_busd()) / p.VG if p.VG > 0 else 1e9

#Se trunca para que no salgan valores negativos

rho_min = max(0.0, rho_min_raw)

rho_max = min(1.0, rho_max_raw)

return rho_min, rho_max, q

def check_strategies(p: Params, mu: float) -> Dict[str, float]:

lic_I, lic_E = payoffs_license(p)

lit_I, lit_E, q = payoffs_litigation(p, mu)

return {

 "q": q,

 "entrant_accepts": (lic_E >= lit_E),

 "incumbent_licenses": (lic_I >= lit_I),

 "piE_lic": lic_E, "piE_lit": lit_E,

 "piI_lic": lic_I, "piI_lit": lit_I

```
}
```

```
# Nash bargaining (p_nash)
```

```
def nash_bargaining_rho(p: Params, mu: float, beta: float = 0.5,
```

```
    grid: int = 2001):
```

```
    rho_min, rho_max, _ = rho_thresholds(p, mu)
```

```
    low, high = max(0.0, rho_min), min(1.0, rho_max)
```

```
    if low > high:
```

```
        return None, None, None
```

```
    lit_I, lit_E, _ = payoffs_litigation(p, mu)
```

```
    best_rho, best_val = None, -1e99
```

```
    best_pil, best_piE = None, None
```

```
    for i in range(grid):
```

```
        rho = low + (high - low) * i / (grid - 1)
```

```
        p_tmp = Params(**{**p.__dict__, "rho": rho})
```

```
        pil, piE = payoffs_license(p_tmp)
```

```
        g1, g2 = pil - lit_I, piE - lit_E
```

```
        if g1 > 0 and g2 > 0:
```

```
            val = beta * log(g1) + (1 - beta) * log(g2)
```

```
            if val > best_val:
```

```
                best_val, best_rho = val, rho
```

```
                best_pil, best_piE = pil, piE
```

```
if best_rho is None:
    return None, None, None

p_nash = Params(**{**p.__dict__, "rho": best_rho})

return p_nash, best_pil, best_piE
```

