

## 2. ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

### COORDINACIÓN EN CADENAS DE DISTRIBUCIÓN

Luis A. Guardiola

Centro de Investigación Operativa  
Universidad Miguel Hernández de Elche

#### 1. Introducción

Desde los inicios de los tiempos, la evolución humana nos ha enseñado que para vencer y sobrevivir en un medio hostil es necesario adaptarse a él. Las empresas han evolucionado siguiendo esta misma filosofía, sus estructuras se van adaptando al medio económico-político de forma que su funcionamiento sea cada vez mejor. Lógicamente la empresa que no logra esa adaptación desaparece a medio o corto plazo. Hoy en día, las empresas compiten dentro de una cadena de distribución (*supply chain* o *distribution chain*), y su éxito depende de la efectividad de la cadena. Estas cadenas de distribución adoptan formas cada vez más complejas, debido a su modernización y a los cambios que se producen en la economía. Fusiones, *joint ventures* etc. son sólo los medios por los cuales las cadenas de distribución se amplían abarcando nuevos mercados. Aunque la tipología puede ser muy variada, en este artículo nos centraremos en cadenas de distribución formadas por un único proveedor y  $n$  vendedores, los cuales tienen su propio mercado al que abastecer.

En muchas ocasiones, los vendedores no podrán realizar pedidos al proveedor, ya sea porque los costes de pedido y transporte de la mercancía sean muy grandes, o porque la cantidad que el vendedor solicita no puede ser producida en un espacio de tiempo satisfactorio. Por todo esto, los vendedores deben realizar los pedidos con anticipación y mantenerlos en inventario (*stock*). De esta forma podrán satisfacer, no la demanda de todos los periodos posteriores, sino una estimación de esa demanda. Es aquí donde reside el riesgo de tener pérdidas, ya que una mala estimación puede crear un desajuste entre lo pedido y lo demandado.

Una de las formas de reducir este riesgo, y por consiguiente obtener beneficios, es la centralización de inventarios (*inventory pooling* o *inventory centralization*). Existen diversas formas de centralizar el inventario (para una descripción más detallada

véase Özen et al. (2007)):

- Instalación de un almacén. Los vendedores guardan sus inventarios en un almacén, desde donde posteriormente satisfacen la demanda de los consumidores, a través del inventario allí almacenado. Este tipo de centralización normalmente sucede cuando el almacén está cerca de los proveedores, y además los consumidores están dispuestos a soportar el retardo que esto provoca.
- Instalaciones intermedias (*cross-dock facilities*). Estas instalaciones reciben los pedidos iniciales de los vendedores, aunque no los mantienen necesariamente en inventario sino que pueden dividirlos en lotes más pequeños y enviarlos a los vendedores. Los vendedores se benefician de este tipo de centralización de inventario, ajustando sus pedidos (reduciéndolos o ampliándolos) a través de las *cross-dock facilities* a medida que tienen más información acerca de la demanda de su mercado. Este concepto fue introducido por Eppen and Scharage (1981).
- Traspasos (*lateral transshipments*). Esta forma de centralización de inventario consiste en que los vendedores mantengan inventario en sus almacenes locales. Los vendedores pueden recibir traspasos de otros vendedores y así poder satisfacer su demanda insatisfecha por falta de material en inventario. Es decir, existe una redistribución de bienes dentro de la cadena. Como en el primer caso, los consumidores tienen que estar dispuestos a soportar el consecuente retardo.

Los vendedores podrían mejorar aún más sus beneficios coordinándose en pedidos. Si consideramos las situaciones con *lateral transshipments*, los vendedores realizan sus pedidos sin tener en cuenta el

hecho de que posteriormente podrán realizar traspasos. Por el contrario, si los vendedores también se coordinan en pedidos, al realizarlos, tendrían en cuenta el posterior traspaso y optimizarían el tamaño de sus pedidos, alcanzado un mayor beneficio. Otra forma de mejorar la centralización de inventario sería compartiendo información, esto permite predecir con mayor exactitud la demanda de los consumidores, y por tanto ajustar mejor los pedidos.

Otro tema muy importante, en cuanto al sustento de la cooperación de los vendedores, es el reparto de los beneficios que genera la coordinación. Este reparto debe satisfacer las expectativas de los vendedores. Es decir, a los vendedores no les basta con que la cadena de distribución genere un beneficio mayor al haber cooperación, sino que quieren un reparto de esos beneficios que les garantice beneficios individuales y colectivos.

