
El Premio Nobel de Economía del 2020 ha sido otorgado a los economistas Paul R. Milgrom y Robert B. Wilson, ambos profesores de la Universidad de Stanford. Sus aportaciones a la teoría de subastas han tenido un fuerte impacto en importantes mercados en todo el mundo, beneficiando a vendedores, compradores y contribuyentes.

MILGROM Y WILSON: PREMIO NOBEL DE ECONOMÍA 2020 DE LA TEORÍA A LA PRÁCTICA A TRAVÉS DE LAS SUBASTAS

En la edición del año 2020, el comité encargado de seleccionar el Premio Nobel pone de manifiesto la importancia de trasladar los avances teóricos a la industria, en este caso, a través del diseño de innovadores modelos de subastas. El establecimiento de determinadas reglas en estos procesos tiene un impacto directo en el comportamiento estratégico de los participantes, lo que condiciona el resultado final y el grado de consecución de los objetivos a alcanzar. En este contexto, los dos investigadores galardonados han sido pioneros, tanto en el desarrollo de los principales modelos teóricos de subastas, como en sus posteriores aplicaciones en distintos mercados.

Para valorar el alcance de las aportaciones realizadas por ambos economistas, resulta de especial relevancia entender el análisis que se plantea, desde la teoría de las subastas, sobre los elementos clave que afectan al comportamiento estratégico de los participantes. Fundamentalmente son dos: las reglas del modelo de subasta; y la información y valoración que los participantes tienen sobre los lotes subastados. En los siguientes apartados se describe y analiza el potencial impacto de ambas.

PRINCIPALES REGLAS EN LOS DISEÑOS DE SUBASTAS

Una subasta es un mecanismo de mercado, con unas reglas concretas, cuyo objetivo es determinar a quién adjudicar un bien (o servicio) y a qué precio. Las subastas cobran especial importancia en mercados en los que establecer un precio de mercado es complicado, pues éste depende de cuánto estén dispuestos a pagar por él los compradores. Esta decisión es todavía más compleja si se quieren adjudicar múltiples lotes relacionados o si el objetivo final implica, simplemente la maximización de beneficios del vendedor o si se prioriza el beneficio social.

Dependiendo del mercado y del objetivo último del vendedor, existen múltiples diseños de subastas que permiten combinar diferentes reglas que impactan sobre las estrategias de puja de los participantes y, por tanto, sobre el reparto final de lotes y los precios a pagar.

En función del procedimiento de puja las subastas pueden tener una única ronda o múltiples rondas. En las subastas de una única ronda los participantes envían una puja a sobre cerrado, sin tener información sobre el comportamiento de sus competidores, y sin posibilidad de reaccionar tras el resultado. Sin embargo, en las subastas dinámicas o de múltiples rondas los participantes obtienen información agregada sobre las pujas de sus rivales entre ronda y ronda. Esto les permite modificar su comportamiento y adaptar su demanda en función de los patrones observados.

En las subastas dinámicas, el vendedor también tendrá que decidir si comenzar con un precio de salida bajo, que se va incrementando según los participantes continúen pujando (subasta inglesa o ascendente). Este es el modelo que se ha utilizado tradicionalmente en las subastas de arte y antigüedades. Por el contrario, puede optar por comenzar la subasta con un precio muy elevado que va disminuyendo hasta que los participantes pujan (subasta descendente u holandesa), como ocurre en los mercados de flores y otros bienes perecederos.

Otro factor clave a determinar en una subasta es cómo establecer el precio que paga el participante ganador. Comúnmente, el participante con la puja más alta gana el lote y el precio a pagar coincide con su puja (subasta de primer precio). Sin embargo, esta regla tiene un importante efecto negativo sobre la denominada "maldición del ganador" (the winner's curse). Este concepto hace referencia al riesgo en el que incurre el ganador de una subasta por haber sobreestimado el valor de un lote, lo que le lleva a pujar por encima de su valor. Este riesgo tiene un efecto directo sobre la estrategia de puja de los participantes, quienes tenderán a disminuir sus pujas. Para paliar esta situación, la tendencia observada en las subastas realizadas en muchos mercados en los últimos años es la de implementar subastas de segundo precio. Según esta regla, el participante ganador es el que realiza la puja más alta, pero el importe a pagar es el de la segunda puja más alta.

