

Fecha: 23 de agosto de 2021

Para: Comisión de Hacienda, Senado de Chile

De: Paul Milgrom (con Marco Pagnozzi y Andrew Vogt)

Creación de una subasta para pesquerías chilenas

Resumen ejecutivo

Licencias y normas de subasta correctamente diseñadas han sido utilizadas con éxito en todo el mundo para mejorar las asignaciones de recursos públicos, incluyendo las licencias de espectro radioeléctrico, los derechos mineros y las licencias de pesquerías.¹ Sin embargo, la actual subasta de Chile para licencias de Clase B para pesquerías, y las reglas de la subasta propuestas en la Ley Corta, dificultan innecesariamente la licitación, especialmente para los participantes más pequeños y nuevos, y no logran maximizar la competencia y los ingresos. Es probable que estas subastas produzcan una asignación poco eficiente de los recursos públicos, por lo que fallarían en maximizar el bienestar de los ciudadanos de Chile.

Para asegurar que las licencias coincidan con las necesidades de los postores y hagan que la participación sea lo más fácil posible, Chile debería definir cada licencia para combinar cada especie con su fauna acompañante. Los lotes a licitar deberían ser pequeños; por ejemplo, un millón de unidades podría corresponder al uno por ciento del total de captura disponible. Chile debería asignar todas las licencias simultáneamente, en una sola subasta, y debería adoptar un diseño de subasta que permita a los postores expresar sus preferencias por diferentes combinaciones de licencias, incluyendo posibilidades de sustitución entre licencias.

Estos requisitos se pueden alcanzar mediante el uso de las reglas de una “*subasta de asignación*” de precio uniforme a sobre cerrado. Por su diseño, esta subasta facilita a los postores ofertar simultáneamente por diferentes alternativas de licencias de acuerdo a sus preferencias² y permite a los postores variar la demanda entre licencias según cuál tenga un precio más favorable en la subasta. El diseño evita que los postores tengan que adivinar cuales licencias serán relativamente menos costosas, asegura que todos los postores paguen los mismos precios por licencias iguales y garantiza que aquellos postores cuyas ofertas coincidan con sus valores siempre ganen sus licencias favoritas dados los precios finales. Estas mejoras en la definición de las licencias y en el diseño de la subasta

¹ Derechos de subasta exitosos que involucran las pesquerías, incluyen las subastas de Nueva Zelanda y las subastas de geoduck (*Panopea generosa*) en Washington, Estados Unidos.

² La fórmula matemática y el análisis de la “subasta de asignación” o assignment auction se encuentra descrita en el anexo y se basa en mi *paper* “Assignment Messages and Exchanges”, *American Economic Journal: Microeconomics*, Vol 1, edición 2, 2009, páginas 95–113.

mejorarían sustancialmente la competitividad, la imparcialidad, la simplicidad y los ingresos obtenidos por la asignación de licencias de pesquerías chilenas.

El anexo del presente informe incluye la redacción que podría ser utilizada en la ley para describir las reglas de subasta propuestas.

1. Introducción y Objetivos

Este informe propone un conjunto cohesivo de normas para una subasta destinada a asignar licencias de pesquerías chilenas.

El diseño de subasta propuesto puede lograr objetivos importantes que apoyen una mejor asignación de las cuotas de pesca. Si es implementado correcta y completamente, este diseño de subasta puede:

1. Capturar una porción significativa del valor del recurso de las pesquerías para los ciudadanos de Chile.
2. Permitir que todos los postores compitan de forma justa, pagando los mismos precios por las mismas cuotas de pesca.
3. Facilitar el proceso de realización de ofertas, promover la competencia y la entrada, y permitir una asignación eficiente de cuotas.
4. Limitar la concentración en la industria pesquera y sus efectos perjudiciales en sectores relacionados.

2. Contexto y antecedentes

En 2011, proporcioné un informe y una presentación que describían los elementos clave que son necesarios para el éxito de una subasta de cuotas de pesca y ofrecía reglas de subasta y un *software* de subasta que podían ser aplicados al contexto chileno.