No tenemos que pasar por alto el papel del proveedor dentro de la *supply chain*, ya que los vendedores dependen del proveedor para alcanzar sus objetivos. Esta relación de mutua dependencia puede determinarse mediante contratos o mecanismos que el proveedor ofrece a los vendedores. Algunos de estos mecanismos son: el precio de mayorista (*wholesale price*) que ofrece el proveedor a los vendedores, garantizando los plazos de entrega de los pedidos. Otro tipo de contrato es el de compensar a los vendedores (*buy-back contracts*). Consiste en que el proveedor promete comprar a un precio determinado los bienes sobrantes de los vendedores, para compensar el riesgo de mantenerlos en stock. Las relaciones comerciales que se produzcan entre los vendedores también pueden afectar al proveedor; es decir, el proveedor podría reaccionar ante la cooperación de los vendedores si se ve perjudicado, aumentando por ejemplo el *wholesale price* o modificando las condiciones de los contratos. Es importante que los vendedores tengan en cuenta este aspecto antes incluso de establecer cualquier tipo de cooperación.

Una buena elección de contratos o mecanismos dentro de una cadena de distribución es fundamental para que ésta funcione correctamente y alcance unos mayores beneficios. Por ejemplo, si en un contrato basado en el *wholesale price* el proveedor, con el objetivo de incrementar sus beneficios, aumentara demasiado el precio de compra, los vendedores

tenderían a almacenar poco stock, con lo cual la *supply chain* alcanzaría un bajo beneficio. Los contratos deben tener como objetivo incentivar a todos los miembros de la cadena de distribución a cooperar y alcanzar el máximo rendimiento posible.

En este artículo describimos los principales tipos de coordinación que pueden producirse en el entorno de las cadenas de distribución. Realizamos una revisión de la literatura existente en este campo de investigación, que está siendo objeto de estudio por numerosos grupos de investigación en la actualidad. Esta visión se centra en la cooperación entre vendedores mediante centralización de inventarios y coordinación tanto en pedidos como en almacenamiento. Revisaremos especialmente el reparto de los beneficios dentro de la cadena de distribución, lo cual garantizará la estabilidad de la cooperación. También analizaremos posibles relaciones entre vendedores y proveedores, estudiando cómo les afecta la cooperación (véase Nagarajan and Sošić (2006) para el análisis de otros aspectos de la cooperación).

La literatura existente acerca de la coordinación en cadenas de distribución puede dividirse en dos categorías. En la primera, sección 2, consideramos la centralización de inventarios: los vendedores colaboran entre sí para conseguir un mayor beneficio. El principal objetivo es cómo repartir el beneficio conjunto, generado por la cooperación entre los vendedores. En la sección 3 analizamos aquellas situaciones en las que el proveedor forma parte activa de la cadena de distribución, y los efectos que provoca la cooperación y la competición en dicha cadena. Por último, damos un breve resumen de las situaciones en las que se produce coordinación mediante contratos.

## 2. Centralización de inventarios

La centralización de inventarios reduce las pérdidas que provoca no ajustar un pedido a la demanda de un cierto mercado, y en consecuencia produce un aumento en los beneficios. Eppen (1979), Eppen and Scharage (1981), Chen and Lin (1989), Chang and Lin (1991) y Cherikh (2000) muestran los efectos de la centralización de inventarios en diferentes situaciones. En todos estos trabajos se supone que existe un único producto. También consideran que los vendedores están interesados en lo que pueden conseguir por ellos mismos mediante la coordinación de inventarios. Existen muchos trabajos en la literatu-

ra donde se investiga cómo repartir el beneficio que produce la centralización de inventario mediante la utilización de la teoría de juegos cooperativa. Los modelos de centralización de inventario con revisión continua permitiendo periodos de escasez (*backorder*), fueron abordados por Gerchak and Gupta (1991). Los autores muestran que la coordinación de inventarios produce un coste bajo. Comparan cuatro posibles mecanismos de reparto, probando que sólo uno de ellos garantiza un coste más bajo que el que obtienen los vendedores por ellos mismos. Una extensión de este análisis la aportó Robinson (1993), estudiando otros mecanismos de reparto: el valor de Shapley y el reparto de Lounderback (Lounderback 1976). Posteriormente, Hartman and Dror (1996) examinan nuevos mecanismos de reparto para esta clase de modelos utilizando tres criterios o propiedades deseables: no vacuidad del core, facilidad de cálculo y que exista una justificación económica.