Elección del equilibrio

```
def classify_equilibrium(p: Params, mu: float) -> str:
    rho_min, rho_max, _ = rho_thresholds(p, mu)

    lic_I, lic_E = payoffs_license(p)
    lit_I, lit_E, _ = payoffs_litigation(p, mu)
    ent_I, ent_E = payoffs_entry(p)

    interval_ok = (rho_min <= rho_max)

    entrant_best = max(
        [("Licencia", lic_E), ("Litigio", lit_E), ("Entrada", ent_E)],
        key=lambda x: x[1]
    )[0]

    incumbent_best = max(
        [("Licencia", lic_I), ("Litigio", lit_I), ("Entrada", ent_I)],
        key=lambda x: x[1]
    )[0]

    if entrant_best == "Licencia" and incumbent_best == "Licencia" and interval_ok:
        return "Licencia"

    if entrant_best == "Litigio" or incumbent_best == "Litigio":
```

```
    return "Litigio"

    return "Entrada"

# Análisis de Monte Carlo

def tri(center: float, spread_pct: float = 0.20) -> float:

    a = (1 - spread_pct) * center

    b = center

    c = (1 + spread_pct) * center

    return random.triangular(a, c, b)

def tri_abs(a: float, mode: float, c: float) -> float:

    return random.triangular(a, c, mode)

def uni(a: float, b: float) -> float:

    return random.uniform(a, b)

def simulate_once(mu: float, base: Params,

                 spec: dict,

                 beta: float = 0.5) -> dict:

    def sample_x(key, base_val):

        kind = spec[key][0]

        if kind == 'tri':

            return tri(base_val, spec[key][1])

        elif kind == 'tri_abs':

            return tri_abs(spec[key][1], spec[key][2], spec[key][3])

        elif kind == 'fix':
```

```
    return base_val

else:

    raise ValueError(f"Spec desconocida para {key}")

VM = sample_x('VM', base.VM)
VD = sample_x('VD', base.VD)
VG = sample_x('VG', base.VG)

if spec['CI'][0] == 'uni':

    CI = uni(spec['CI'][1], spec['CI'][2])

elif spec['CI'][0] == 'fix':

    CI = base.CI

else:

    raise ValueError("Spec CI desconocida")

ps = tri_abs(spec['ps'][1], spec['ps'][2], spec['ps'][3]) if spec['ps'][0] == 'tri_abs' else
base.ps

pw = tri_abs(spec['pw'][1], spec['pw'][2], spec['pw'][3]) if spec['pw'][0] == 'tri_abs' else
base.pw

p_iter = Params(
    VM=VM, VD=VD, VG=VG,
    rho=base.rho, CI=CI,
    ps=ps, pw=pw,
    CE=base.CE
)
```

```
# Cálculo de payoffs y umbrales

rmin, rmax, q = rho_thresholds(p_iter, mu)

lic_I, lic_E = payoffs_license(p_iter)

lit_I, lit_E, _ = payoffs_litigation(p_iter, mu)

ent_I, ent_E = payoffs_entry(p_iter)


interval_ok = (rmin <= rmax)

entrant_best = max(

    [("Licencia", lic_E), ("Litigio", lit_E), ("Entrada", ent_E)],

    key=lambda x: x[1]

)[0]

incumbent_best = max(

    [("Licencia", lic_I), ("Litigio", lit_I), ("Entrada", ent_I)],

    key=lambda x: x[1]

)[0]


eq = None

pil_eq = None

rho_nash = None


if entrant_best == "Licencia" and incumbent_best == "Licencia" and interval_ok:

    eq = "Licencia"

    p_nash, pil_nash, piE_nash = nash_bargaining_rho(p_iter, mu, beta=beta)

    if p_nash:

        rho_nash = p_nash.rho
```

```
        pil_eq = pil_nash
    else:
        pil_eq = lic_l
elif entrant_best == "Litigio" or incumbent_best == "Litigio":
    eq = "Litigio"
    pil_eq = lit_l
else:
    eq = "Entrada"
    pil_eq = ent_l

return {
    "eq": eq,
    "pil_eq": pil_eq,
    "rho_nash": rho_nash,
    "rho_interval": (rmin, rmax),
}

def monte_carlo_full(mu: float, base: Params, spec: dict,
                    N: int = 10000, seed: int = 42) -> dict:
    random.seed(seed)
    eq_counts = {"Licencia": 0, "Litigio": 0, "Entrada": 0}
    pil_vals: List[float] = []
    rhostar_vals: List[float] = []

    for _ in range(N):
        res = simulate_once(mu, base, spec)
```



```
eq_counts[res["eq"]] += 1
pil_vals.append(res["pil_eq"])
if res["rho_nash"] is not None:
    rhostar_vals.append(res["rho_nash"])

freq = {k: v / N for k, v in eq_counts.items()}
pil_sorted = sorted(pil_vals)

out = {
    "freq_equilibrios": freq,
    "pil_eq_mean": stats.mean(pil_vals),
    "pil_eq_median": stats.median(pil_vals),
    "pil_eq_p05": pil_sorted[int(0.05 * N)],
    "pil_eq_p95": pil_sorted[int(0.95 * N) - 1],
    "rho_nash_count": len(rhostar_vals),
    "rho_nash_mean": (stats.mean(rhostar_vals) if rhostar_vals else None),
    "rho_nash_p25": (sorted(rhostar_vals)[int(0.25 * len(rhostar_vals))] if rhostar_vals else
None),
    "rho_nash_p75": (sorted(rhostar_vals)[int(0.75 * len(rhostar_vals)) - 1] if rhostar_vals
else None),
}

return out

# Especificaciones de distribuciones
spec_base = {
    "VM": ('tri', 0.20),
```

```
"VD": ('tri', 0.20),  
"VG": ('tri', 0.20),  
"CI": ('uni', 5.0, 15.0),  
"ps": ('tri_abs', 0.50, 0.60, 0.70),  
"pw": ('tri_abs', 0.30, 0.40, 0.50),  
}
```

```
spec_cf = {  
    "VM": ('tri', 0.20),  
    "VD": ('tri_abs', 6.0 * 0.85, 6.0, 6.0 * 1.15),  
    "VG": ('tri_abs', 6.0 * 0.85, 6.0, 6.0 * 1.15),  
    "CI": ('uni', 70.0, 150.0),  
    "ps": ('tri_abs', 0.45, 0.55, 0.65),  
    "pw": ('tri_abs', 0.25, 0.35, 0.45),  
}
```