Esa recomendación se basó en los éxitos y fracasos históricos de las subastas en contextos relacionados. Un precedente importante es la subasta de las licencias del espectro radioeléctrico. Estas licencias comparten características importantes con las licencias para las cuotas de pesca, lo que hace que los problemas de diseño de la subasta sean similares. Ambos tipos de licencias otorgan a los actores privados acceso protegido a un recurso público y ambas están definidas geográficamente. Tanto las licencias del espectro radioeléctrico como las de cuotas de pesca pueden incluir múltiples licencias en cada área (frecuencias o especies de peces) y ambas pueden involucrar licencias que son en parte intercambiables: los usuarios están dispuestos a intercambiar las licencias que proporcionan formas alternativas de satisfacer sus necesidades.

Las subastas de licencias del espectro radioeléctrico utilizan diseños que mis colaboradores y yo creamos y refinamos en las décadas de 1990 y 2000, y han sido ampliamente aclamados como exitosos y se han vuelto comunes en todo el mundo. Subastas del espectro radioeléctrico adecuadamente diseñadas producen asignaciones eficientes y altos ingresos para los gobiernos. Siguiendo aquellos ejemplos, se han utilizado con éxito las subastas para asignar otros recursos, incluyendo *commodities*, electricidad, minería y recursos de Internet. Mi trabajo en el diseño de subastas fue reconocido con el Premio Nobel de Ciencias Económicas en el año 2020.

También ha habido notables fracasos de las subastas. En la mayoría de los casos, los fracasos pueden ser atribuidos a un diseño deficiente que promovió la corrupción, la colusión o procesos de realización de ofertas difíciles o manipulables. Al diseñar reglas para las subastas y las licencias que serán vendidas, es importante evitar el enfoque de "una misma solución para todos los caos" (*one size fits all*); en cambio los detalles del contexto de un recurso en particular son muy importantes. En el año 2011, propuse que una subasta de asignación de precio uniforme a sobre cerrado con licencias adecuadamente diseñadas podría ser exitosa dentro del contexto específico de las pesquerías de Chile.

El diseño y las recomendaciones que ofrecí en el año 2011 no fueron adoptados. Aunque desde entonces Chile ha introducido subastas limitadas para licencias de Clase B, el diseño de esa subasta y la definición y la oferta general de las licencias que asigna, dificultan la participación y no promueven una asignación eficiente. Muchos problemas en el mercado persisten, incluyendo la concentración de licencias entre un pequeño número de incumbentes.

3. Problemas con las reglas de subastas actuales y propuestas

Subasta actual de licencias de Clase B

El diseño actual de la subasta de licencias Clase B es insuficiente para cumplir con los objetivos regulatorios y de eficiencia para las pesquerías chilenas. El estándar de comparación es simple: una subasta pesquera apropiada debería [1] minimizar la necesidad de los postores de adivinar las demandas de los demás, haciendo que sea seguro para un postor ofertar verazmente por las licencias que espera comprar, [2] permitir que un postor gane mayores cantidades de licencias cuando los precios son más bajos, [3] permitir que un postor gane licencias para especies y regiones que encuentre relativamente más atractivas a los precios determinados por la subasta y generalmente [4] asignar a cada postor el conjunto de licencias mas preferido a los precios determinados por la subasta. El diseño actual de la subasta de licencias de Clase B no cumple con nada de lo anterior, pero la subasta recomendada en este informe sí cumple con todo. Como se discute a continuación, también ofrece más.

Estos son algunos de los principales fracasos de la subasta actual de licencias de Clase B.

En primer lugar, la subasta actual **no permite a los postores comprar simultáneamente una licencia y la licencia de fauna acompañante que se requiere**. El valor de una licencia para una sola especie probablemente dependa del precio y de la disponibilidad de la licencia de la especie acompañante. Con el actual diseño, ofertar directamente (*straightforward bidding*) no es seguro: un postor podría adquirir una licencia para el jurel pero estar inhabilitado de usarla porque no adquiere las licencias de fauna acompañante para la anchoveta, la sardina común y la merluza de cola. Este riesgo hace que las licencias para cada especie sean menos valiosas para todos los postores, y especialmente para los

nuevos entrantes, lo que los lleva a reducir sus ofertas, resultando en competencia menos efectiva, en menores ingresos por subastas y en una disminución de la eficiencia.