Además de estas decisiones, las subastas se pueden diseñar para adjudicar un único lote o múltiples

lotes: tanto homogéneos (mercado bursátil); como heterogéneos, pero relacionados (subastas de licencias del espectro radioeléctrico). En estas subastas habrá que decidir si los lotes se ofrecen en subastas secuenciales (un lote por subasta) o simultáneas (todos los lotes se ofrecen en la misma subasta). Así mismo, en el caso de existir lotes heterogéneos con complementariedades, se pueden establecer procedimientos de puja que permitan pujar por paquetes, de forma que los participantes manden pujas por la combinación de lotes que reflejan la complementariedad o sinergia de sus valoraciones.

Tras considerar todas las posibles reglas a implementar, resulta complejo establecer cuál será el mejor diseño de subasta, pues ello dependerá de las particularidades de cada mercado, así como, del fin último del vendedor. Generalmente las empresas privadas buscan la maximización de beneficios, mientras que los gobiernos están más centrados en obtener un mayor beneficio social o un equilibrio entre ambos. Además de las reglas de la subasta, los resultados dependerán, en gran medida, de la información que tengan los participantes sobre los lotes a subastar; de sus valoraciones; y de sus creencias sobre cuáles serán las estrategias de puja, información y valoraciones de sus competidores.

INFORMACIÓN Y PUJAS: VALORACIONES PRIVADAS VS COMUNES

El principal problema al que se enfrenta el vendedor de una subasta es la incertidumbre inherente a las valoraciones que tienen los participantes sobre los lotes que se ofrecen. Si el vendedor conociese estas valoraciones y su objetivo fuera el de maximizar beneficios, directamente establecería un precio igual o muy próximo a la valoración más alta. Sin embargo, no solo concurre que el vendedor desconoce las valoraciones de los compradores, sino que, además, en muchas ocasiones, las valoraciones de los participantes son una incógnita para ellos mismos pues están basadas en la información obtenida, en sus propias estimaciones y predicciones, así como en las señales que reciben de sus competidores. Para abordar las implicaciones a nivel de estrategia y resultado esperado según las diferentes estructuras de valoraciones, la teoría de las subastas describe los siguientes escenarios: valoraciones privadas, comunes y mixtas.

Valoraciones privadas

Los modelos de valoraciones privadas se caracterizan porque las valoraciones de los diferentes participantes son absolutamente independientes entre sí, dependiendo únicamente de sus propias preferencias y usos. Es decir, lo que un participante está dispuesto a pagar por un lote no depende, en ningún caso, de las señales que recibe sobre las valoraciones de sus rivales. Incluso si un participante conociera las pujas de sus rivales antes de la subas-

ta, esta información no debería modificar su propia valoración. Una condición para considerar que las valoraciones son privadas es que no haya mercado de reventa, de forma que los participantes no puedan obtener beneficios posteriores. Un ejemplo de este modelo son las subastas benéficas, en la que cada participante puja con el objetivo de ayudar a la colecta, pero en ningún caso su prioridad es ganar el lote por encima de sus rivales.

Bajo el supuesto de valoraciones privadas independientes en subastas de un único lote, Vickrey (1961) fue el primero en investigar las implicaciones sobre el comportamiento de los participantes, así como los beneficios esperados, en los principales modelos de subastas. Concretamente, bajo su modelo (que también asume participantes simétricos y neutrales al riesgo) Vickrey demostró que la subasta de una ronda de primer precio es estratégicamente equivalente a la subasta holandesa; mientras que la subasta de una ronda de segundo precio es estratégicamente equivalente a la subasta inglesa. Así mismo, este autor probó que en las subastas de segundo precio la estrategia dominante de los participantes implica realizar pujas iguales a sus verdaderas valoraciones. Finalmente, empleando teoría de juegos, el autor demostró bajo las hipótesis de su modelo, que los cuatro modelos de subastas mencionados son eficientes y generan el mismo beneficio esperado al vendedor ("revenue-equivalence theorem"). Estos trabajos fueron posteriormente complementados por: Vickrey (1962) y Myerson (1981), entre otros. Ambos economistas también laureados con el premio nobel de economía en 1996 y 2007, respectivamente.