Análisis de sensibilidad (escenario pro-licencia)

```
def sensibilidad_VG(p_ref: Params) -> pd.DataFrame:
```

```
    VG_base = p_ref.VG
```

```
    rho_base = p_ref.rho
```

```
    VG_values = {
```

```
        "VG -20%": VG_base * 0.80,
```

```
        "VG base": VG_base,
```

```
        "VG +20%": VG_base * 1.20,
```

```
        "No-exclusiva 75%": VG_base * 0.75,
```

```
"No-exclusiva 50%": VG_base * 0.50,  
"No-exclusiva 30%": VG_base * 0.30  
}
```

```
rows = []
```

```
for mu in mus:
```

```
    for label, VG in VG_values.items():
```

```
        p_tmp = Params(  
            VM=p_ref.VM, VD=p_ref.VD, VG=VG,  
            rho=rho_base, Cl=p_ref.Cl,  
            ps=p_ref.ps, pw=p_ref.pw,  
            CE=p_ref.CE  
        )
```

```
        rmin, rmax, _ = rho_thresholds(p_tmp, mu)
```

```
        eq = classify_equilibrium(p_tmp, mu)
```

```
        rows.append([mu, label, VG, rmin, rmax, rho_base, eq])
```

```
return pd.DataFrame(rows, columns=[
```

```
    "mu", "Escenario_VG", "VG", "rho_min", "rho_max", "rho_base", "Equilibrio"
```

```
])
```

```
def sensibilidad_probabilidades(p_ref: Params) -> pd.DataFrame:
```

```
    ps_base = p_ref.ps
```

```
    pw_base = p_ref.pw
```

```
    ps_values = [ps_base - 0.10, ps_base, ps_base + 0.10]
```

```
    pw_values = [pw_base - 0.10, pw_base, pw_base + 0.10]
```

```
# Truncar a [0,1]
ps_values = [max(0, min(1, x)) for x in ps_values]
pw_values = [max(0, min(1, x)) for x in pw_values]

rows = []
for mu in mus:
    for ps in ps_values:
        for pw in pw_values:
            if ps <= pw:
                continue
            p_tmp = Params(
                VM=p_ref.VM, VD=p_ref.VD, VG=p_ref.VG,
                rho=p_ref.rho, CI=p_ref.CI,
                ps=ps, pw=pw,
                CE=p_ref.CE
            )
            rmin, rmax, _ = rho_thresholds(p_tmp, mu)
            eq = classify_equilibrium(p_tmp, mu)
            rows.append([mu, ps, pw, rmin, rmax, eq])

return pd.DataFrame(rows, columns=[
    "mu", "p_s", "p_w", "rho_min", "rho_max", "Equilibrio"
])
```

```
def sensibilidad_rho(p_ref: Params) -> pd.DataFrame:
```

```
rho_values = [0.07, p_ref.rho, 0.11]
rows = []
for mu in mus:
    for rho in rho_values:
        p_tmp = Params(
            VM=p_ref.VM, VD=p_ref.VD, VG=p_ref.VG,
            rho=rho, Cl=p_ref.Cl,
            ps=p_ref.ps, pw=p_ref.pw,
            CE=p_ref.CE
        )
        rmin, rmax, _ = rho_thresholds(p_tmp, mu)
        eq = classify_equilibrium(p_tmp, mu)
        rows.append([mu, rho, rmin, rmax, eq])

return pd.DataFrame(rows, columns=[
    "mu", "rho", "rho_min", "rho_max", "Equilibrio"
])
```

```
def sensibilidad_beta(p_ref: Params) -> pd.DataFrame:
    beta_values = [0.3, 0.5, 0.8]
    rows = []
    for mu in mus:
        for beta in beta_values:
            p_nash, _, _ = nash_bargaining_rho(p_ref, mu, beta=beta)
            rho_star = p_nash.rho if p_nash is not None else None
            rows.append([mu, beta, rho_star])
```

```
return pd.DataFrame(rows, columns=["mu", "beta", "rho_Nash"])

# Print resultados

if __name__ == "__main__":

    # ---- Caso base: umbrales y estrategias ----

    print("Caso base")

    for mu in mus:

        info = check_strategies(p_base, mu)

        rmin, rmax, q = rho_thresholds(p_base, mu)

        eq = classify_equilibrium(p_base, mu)

        print("\n-----")

        print(f" $\mu$ ={mu:.2f} |  $q$ ={q:.3f} |  $\rho_{\min}$ ={rmin:.4f} |  $\rho_{\max}$ ={rmax:.4f}")