En segundo lugar, la subasta actual de licencias de Clase B **no permite a los postores demandar diferentes cantidades de una licencia a diferentes precios**. No es posible expresar la demanda de un postor que desea decir "quiero adquirir más licencias para sardinas en las regiones V-X si el precio de estas licencias determinado por la subasta es lo suficientemente bajo". Esta falla hace que el proceso de realización de ofertas sea innecesariamente difícil, especialmente para los pequeños postores y los nuevos entrantes y hace que sea imposible presentar ofertas que expresen plenamente las preferencias reales de un postor. Dado que un postor no puede ajustar su cantidad demandada en función del precio de la licencia determinado por la subasta, podría adquirir demasiado o muy poco al precio final. Sus ofertas deben basarse en conjeturas, lo que provoca una aleatoriedad innecesaria y conduce a una asignación ineficiente.

En tercer lugar, la subasta actual de licencias de Clase B **no permite a los postores sustituir entre diferentes tipos de cuotas**, dependiendo de los precios de esas cuotas. Un postor podría desear decir "quiero una licencia para el jurel, ya sea en las regiones III-IV o en las regiones V-IX, según cuál de las dos alternativas tenga el mejor valor para mí". Con el actual diseño, un postor debe ofertar por el jurel en las regiones III-IV y las regiones V-IX de forma independiente, lo que hace que la oferta sea extremadamente arriesgada. El postor debe adivinar cuál será el mejor trato y, si oferta por ambas, corre el riesgo de ganar demasiado y pagar más de lo que puede permitirse. La forma típica en que los postores responden a este riesgo es reduciendo sus ofertas para evitar gastar demasiado. Esto conduce a una menor competencia, menores ingresos por subasta y a una asignación ineficiente.

En cuarto lugar, la subasta actual de licencias de Clase B **crea barreras de entrada y no limita la concentración en la industria**. No existe un límite de acumulación de cuotas general o reservado. Los plazos de oferta dificultan la preparación y la participación en la subasta, especialmente para los pequeños postores y los nuevos entrantes. Los lotes no son lo suficientemente pequeños como para permitir que diferentes postores compren las cantidades deseadas. Es probable que estas características aumenten la concentración y reduzcan la competencia en el mercado de las pesquerías, lo que a su vez perjudica a los chilenos que dependen de los recursos pesqueros.

Estas fallas de la actual subasta de licencias de Clase B crean complicaciones innecesarias para los postores y el riesgo de una asignación injusta e ineficiente de licencias de pesca, pero pueden ser eliminados mediante un diseño de subasta más apropiado.

Ley Corta propuesta

La ley propuesta no corrige los problemas con la subasta actual de licencias de Clase B y además, utilizaría de manera ineficiente e innecesaria una secuencia de ventas de licencias idénticas durante un período de años. Este plan desalienta la

asignación eficiente al dificultar que un postor, que busca lograr una escala eficiente para adquirir un conjunto suficiente de licencias y hace que los oferentes en subastas anteriores tengan que adivinar el precio futuro de las licencias (lo que hace que la oferta sea más difícil y los errores perjudiciales más probables). Mientras la ley establece objetivos amplios que son consistentes con un buen diseño de subasta, carece de muchos detalles importantes y necesita mejoras críticas en el diseño del producto, en el timing/ de la subasta, en las medidas competitivas y en las reglas de subasta.

4. Una subasta mejorada

Cada uno de los problemas con la actual subasta de licencias de Clase B y la Ley Corta propuesta puede ser abordado definiendo adecuadamente las licencias y adoptando un diseño de subasta apropiado.

Cinco condiciones

La ley debería exigir que el diseño final de la subasta cumpla con las siguientes cinco condiciones. Las reglas de subasta bien concebidas, que rigen cómo se expresan las ofertas y cómo se determinan los ganadores y los precios, son necesarias, pero no suficientes para un buen diseño de subasta. De igual importancia son otras condiciones previas: la oferta total general del recurso, la definición detallada de la licencia, normas más amplias de participación y medidas que favorezcan la competencia.

*En primer lugar, los productos que se venderán deben definirse de manera tal que se **adapten a las preferencias del postor y hagan que las licencias sean utilizables.***

- A. Los productos deben definirse por tres características: [1] la mezcla de especies (especies primarias y especies acompañantes), [2] la región y [3] la categoría de postores elegibles. Todas las licencias deben ser idénticas y lo suficientemente pequeñas como para permitir que todos los postores compitan por las mismas licencias.³
- B. Todas las licencias deben incorporar fauna acompañante directamente, para que las licencias sean utilizables. No empaquetar la fauna acompañante hace que las licencias sean menos utilizables, que las licitaciones sean más arriesgadas y que la entrada sea más difícil.
- C. Todas las licencias, excepto las licencias reservadas, deben ser totalmente transables.