Valoraciones comunes

En contraposición al modelo de valoraciones privadas, el modelo de valoraciones comunes plantea otros escenarios en los que las valoraciones de los participantes son totalmente interdependientes. De hecho, bajo este modelo, si todos los participantes tuvieran información completa, la valoración sería igual para todos ellos. Por tanto, en este modelo, la valoración de un participante se verá afectada si obtiene información sobre las valoraciones de sus competidores. Un típico ejemplo, empleado en las universidades para explicar a los alumnos este concepto, es la subasta de un bote lleno de monedas. El precio del bote debería ser igual para todos los alumnos si supieran cuántas monedas hay. Sin embargo, antes de la subasta, con información incompleta, cada alumno realizará una puja imperfecta en función de sus estimaciones, que se verá afectada por las opiniones de sus compañeros.

Robert Wilson, consciente de las limitaciones del modelo de Vickrey, desarrolló un modelo teórico incluyendo valoraciones comunes entre los participantes: Wilson (1967), (1969) y (1977). En estos trabajos el autor describe la estrategia óptima de puja bajo este escenario. Concretamente, con valora-

ciones comunes, los participantes se ven afectados de forma significativa por la maldición del ganador pues ganar el lote puede ser una consecuencia de haberlo sobrevalorado erróneamente. Por ello, para evitar esta situación, los participantes tienden a pujar por debajo de sus valoraciones ("shade bids"), especialmente en las subastas de primer precio. Adicionalmente, este autor demostró que cuanto mayor sea la incertidumbre e información asimétrica sobre las características del lote que se ofrece, los participantes serán más cautos, traducándose este comportamiento en un precio final más bajo. El análisis de modelos con valoraciones comunes fue ampliamente extendido por otros autores, entre otros, por Milgrom (1979, 1981b).

Combinando valoraciones privadas y comunes

Tanto el modelo de valoraciones privadas (Vickrey, 1961) como el de valoraciones comunes (Wilson, 1967, 1969 y 1977) son dos casos extremos respecto a la estructura de valoraciones que se encuentra en la mayoría de los mercados donde se combinan elementos de ambos modelos. Por ejemplo, en las subastas de licencias del espectro radioeléctrico, la valoración de una determinada licencia para una compañía dependerá de la cantidad de espectro, así como de la banda a la que pertenezca (valor común) pero también de cómo podrá rentabilizar esa licencia (valor privado pues dependerá de su modelo de negocio).

Tomando como punto de partida las aportaciones de Wilson, el profesor Paul R. Milgrom (parcialmente con Robert Weber) abordó este complicado modelo incluyendo ambas tipologías de valoraciones. En los trabajos de Milgrom (1981b) y (1981a) y Milgrom y Weber (1982) se demuestra que, en una subasta ascendente o inglesa, en la que el precio va aumentando, entre una ronda y otra, los participantes obtienen información sobre las valoraciones de sus rivales, lo que les permite modificar sus propias valoraciones, reduciendo así el problema de la maldición del ganador. Por el contrario, en la subasta holandesa en la que el precio va disminuyendo hasta que un participante puja, no hay posibilidad de revelar información que permita modificar la estrategia, pues en el momento que se realiza la puja la subasta termina. Por tanto, los participantes pujarán de forma más prudente, conscientes del elevado riesgo a incurrir en la maldición del ganador. Tras comparar los resultados en los principales modelos de subastas se demostró que la subasta al alza o inglesa genera mayores beneficios esperados que la subasta a sobre cerrado de segundo precio, y ésta mayores que la holandesa y la subasta a sobre cerrado de primer precio. Tal y como establece el principio de vinculación ("linkage principle"), una subasta generará mayores beneficios esperados cuanto mayor sea el vínculo entre la puja y la información que obtengan los participantes. Así mismo, el vendedor también puede incrementar sus beneficios espera-

dos compartiendo su información sobre los lotes, lo que mitigará el efecto de la maldición del ganador e impulsará a los participantes a pujar con mayor determinación.