        print(f" $\pi_E^{\text{Lic}}$ ={info['piE_lic']:.3f} vs  $E[\pi_E^{\text{Lit}}]$ ={info['piE_lit']:.3f}")

        print(f" $\pi_I^{\text{Lic}}$ ={info['pil_lic']:.3f} vs  $E[\pi_I^{\text{Lit}}]$ ={info['pil_lit']:.3f}")

        print("Equilibrio se da para:", eq)

        p_nash, pil_nash, piE_nash = nash_bargaining_rho(p_base, mu, beta=0.5)

        if p_nash:

            print(f" $\rho_{\text{Nash}}$ ={p_nash.rho:.4f} |  $\pi_I(\rho_{\text{Nash}})$ ={pil_nash:.3f} |  $\pi_E(\rho_{\text{Nash}})$ ={piE_nash:.3f}")

        else:

            print("No existe intervalo cooperativo. Es decir, no hay  $\rho_{\text{Nash}}$ .")

    print("\n Caso pro-licencia")

    for mu in mus:

        info = check_strategies(p_cf, mu)
```

```
rmin, rmax, q = rho_thresholds(p_cf, mu)
eq = classify_equilibrium(p_cf, mu)
print("\n-----")
print(f"μ={mu:.2f} | q={q:.3f} | p_min={rmin:.4f} | p_max={rmax:.4f}")
print(f"πELic={info['piE_lic']:.3f} vs E[πELit]={info['piE_lit']:.3f}")
print(f"πILic={info['pil_lic']:.3f} vs E[πILit]={info['pil_lit']:.3f}")
print("Equilibrio (clasificación):", eq)
p_nash, pil_nash, piE_nash = nash_bargaining_rho(p_cf, mu, beta=0.5)
if p_nash:
    print(f"p_Nash={p_nash.rho:.4f} | πI(p_Nash)={pil_nash:.3f} |
πE(p_Nash)={piE_nash:.3f}")
else:
    print("No existe intervalo cooperativo. Es decir, no hay p_Nash.")

print("\n Análisis de Monte Carlo para el caso base")
for mu in mus:
    out = monte_carlo_full(mu, p_base, spec_base, N=5000, seed=123)
    print(f"\nμ={mu:.2f}")
    print("Freq equilibrios:", out["freq_equilibrios"])
    print(f"πIEq mean={out['pil_eq_mean']:.3f} median={out['pil_eq_median']:.3f} "
          f"P05={out['pil_eq_p05']:.3f}, P95={out['pil_eq_p95']:.3f}")
    print("p_Nash muestras:", out["rho_nash_count"],
          "| mean:", (f"{out['rho_nash_mean']:.3f}" if out["rho_nash_mean"] else None),
          "| IQR:", (f"[{out['rho_nash_p25']:.3f},{out['rho_nash_p75']:.3f}]" if
out["rho_nash_p25"] else None))
```

```
print("\n Análisis de Monte Carlo para el caso pro licencia")

for mu in mus:

    out = monte_carlo_full(mu, p_cf, spec_cf, N=5000, seed=123)

    print(f"\nμ={mu:.2f}")

    print("Freq equilibrios:", out["freq_equilibrios"])

    print(f"πIEq mean={out['pil_eq_mean']:.3f} median={out['pil_eq_median']:.3f} "
          f"P05={out['pil_eq_p05']:.3f}, P95={out['pil_eq_p95']:.3f}")

    print("p_Nash muestras:", out["rho_nash_count"],

          "| mean:", (f"{out['rho_nash_mean']:.3f}" if out["rho_nash_mean"] else None),

          "| IQR:", (f"[{out['rho_nash_p25']:.3f},{out['rho_nash_p75']:.3f}]" if
out["rho_nash_p25"] else None))

print("\n Análisis de sensibilidad")

sens_VG_df = sensibilidad_VG(p_cf)
sens_prob_df = sensibilidad_probabilidades(p_cf)
sens_rho_df = sensibilidad_rho(p_cf)
sens_beta_df = sensibilidad_beta(p_cf)

# Exportar a CSV
sens_VG_df.to_csv("sens_VG.csv", index=False)
sens_prob_df.to_csv("sens_prob.csv", index=False)
sens_rho_df.to_csv("sens_rho.csv", index=False)
sens_beta_df.to_csv("sens_beta.csv", index=False)

print("Ficheros CSV:")
```



```
print(" - sens_VG.csv")
print(" - sens_prob.csv")
print(" - sens_rho.csv")
print(" - sens_beta.csv")

print("\n Sensibilidad a p_s y p_w")
for mu in mus:
    df_mu = sens_prob_df[sens_prob_df["mu"] == mu].copy()
    print(f"\n# mu = {mu}")
    print(df_mu.to_csv(index=False))

print("\n Sensibilidad a p")
print(sens_rho_df.to_csv(index=False))

print("\n Sensibilidad a  $\beta$ ")
print(sens_beta_df.to_csv(index=False))
```