*En segundo lugar, la subasta debe asignar, en una sola venta, **la cuota completa de licencias de pesca disponibles.*** Las licencias no deben ser vendidas en múltiples subastas, de manera secuencial o fraccionada. La división de la cuota entre las subastas a lo largo del tiempo provoca que diferentes postores paguen diferentes precios por la misma licencia, lo que tiende a resultar en asignaciones menos eficientes y menos justas. Hace que el proceso de realización de ofertas sea

³ Este mismo principio de diseño de licencias se aplicó con éxito para las subastas de licencias de espectro radioeléctrico en los Estados Unidos, en el Reino Unido y en Canadá a principios de 2021.

más difícil al obligar a los postores a adivinar los precios futuros al ofertar en la subasta actual, crea riesgos para la entrada y facilita que los incumbentes bloqueen la entrada. Debido a que estas características tienden a desalentar la participación e inducir a los postores a ofertar con más cautela, es probable que múltiples subastas también resulten en menores ingresos.

En tercer lugar, las reglas de la subasta deben permitir a los **oferentes hacer que sus demandas de licencias en venta sean sensibles a los precios determinados por la subasta**, incluyendo las demandas que podrían sustituir entre diferentes licencias que podrían satisfacer sus necesidades.

En cuarto lugar, debería haber un **calendario razonable y viable para los preparativos de las subastas**. Los postores necesitan tiempo suficiente para entender y practicar con las reglas de la subasta, establecer y refinar sus preferencias y preparar sus ofertas. No anunciar las normas y procedimientos con suficiente antelación y no permitir un tiempo de preparación suficiente reduce la participación y la entrada, lo que a su vez puede restringir la eficiencia de la asignación y los ingresos recaudados.

Quinto, la subasta debe definir y **distinguir a los grandes incumbentes y establecer una reserva para los postores más pequeños y / o los entrantes**. Esta reserva aseguraría un porcentaje de la oferta total disponible –quizás el 25 por ciento–⁴ a los postores calificados más pequeños, lo que garantizaría que puedan funcionar incluso si existe una competencia sustancial entre los grandes postores. No reservar cuotas para los pequeños postores y los nuevos entrantes, permite estrategias de bloqueo por parte de los grandes incumbentes, aumenta la concentración del mercado y desalienta la participación.

La subasta de asignación

Para que la subasta sea fácil y flexible y para promover una asignación eficiente, Chile debe adoptar *una subasta de asignación de precio uniforme a sobre cerrado*.

En una subasta a *sobre cerrado* cada postor presenta una recopilación de ofertas que, junto con las ofertas de otros, determina las licencias que gana cada postor y los precios que se cobrarán. Un diseño de subasta a sobre cerrado, comparado con las subastas multi-rondas que se han utilizado en algunos contextos, es conocido en Chile y en otras pesquerías, hace que la participación y la forma de realizar ofertas sean más simples para los postores, facilita la implementación para el regulador y permite que la subasta se complete mucho más rápido (en horas en vez de que sean semanas o meses). Además, en comparación con una subasta multi-rondas, una subasta a sobre cerrado dificulta la colusión entre los postores y las estrategias de disuasión de nuevas entradas, porque un postor no puede observar o inferir el comportamiento de los competidores y reaccionar a sus observaciones en rondas de realización de ofertas posteriores.

⁴ El porcentaje óptimo de reserva depende de un estudio de la industria para evaluar lo que se requiere y lo que es apropiado para proteger a los postores más pequeños y fomentar las nuevas entradas.

La *subasta de asignación* es un diseño de subasta flexible que permite a cada postor hacer que los productos y las cantidades demandadas varíen con los precios de mercado cuando los bienes ofrecidos a la venta sean sustituibles. Esto se logra utilizando ofertas base, grupos de ofertas, ponderaciones y límites, como se describe a continuación.