Anupindi et al. (2001) considera otro tipo de modelos de centralización de inventario. En éstos no existe una cooperación total, cada vendedor toma su propia decisión acerca de la cantidad a pedir. Después de observar las demandas, los vendedores cooperan para realojar sus inventarios. Estos modelos pueden ser extendidos considerando una etapa intermedia en la cual los vendedores deciden qué cantidad del exceso de demanda quieren compartir con los otros. Granot and Sošić (2003) estudian esta extensión y muestran que los mecanismos basados en precios duales podrían hacer que los vendedores no compartieran su exceso de demanda. Un modelo similar en el que además se consideran traspasos, fue estudiado por Sošić (2006). La autora pone de manifiesto ciertas propiedades del valor de Shapley para ese entorno. Otro tipo de modelo es analizado por Minner (2007). En él se permite la cooperación horizontal entre organizaciones que tienen la oportunidad de unirse para reabastecerse de un cierto material. Finalmente, Tijss et al. (2005) estudian la situación en la que sólo un agente dispone de una determinada capacidad de almacenamiento, y los demás agentes poseen ciertos bienes que pueden ser almacenados en dicho almacén generando beneficios. De este tipo de situaciones surge una nueva clase de juegos que resulta estar contenida dentro de la clase de juegos del gran jefe (*big boss games*, véase Muto et al. 1988). Por último, se introduce una solución para esta clase de juegos y se estudia

su relación con el conjunto de repartos estables.

### 2.1. Juegos de Inventario

Otro enfoque alternativo se basa en modelos que analizan situaciones basadas en problemas EOQ y EPQ (Economic Order Quantity y Economic Production Quantity, respectivamente). En Meca et al. (2004) se estudian situaciones de inventario (basadas en el modelo EOQ) en las que intervienen varios vendedores, los cuales realizan pedidos de un único producto, que puede ser almacenado ilimitadamente. Todos los vendedores tienen su propia demanda determinista y no se les permiten periodos de escasez. Los vendedores se pueden coordinar tanto en pedidos como en almacenamiento. En el supuesto de que los vendedores se coordinen únicamente en pedidos surgen los juegos de inventario básicos (*inventory cost games*). Si además se coordinan en almacenamiento surgen los juegos de inventario generales (*holding cost games*). Para ambos se define una regla de reparto (*proportional rule*) que resulta ser coalicionalmente estable. Si los vendedores siguen un modelo más general, como es el modelo EPQ con escasez, surge la misma clase de juegos (*inventory cost games*) como puede verse en Meca et al. (2003). Los autores revisan la regla proporcional para estos juegos (que a partir de ahora se denomina *SOC-rule*), y proponen una nueva caracterización de la misma. Finalmente, estudian el juego no cooperativo que surge de suponer que los vendedores, informando previamente del número de pedidos óptimos por unidad de tiempo, realizan pedidos conjuntos y comparten sus costes usando la *SOC-rule*. La extensión de la clase de los *holding cost games* a una clase más general (*generalized holding cost games*) la lleva a cabo Meca (2007), quien demuestra que siempre existen repartos estables e introduce una familia de éstos (*N-rational solution family*). La autora estudia un nuevo tipo de regla proporcional llamada *minimum square proportional rule*, la cual está contenida en una *N-rational solution family*. Estrechamente relacionados con la clase de los juegos de inventario se encuentran los juegos p-aditivos (*p-additive games*). Éstos son introducidos en Meca et al. (2005) inspirándose en la clase de juegos que surge de las situaciones de inventario con descuento temporal y además, contienen a la clase de los *inventory cost games*. El principal resultado muestra que los juegos p-aditivos siempre

poseen repartos que garantizan la estabilidad dentro de la cadena de distribución. Recientemente, Dror and Hartmand (2007) han extendido el trabajo de Meca et al. (2004) considerando varios bienes y separando los costes de pedido, en la suma de un coste fijo y un coste específico de cada bien.

## 2.2. Coordinación en situaciones de inventario con revisión periódica

El primer modelo en considerar la revisión periódica del inventario fue propuesto por Wagner and Whitin (1958). Entre las primeras publicaciones que analizan este tipo de modelos, desde la perspectiva de la teoría de juegos cooperativa, citamos a Guardiola, Meca and Puerto (2007). Los autores analizan situaciones en las que varios agentes tienen que satisfacer sus demandas (de bienes indivisibles) en un horizonte finito de tiempo, donde están permitidos los periodos de escasez. Cada agente tiene su propio coste unitario de producción, inventario y penalización. A partir de estas situaciones se introduce una nueva clase de juegos: juegos de producción-inventario (*PI-games*), que combinan las características de los juegos de inventario y los juegos de optimización combinatoria. El principal resultado demuestra la existencia de repartos estables para el sistema de distribución. De entre todos los repartos estables los autores proponen aquel que asigna a cada jugador su mínimo coste de operación: el punto de Owen. Relacionado con este trabajo está el artículo de Heuvel et al. (2007). Éste analiza la coordinación en pedidos en las llamadas *lot sizing situations* (*ELS-situations*). Su principal resultado asegura que siempre existen repartos que garantizan la cooperación; es decir los *ELS-games* (los juegos inducidos por las *ELS-situations*) son equilibrados. La principal diferencia del modelo propuesto por Heuvel et al. (2007) con el anterior, reside en que en este último no se permiten los periodos de escasez, pero sí se consideran costes fijos de pedido. Además asumen que todos los costes son los mismos para todos los jugadores en cada periodo. Por lo tanto, las *ELS-situations* y las *PI-situations* son distintas en general.