NUEVOS DISEÑOS DE SUBASTAS PARA ADJUDICAR LICENCIAS DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

El diseño específico de modelos de subastas especialmente adaptados en mercados reales ha crecido de forma muy notable en los últimos años, sobretudo para adjudicar múltiples lotes. Desde el fundamento teórico se han ido adaptando y creando distintas reglas en los procedimientos de puja, permitiendo mejorar los resultados de las subastas según los mercados concretos y los objetivos principales de los vendedores.

El Premio Nobel en Economía otorgado en 2020 reconoce la importante labor realizada por Paul R. Milgrom y Robert B. Wilson en el mundo de las subastas, tanto desde una perspectiva teórica como práctica, así como su impacto a nivel mundial sobre compradores, vendedores y contribuyentes. En este marco, el proceso de adjudicación realizado por los gobiernos de todo el mundo para otorgar las licencias de uso del espectro radioeléctrico ha experimentado un profundo cambio, siendo pionero en la implementación de estos nuevos diseños de subastas. El espectro radioeléctrico es un bien público y escaso, que tradicionalmente se adjudicaba, principalmente, mediante decisiones administrativas ("beauty contest") en las que se detallaban las obligaciones del concesionario. Sin embargo, dada la creciente importancia de la industria de las comunicaciones, en un mundo totalmente interconectado, estos procesos quedaron completamente obsoletos. En este entorno de transformación, las subastas han resultado ser el método idóneo para la adjudicación del espectro radioeléctrico ya que el valor de las licencias resulta extremadamente complejo de estimar pues los participantes presentan intrincadas estructuras de valoraciones donde los lotes de una misma subasta pueden ser tanto complementarios como sustitutivos. Es, concretamente, en el proceso de evolución de este sector tan complejo y relevante para toda la sociedad, donde las aportaciones de Milgrom y Wilson han resultado cruciales. A continuación, se describen los principales modelos de subastas que han revolucionado los procesos empleados para adjudicar licencias de uso del espectro radioeléctrico, en cuyos diseños, las aportaciones de estos economistas han sido fundamentales.

Subasta simultánea de múltiples rondas

Dado el fuerte crecimiento de las compañías de telefonía, en 1993, el gobierno de EEUU (a través de la "Federal Communications Commission", FCC) decidió que las frecuencias radioeléctricas se adjudicarían mediante subastas. Para ello, los diseños deberían integrar los objetivos del gobierno de adju-

dicar eficientemente los lotes a los participantes que más los valoraran, al mismo tiempo que generasen el máximo valor para los contribuyentes. Así mismo, el proceso tenía complicaciones adicionales pues la valoración de un participante para una licencia en un área geográfica determinada podría ser complementaria o sustitutiva respecto a otra licencia en un área geográfica cercana o diferente.

Dadas estas complicaciones del proceso de adjudicación, Milgrom y Wilson (junto con Preston McAfee) presentaron un nuevo diseño: la Subasta Simultánea de Múltiples Rondas ("Simultaneous Multiple Round Auction", SMRA). Según este formato, se ofertan todas las licencias de diferentes áreas geográficas simultáneamente comenzando por un precio bajo, de forma que, ronda tras ronda, el precio se incrementa para aquellos lotes en los que hay exceso de demanda. Con este mecanismo, los participantes obtienen información sobre las valoraciones de sus competidores según avanzan las rondas, reduciendo así la incertidumbre y el problema de la maldición del ganador, y fomentando al mismo tiempo, que los participantes realicen pujas más agresivas. Concretamente, en esta primera subasta que realizó la FCC, adjudicó 10 licencias por un total de 617 millones de dólares. Tras el éxito de este mecanismo de asignación, el diseño se extendió rápidamente a otros países. Así mismo, otros mercados, como el de electricidad y gas natural, adoptaron este mismo modelo.