- Cada **oferta base** es un conjunto de tres elementos: producto-precio-cantidad. Por ejemplo, una oferta de (producto X, 5, \$200) dice que "si el precio no es mayor a \$ 200, quiero 5 unidades del producto X". Ningún postor está obligado a presentar ofertas de ningún otro tipo, por lo que ofertar en esta subasta no tiene por qué ser más difícil de lo que es bajo las reglas existentes para las licencias de Clase B.
- Cada postor puede, a su elección, presentar **múltiples** ofertas base para cada producto, lo que permite que su demanda por el producto varíe con su precio. Por ejemplo, si además de la oferta de (producto X, 5, \$200) descrita anteriormente, el postor también presenta una oferta de menor precio de (producto X, 2, \$150), eso significa que "si el precio de X es inferior a \$150, entonces quiero 2 unidades adicionales del producto X". En conjunto, las dos ofertas indican que el postor demanda 7 unidades del producto X si el precio es inferior a \$150; 5 unidades del producto X si el precio es superior a \$150 e inferior a \$200 y ninguna unidad del producto X si el precio es superior a \$200. Por supuesto, un postor puede expresar una demanda aún más rica del producto X mediante la presentación de ofertas base adicionales.
- Cada postor también tiene la opción de especificar la sustitución entre sus ofertas para diferentes productos. Esto se logra mediante lo siguiente:
 - Colocación de múltiples ofertas base para diferentes productos en un solo **grupo de ofertas**;
 - Asignar una ponderación a cada oferta base de un grupo de ofertas;
 - Elegir un **límite** de grupo para el grupo de ofertas, lo que restringe la cantidad total ponderada que el postor está dispuesto a adquirir de todas las ofertas base incluidas en el grupo de ofertas.

Mediante el uso de estas características adicionales de la subasta de asignación, un postor que se enfrenta a limitaciones en la cantidad total de licencias que desea adquirir puede ofertar de forma segura por todos los productos que le interesan, sin correr el riesgo de ganar y comprar más de lo que quiere.

Por ejemplo, supongamos que además de las dos ofertas descritas anteriormente, el postor realiza una oferta base adicional para un producto diferente (producto Y, 7, \$200). El postor tal vez desee agrupar todas esas ofertas en un único grupo de ofertas y limitar el total de licencias que puede adquirir de ese grupo en función del tonelaje estimado de sus ofertas o de algún otro criterio. Para ello, el postor puede especificar: "Aplico una ponderación de 2 al producto X y una ponderación de 3 al producto Y y no quiero más de 25 unidades ponderadas en total de este conjunto de tres

ofertas. Sujeto a esa restricción, quiero que la subasta me asigne la combinación más rentable de productos y cantidades".

Las ofertas de los ejemplos anteriores serían ingresadas el cuadro de ofertas del postor de la siguiente manera:

Producto	Cantidad máxima	Precio máximo	Peso	Unidades ponderadas
X	5 unidades	\$ 200	2	10 unidades ponderadas
X	2 unidades	\$ 150	2	4 unidades ponderadas
Y	7 unidades	\$ 200	3	21 unidades ponderadas
Límite de grupo				25 unidades ponderadas

Las ponderaciones de los diversos productos son útiles para expresar la tasa de sustitución del postor entre unidades de dos productos diferentes. Por ejemplo, si el postor trata de adquirir licencias para un determinado tonelaje de biomasa, las ponderaciones podrían reflejar la biomasa relativa asociada con las unidades de cada licencia. En el ejemplo de la tabla anterior, se podría estimar que la licencia Y tiene un 50% más de tonelaje de biomasa asociado que la licencia X y el límite del grupo de 25 podría reflejar el tonelaje total máximo que el licitador está dispuesto a comprar.

Las ofertas base, las ponderaciones y los límites se combinan para determinar la demanda del postor y la asignación final a los precios del producto determinados por la subasta. En el ejemplo de la tabla, si la subasta determina que los precios de los productos X e Y son $p_x = \$120$ y $p_y = \$140$ respectivamente, el *software* de la subasta calculará que la ganancia del postor en el producto X es \$80 por unidad para las primeras cinco unidades y es \$30 por unidad para su sexta y séptima unidades y que la ganancia del postor en el producto Y es \$60 por unidad hasta siete unidades. Con estas ganancias, el postor demanda cinco unidades de producto X (equivalente a 10 unidades ponderadas) al precio de \$120 y cinco unidades del producto Y (equivalente a 15 unidades ponderadas) al precio de \$140, respectivamente. No demanda unidades adicionales del producto X, a pesar de que estas tienen ganancias positivas, porque las unidades demandadas agotan el límite total del postor de 25 unidades ponderadas, con una ganancia de \$700, que es la ganancia total más alta que este postor puede obtener con los precios de la subasta, dado los límites que ha especificado. De acuerdo con las reglas de la subasta, la asignación del postor siempre es igual a su demanda a los precios determinados por la subasta, por lo que la asignación de la subasta maximiza la ganancia del postor dadas sus ofertas y límites.