En Guardiola et al. (2006a) se estudia en profundidad el punto de Owen, y se aportan tres diferentes caracterizaciones axiomáticas del mismo. En todos los trabajos anteriores sólo se consideran aspectos parciales del problema general. Guardiola et

al. (2006b) introducen un nuevo modelo que incorpora todos los costes relevantes e incluye como casos particulares a los anteriores modelos. En este nuevo modelo los agentes comparten sus canales de pedido y sus tecnologías en inventario y escasez, de forma que el modelo de inventario resultante induce ahorros para los agentes. Los autores muestran que los costes pueden ser divididos entre los agentes, ya que el correspondiente juego cooperativo siempre posee repartos que garantizan la estabilidad de la cadena de distribución. Para esta clase de juegos (*SI-games*) los autores definen una familia paramétrica de repartos basándose en el comportamiento racional del punto de Owen. Además identifican una importante subclase de los *SI-games* donde la extensión del punto de Owen puede ser alcanzada mediante un *pmas*. Podemos concluir que los *SI-games* son una extensión de los *PI-games*, ya que éstos últimos no incluyen el coste de pedido. Además, los *SI-games* también extienden a los *ELS-games* ya que todos los costes considerados pueden ser diferentes para varios jugadores en cada periodo, y se permiten periodos de escasez. Recientemente, Chen and Zhang (2006a) han extendido este análisis considerando que los costes son funciones cóncavas. Utilizando técnicas de dualidad muestran que no toda solución óptima dual define un reparto estable para los miembros de la cadena de distribución.

## 2.3. El juego del vendedor de periódicos

Otro modelo que también se enmarca dentro de la clase de centralización de inventarios es el juego del vendedor de periódicos (*news vendor game*). Está basado en la siguiente situación: un vendedor de periódicos compra un producto (periódicos) durante un periodo de tiempo (por la mañana), considerando la demanda incierta. El vendedor no puede reabastecerse una vez hecho el pedido. Si el número de periódicos que ha adquirido es inferior a la demanda que se encuentra a lo largo del día, entonces pierde el coste de los periódicos que ha dejado sin vender. Si por el contrario la demanda supera sus expectativas, entonces ha perdido parte del beneficio que podría haber alcanzado. Hartman et al. (2000) estudian modelos con idénticos *news vendor*. Prueban que el *news vendor game* tiene repartos del coste que sustentan la cooperación cuando la demanda sigue una distribución normal multiva-

riante. Este resultado se extendió posteriormente a cualquier distribución de la demanda en los trabajos de Müller et al. (2002) y Slikker et al. (2001). Özen et al. (2005) analiza la convexidad del *newsvendor game*, bajo ciertas hipótesis para las distribuciones de demanda. Continuando con el estudio dentro del marco del *newsvendor game*, Hartman and Dror (2003) analizan el juego de costes que se produce cuando se consideran que las demandas tienen distribuciones normales y están correlacionadas. Muestran que la función característica del juego depende de la matriz de covarianzas e introducen un procedimiento para minimizar costes manipulando las correlaciones. Si suponemos que los costes de inventario y de penalización son diferentes para cada coalición, podemos encontrar determinados casos en los que existen repartos que sustentan la cooperación entre los vendedores. Este resultado fue probado por Hartman and Dror (2005) donde además estudian los juegos de costes que surgen de realizaciones de la demanda (*newsvendor realization games*), mostrando que podrían no existir repartos estables de los costes, aún cuando los costes son iguales para todos los vendedores. La extensión del *newsvendor model* permitiendo a los vendedores realizar traspasos de inventarios (*lateral transshipments*) es estudiada en los trabajos de Özen et al. (2004) y Slikker et al. (2005). Además prueban que existen repartos estables para estos juegos incluso cuando los vendedores tienen distintos precios de mayorista (*wholesale price*) y de minorista (*retail price*). Podemos encontrar un modelo aún más general en el cual se considera que los costes de pedido son funciones cóncavas. Este modelo fue propuesto por Chen and Zhang (2006b) formulando el problema de centralización de inventario como un problema de programación lineal. Aplicando dualidad muestran que existen repartos estables para el sistema de distribución. Otros tipos de *newsvendor games* en los cuales los vendedores, que tienen diferentes costes de penalización, centralizan sus inventarios fue tratado en Ben-Zvi (2004) y Ben-Zvi and Gerchak (2006), mostrando que estos juegos también poseen repartos estables de los costes. En Wang and Parlar (1994) se analiza un *newsvendor game* con tres jugadores mediante teoría de juegos cooperativa y no cooperativa. Entre otras, se dan condiciones para la existencia de repartos estables. Los autores concluyen que la total colaboración no

siempre se puede obtener.