Subasta combinatoria de reloj

A pesar del éxito de la SMRA, también se detectaron ciertas debilidades. Una de las más importantes ocurre cuando se ofrecen lotes complementarios, es decir, lotes que tienen un mayor valor añadido si se obtienen conjuntamente. La SMRA no garantiza a los participantes ganar la combinación de lotes deseada, pudiendo, por el contrario, obtener únicamente una parte del conjunto y perdiendo así el valor añadido del paquete completo: lo que se denomina riesgo de exposición ("exposure problem").

Con el fin de solventar este problema se presentó un nuevo diseño que permite a los participantes pujar por paquetes o combinaciones de lotes, garantizando obtener el conjunto de lotes complementarios. Este modelo de subasta, conocido como Subasta Combinatoria de Reloj ("Combinatorial Clock Auction", CCA), fue inventado por Milgrom, junto con Lawrence M. Ausubel y Peter C. Cramton (ver Ausubel y Milgrom (2002a,b) y Ausubel *et al.* (2006)).

Este diseño está compuesto por dos fases: una de adjudicación de lotes genéricos y otra de asignación de lotes específicos. La primera fase está compuesta por dos procesos. En el primero, los participantes realizan una única puja por una combinación de lotes. El precio de cada paquete o puja es igual a la suma de los precios individuales establecidos en cada ronda de los lotes integrados en el paquete.

Después de cada ronda, los participantes obtienen cierta información sobre la demanda agregada, y los precios de los lotes con exceso de demanda aumentan. Una vez que desaparece el exceso de demanda para todos los lotes, el segundo proceso consiste en una única ronda en la que los participantes envían tantas pujas como quieran por combinaciones de lotes. Posteriormente, el vendedor establece la combinación ganadora, siendo ésta la que maximiza el valor de todas las pujas ("Winner Determination Problem", WDP). Según aumenta el número de lotes y participantes, resolver el WDP es un problema NP-completo, lo que en la presencia de numerosos lotes y participantes requiere la utilización de técnicas de computación avanzadas. Tras esta fase, los participantes ya saben el número de lotes genéricos que han ganado (por ejemplo, 2 lotes de 10MHz). Sin embargo, si están interesados en algún lote concreto (por ejemplo, las dos primeras licencias de la banda que se subasta), podrán pujar por ellos en la fase de asignación.

La CCA se implementó por primera vez en el año 2008 en UK. Después, muchos fueron los gobiernos que optaron por este modelo de subasta de dos fases que permite pujar por paquetes, eliminando el riesgo de exposición, ver Mochon y Saez (2017).

Subasta de incentivos

Los modelos de subastas en el sector de las licencias de espectro radioeléctrico han continuado evolucionando, adaptándose a las necesidades de cada proceso. Otro de los recientes diseños totalmente innovadores que lideró Milgrom es la conocida Subasta de Incentivos ("Incentive Auction"), realizada por la FCC en 2017, Milgrom *et al.*, (2012). En este caso, el objetivo de la FCC era doble. En primer lugar, recomprar las licencias otorgadas años atrás a las compañías de televisión con el fin de poder reorganizarlas haciendo así que hubiera menos interferencias, y para también ofrecérselas al mismo tiempo a la industria de las telecomunicaciones, puesto que, en términos generales, tenían una valoración mucho más alta. Este proceso suponía un gran reto: determinar la cantidad y el precio a las que unos estaban dispuestos a vender, y tras un complejo proceso de optimización y reajuste de frecuencias, establecer la cantidad de espectro y su precio de venta a los compradores.