Acabo de describir la subasta desde la perspectiva de un postor. La mecánica del cálculo de precios y asignaciones se encuentra descrita en el anexo adjunto.

La estructura de las ofertas en esta subasta es más compleja que en las reglas chilenas existentes para las licencias de Clase B. La experiencia sugiere que, a pesar de esta complejidad adicional, el efecto neto de incluir estas opciones es hacer que la subasta sea mucho más fácil. Los postores que no deseen utilizar características adicionales de la subasta de asignación - las ponderaciones, grupos y límites - pueden elegir ofertar exactamente como lo harían bajo las reglas existentes, especificando un solo precio y una sola cantidad para cada producto para el que son elegibles. Sin embargo, una vez que se han explicado las reglas, es probable que los postores utilicen las opciones adicionales, ya que agregan flexibilidad para expresar plenamente sus demandas y eliminan gran parte de las conjeturas sobre qué productos y cantidades demandar y a qué precios. La subasta de asignación permite a un postor ofertar por cada combinación que considere relevante para evitar el arrepentimiento después de la subasta, por haber ofertado por las cantidades incorrectas o por el producto equivocado.

En una subasta *de precio uniforme* todos los postores pagan los mismos precios por los mismos productos, lo que promueve una asignación justa y eficiente. La subasta de asignación aquí propuesta resuelve un problema de optimización (un problema de programación lineal) para calcular los precios mínimos que se requieren para vaciar el mercado; esto es, para garantizar que la oferta sea igual a la demanda de cada producto. Asigna a cada postor el mix de productos que maximiza el valor neto del postor (su oferta menos el precio que paga) para cada producto.⁵ Bajo esta regla de precios, la oferta veraz (*truthful bidding*) es una estrategia viable: un postor que oferta sus verdaderos valores para cada producto adquirirá sus cantidades más rentables de cada producto dados los precios determinados por la subasta.

Esta subasta de precio uniforme promueve la participación de los pequeños postores y de los nuevos entrantes y los alienta a ofertar sus valores completos para cada producto, porque no se enfrentan al riesgo de pagar precios más altos que los grandes incumbentes mejor informados. También los alienta a ofertar por todos los productos que puedan ser de su interés y a expresar verazmente su demanda por varios de los productos, porque las ofertas de un postor por diferentes productos son priorizadas por la subasta según de su rentabilidad y limitadas en cantidad total según lo indique el postor.

Diseño consistente y coherente

Por último, una subasta adecuadamente diseñada debe incorporar **todas** las cuatro primeras condiciones descritas anteriormente y debe utilizar un conjunto exhaustivo de reglas de subasta. No adoptar alguna de esas condiciones, por ejemplo, dividiendo la asignación en muchas subastas o no agrupando las licencias con la fauna acompañante, puede llevar a resultados negativos, incluyendo una asignación ineficiente, aún cuando las reglas de la subasta sean buenas. Del mismo modo, el hecho de no aplicar buenas reglas de subasta, por ejemplo, impidiendo que los postores especifiquen cantidades máximas para orientar la sustitución por los distintos productos, puede dar lugar a una asignación ineficiente. No permitir

⁵ En el apéndice de este informe se describe matemáticamente un programa lineal para calcular esta asignación.

la sustitución obligará a los postores a adivinar qué productos es probable que ofrezcan las mejores ofertas y a retener otras ofertas, por temor a gastar de más. Los que se equivoquen serán penalizados en la subasta, lo que no promueve la eficiencia. Además, las ofertas que faltan resultarán en precios más bajos. En resumen, la definición del producto y las reglas de la subasta deben coincidir para que la subasta sea exitosa.

La quinta condición descrita anteriormente es una cuestión de política industrial, que pretende limitar la concentración en la industria. En la subasta se definirán productos reservados, separados, exclusivos para los postores que sean elegibles y solo ellos podrán presentar ofertas. Los demás productos "sin restricciones" podrían ser asignados a cualquier postor, incluyendo a un postor con acceso a cuotas reservadas.

5. Conclusión

Las subastas de recursos públicos en todo el mundo han tenido éxito o han fracasado dependiendo de si el diseño satisface las necesidades de la aplicación. Para las pesquerías chilenas, los postores deben poder licitar con licencias utilizables en cantidades suficientes, poder sustituir entre especies y áreas de acuerdo a los precios de los diversos productos y tener tiempo y certeza suficiente para prepararse y ofertar. El diseño propuesto en este informe satisface las necesidades de esta aplicación y puede promover la entrada y resultados eficientes y capturar una porción significativa del valor del recurso pesquero público para los chilenos.

Anexo: Reglas de subasta de asignación

La subasta asignará la totalidad de la cuota de cada licencia de pesca disponible por medio de una venta única y simultánea. Las unidades por las cuales se dividen las cuotas podrían establecerse de manera similar a las subastas de Nueva Zelanda, con 100.000.000 de acciones por cada licencia, lo que hace que cada acción corresponda a una millonésima parte de un porcentaje de la captura total en su categoría.

Licencias. Una licencia j especifica: [i] una colección de especies de peces (incluyendo, para una especie dada, cada una de sus faunas acompañantes) y [ii] un área geográfica.

Productos. Un producto especifica: [i] una licencia j y [ii] el tipo de producto t , que es, ya sea reservado (s) o sin restricciones (u), que determina la categoría de postores autorizados a ofertar por ese producto y utilizarlo.

Para cualquier licencia j , el número de acciones de su producto reservado es denotado por s_j y el número de acciones de su producto sin restricciones es denotado por u_j . Por lo tanto, la oferta total total de licencia j es $s_j + u_j$. Por ejemplo, si la oferta total de una licencia es de 100.000.000 unidades con un 25% de reserva, entonces las ofertas serían $s_j = 25,000,000$ de unidades del producto reservado y $u_j = 75,000,000$ de unidades del producto sin restricciones.

Los postores expresan su demanda por todos los productos para los que son elegibles mediante la presentación de un conjunto de ofertas cerradas e información asociada como se describe a continuación, simultáneamente para todas las licencias. Todas las ofertas y la información asociada se presentan por medio de un sistema de subasta electrónica. La información debe incluir ofertas base y también puede especificar, opcionalmente, grupos de ofertas, ponderaciones de ofertas y límites de grupos.

Ofertas base. Cada oferta base b especifica: [i] el postor i_b ; [ii] una licencia j_b y un tipo de producto $t_b \in \{s, u\}$; [iii] una cantidad $q_b > 0$ [iv] y un valor (precio) $v_b > 0$. Cada postor puede presentar varias ofertas base para cada licencia.

Para cualquier licencia dada j , cada postor es clasificado como un postor reservado o un postor común. A los postores comunes solo se les permite realizar ofertas por el producto sin restricción, y no pueden adjudicarse mas de u_j unidades de la licencia j . Los postores reservados solo realizan ofertas por el product reservado, pero sus ofertas aplican sobre el total de licencias j . En beneficio de la transparencia, hacemos hincapié en que los postores reservados pueden ofertar por y posiblemente ganar hasta $u_j + s_j$ unidades de licencia j .

Grupo de ofertas. Un grupo de ofertas G es un conjunto de varias ofertas base por diferentes productos presentada por el mismo postor. Cada oferta base se puede incluir como máximo en un grupo de ofertas.

Ponderación de la oferta. Una ponderación de la oferta $w_{G,b}$ es un peso asignado por el postor a la oferta base b grupo de ofertas G .

Límite de grupo. Un límite de grupo l_G restringe las cantidades asignadas a todas las ofertas base del grupo de ofertas G . Especifica la cantidad máxima ponderada total de productos que se pueden asignar al postor por medio de todas las ofertas base del grupo de ofertas.

Asignación de la subasta. Una asignación de productos a los postores es un conjunto de cantidades X_{ij} que, para cada licencia y cada postor, indica la cantidad de licencias j que se asigna a un postor i . Al describir el problema de optimización de la asignación, x_b indica la cantidad ganadora asociada con la oferta base b (un número entre 0 y q_b). Esto significa que la cantidad total de licencias j que se asigna por la subasta a cualquier postor i en todas sus ofertas base es $X_{ij} = \sum_{b|j_b=j, i_b=i} x_b$.