Para realizar este cambio de distribución y teniendo en cuenta los intereses de todos los participantes, se diseñó la Subasta de Incentivos. Este modelo combina dos fases. En primer lugar, una subasta inversa en la que se fija el precio y la cantidad de espectro que la FCC compra. Para ello, se comienza por un precio muy elevado al que todas las compañías de televisión voluntariamente estarían dispuestas a vender, y se va disminuyendo ronda a ronda hasta obtener la cantidad de espectro necesaria. Posteriormente, se realiza una subasta ascendente en la que el precio aumenta hasta que no hay exceso de demanda

para las licencias ofrecidas a las compañías de telefonía móvil. Como resultado de este proceso, la FCC compró 14 canales de televisión por 10.100 millones de dólares, vendió 70 MHz por 19.800 millones de dólares y tras la reasignación liberó un excedente de 14MHz de espectro.

CONCLUSIONES

Después de este recorrido sobre las principales aportaciones de los profesores Milgrom y Wilson, queda patente la importante labor que han realizado durante su carrera académica y profesional. Partiendo de modelos teóricos, estos investigadores han sabido encontrar soluciones disruptivas que han servido de solución en mercados complejos. Además, han sido capaces de colaborar con gobiernos y empresas para llevar a la práctica sus diseños con éxito, transformando globalmente los procesos de adjudicación y fijación de precios, incluso en mercados donde las circunstancias cambiantes hacen nece-

saria una constante adaptación. Los modelos de subastas diseñados por Milgrom y Wilson han revolucionado, entre otras, la industria de las telecomunicaciones, electricidad, petróleo, lo que ha supuesto un fuerte impacto sobre el beneficio social a nivel mundial.

Finalmente, hay que destacar que las bases que han sentado los profesores Milgrom y Wilson durante estos años están sirviendo de punto de partida hacia un profundo cambio que ya se está trasladando a otros sectores productivos. Estos trabajos servirán, sin duda, como catalizador para la transformación de mercados tradicionales que actualmente son ineficientes, así como solución para industrias emergentes y nuevos modelos de negocio propios de este siglo XXI.

■ Asunción Mochón
■ Yago Sáez

REFERENCIAS

- Ausubel, L. M., Cramton, P., y Milgrom, P. (2006). The clock-proxy auction: A practical combinatorial auction design. In Cramton, P., Shoham, Y., and Steinberg, R., editors, *Combinatorial Auctions*. MIT Press.
- Ausubel, L. M. y Milgrom, P. (2002a). Ascending auctions with package bidding. *The B.E. Journal of Theoretical Economics*, 1:1–44.
- Ausubel, L. M. y Milgrom, P. (2002b). Package bidding: Vickrey vs ascending auctions. *Revue Economique*, 3:391–402.
- Milgrom, P. (1979). A convergence theorem for competitive bidding with differential information. *Econometrica*, 47:670–688.
- Milgrom, P. (1981a). Good news and bad news: Representation theorems and applications. *Bell Journal of Economics*, 12:380–391.
- Milgrom, P. (1981b). Rational expectations, information acquisition, and competitive bidding. *Econometrica*, 49:921–944.
- Milgrom, P. y Weber, R. J. (1982). A theory of auctions and competitive bidding. *Econometrica*, 50:1089–1122.
- Milgrom, P., Ausubel, L., Levin, J., and Segal, I. (2012). Incentive auction rules option and discussion. Appendix C to the FCC's Notice of Proposed Rulemaking, GN Docket No 12– 268.
- Mochon, A. y Saez, Y. (2017). A review of radio spectrum combinatorial clock auctions. *Telecommunications Policy*, 41: 303–324.
- Myerson, R. B. (1981). Optimal auction design. *Mathematics of Operations Research*, 6:58–73.
- Vickrey, W. (1961). Counterspeculation, auctions, and competitive sealed-tenders. *Journal of Finance*, 16:8–37.
- Vickrey, W. (1962). Auctions and bidding games. *Recent Advances in Game Theory*. Princeton University, pages 15–27.
- Wilson, R. B. (1967). Competitive bidding with asymmetrical information. *Management Science*, 13:816–820
- Wilson, R. B. (1969). Competitive bidding with disparate information. *Management Science*, 15:446–448.
- Wilson, R. B. (1977). A bidding model of perfect competition. *The Review of Economic Studies*, 44:511–518.