La subasta selecciona las cantidades ganadoras de las ofertas base para maximizar el valor total de la oferta, como se describe en la fórmula de mas abajo. La maximización está limitada de modo que [i] a cada oferta base b se le asigna una cantidad x_b entre cero y la cantidad de la oferta q_b , [ii] las cantidades totales asignadas a las ofertas para la licencia j no exceden la oferta total disponible para esa licencia ($u_j + s_j$), [iii] la asignación total a los postores sin restricciones para cada licencia j no exceda la oferta sin restricciones u_j y [iv] la asignación ponderada total para cada postor i y grupo de ofertas G no exceda el límite impuesto por el postor para ese grupo l_G .

En símbolos, la subasta determina la asignación resolviendo el siguiente problema de programación lineal:

$$\begin{aligned} & \max_{x_b} \sum_b v_b \cdot x_b && \text{subject to} \\ [i] & 0 \leq x_b \leq q_b && \forall b \\ [ii] & \sum_{b|j_b=j} x_b \leq u_j + s_j && \forall j \\ [iii] & \sum_{b|j_b=j, t_b=u} x_b \leq u_j && \forall j \\ [iv] & \sum_{b \in G} w_{G,b} \cdot x_b \leq l_G && \forall G \end{aligned}$$

Precios determinados por la subasta. Los precios de los productos sin restricciones son determinados a partir del problema de programación lineal anterior. Denotamos como el precio sombra de las restricciones [ii] $_j$ y [iii] $_j$ (números no negativos reportados por el software de programación lineal) como

λ_j y μ_j , respectivamente. Entonces, el precio de las licencias j del producto no reservado determinado por la subasta es $p_j^u = \lambda_j + \mu_j$.⁶

Los precios de los productos reservados se determinan de la siguiente manera. Sea p_j^{s-max} el precio sombra mas bajo de la restricción $[ii]_j$ en el siguiente problema de programación lineal, que incluye solamente a los oferentes reservados y excluye cualquier cantidad que ellos oferten para comprar mas más de s_j unidades.⁷

$$\begin{aligned}
 & \max_{x_b} \sum_{b|t_b=s} v_b \cdot x_b && \text{subject to} \\
 [i] & 0 \leq x_b \leq q_b && \forall b \\
 [ii] & \sum_{b|j_b=j, t_b=s} x_b \leq s_j && \forall j \\
 [iii] & \sum_{b|j_b=j, t_b=s, i_b=i} x_b \leq s_j && \forall i, j \\
 [iv] & \sum_{b \in G} w_{G,b} \cdot x_b \leq l_G && \forall G
 \end{aligned}$$

El precio determinado por la subasta para la licencia j del producto reservado es $p_j^s = \min(\lambda_j, p_j^{s-max})$. Se desprende que $p_j^s \leq p_j^u$.

El precio del producto reservado de la licencia j es igual al precio no restringido de la licencia j ($p_j^s = p_j^u$) siempre que se cumplan las dos condiciones siguientes: (i) la cantidad total ganada por los postores reservados supere s_j y (ii) se asigne a dos o más postores reservados algo del producto j .

Pagos determinados por la subasta. Para todos los productos, restringidos y sin restricciones, cada postor ganador paga el mismo precio por unidad. Los pagos son determinados de la siguiente forma:

- Un postor común i que gana X_{ij} unidades de licencia j paga $p_j^u X_{ij}$ por esas licencias.
- Un postor reservado i que gana X_{ij} unidades de licencia j paga p_j^s por sus primeras unidades hasta s_j y p_j^u por cada unidad adicional. Por lo tanto, si

⁶ En el caso inusual de que la suma no sea única, la suma relevante puede ser determinada haciendo incrementos muy pequeños en los lados derechos de las dos restricciones. Se puede demostrar matemáticamente que los precios p^u son los precios más bajos a los que la demanda total de las unidades no restringidas, expresada por los postores a través de sus ofertas cerradas incluidos todos los grupos y límites, es igual a la oferta del producto no restringido.

⁷ Las restricciones $[iii]$ no afectan a la asignación en el problema reservado, pero deben incluirse para calcular los precios sombra correctos p_j^{s-max} para los casos en los que alguna restricción $[iii]_{ij}$ se cumple con igualdad.

$X_{ij} \leq s_j$, entonces el postor paga $p_j^s X_{ij}$ en total por estas licencias, y si $X_{ij} > s_j$ entonces paga $p_j^s s_j + p_j^u (X_{ij} - s_j)$.