Recientemente, Montrucchio and Scarsini (2007) han estudiado los *newsvendor games* donde el conjunto de jugadores es posiblemente infinito (*nonatomic games*). Los autores prueban que existe un único reparto estable para estos juegos si la demanda agregada proviene de una distribución continua. Por otra parte, Dror et al. (2007) demuestran que siempre existen incentivos para la cooperación en los problemas del vendedor de periódicos (con un único periodo) repetidos un número infinito de veces. Los autores proponen un esquema de reparto de costes repetido para los *dynamic realization games* (*newsvendor realization games* sobre un horizonte de planificación finito), basado en los procesos de reparto en juegos cooperativos introducidos por Lehrer (2002). Otro tipo de problemas relacionados con la centralización de inventarios en *newsvendor model* son los estudiados en Klijn and Slikker (2005), donde se analiza un problema de localización-inventario con  $m$  consumidores y  $n$  centros de distribución. El juego asociado resulta tener siempre repartos estables. Un análisis de la eficiencia de soluciones en problemas de inventario puede verse en Puerto and Fernández (1998).

### 3. Relaciones proveedor-vendedores

En muchas situaciones, el proveedor también juega un papel importante dentro de la cadena de distribución, ya sea desde un punto de vista cooperativo o competitivo. Dong and Rudi (2004) estudian los efectos del traspaso de stock sobre el proveedor y los vendedores, bajo contratos de precios de mayorista exógenos y endógenos. Ellos consideran costes idénticos para todos los vendedores y un único producto. Los autores muestran que el riesgo de la centralización de inventario mediante traspasos hace que el tamaño de los pedidos de los vendedores sea menos sensible al precio de mayorista, lo cual provoca una mayor ganancia para el proveedor y menos beneficios para los vendedores. Este resultado es extendido por Zhang (2005) para el caso de precio de mayorista exógeno, considerando además distribuciones de demanda generales, iguales para todos los vendedores. Mediante técnicas de comparación estocástica estudian el impacto de los traspasos sobre los pedidos de los vendedores y los beneficios resultantes. Los sistemas de distribución con dos vendedores, revisión continua y un horizon-

te de planificación infinito, son estudiados por Zhao et al. (2005). Los vendedores mediante un stock base y una política de racionamiento, comparten sus inventarios a través de traspasos, aunque determinan los parámetros de su política de una forma no cooperativa. Se investiga la existencia de estrategias de equilibrio para los vendedores, y se analizan los efectos de que el proveedor incentive la política de traspasos de los vendedores.

También podemos considerar los efectos de la centralización del inventario en sistemas de distribución compuestos por un proveedor y dos vendedores. En este modelo, Anupindi and Bassok (1999) permiten a los vendedores cooperar o competir. Los autores prueban que el proveedor no siempre se beneficia de la cooperación, mostrando que prefiere la competición cuando la demanda es alta. Un sistema de distribución similar es analizado por Bartholdi and Kemahlioglu (1997). En estos sistemas el proveedor tiene stocks separados para cada vendedor y soporta todos los riesgos de inventario. Los autores investigan el juego cooperativo que surge al permitir que los vendedores puedan formar coaliciones para centralizar el inventario en lugar de mantener los stocks separados y, en consecuencia, aumentar el beneficio. Los autores muestran además que existen soluciones beneficiosas para los vendedores. Los sistemas proveedor-vendedor son estudiados por Li et al. (1996), definiendo dos modelos de inventario y analizando el caso en que tanto proveedor como vendedor cooperan para maximizar sus beneficios. Otro tipo de situación es aquella en la cual una cadena de distribución esta formada por un único proveedor, un almacén y varios vendedores. El almacén hace de intermediario entre los vendedores y el proveedor, realizando un mayor descuento cuanto mayor sea el tamaño del pedido. Guardiola, Meca and Timmer (2007) muestran que siempre existen repartos estables del beneficio conjunto generado por la cooperación para estas situaciones. De entre todos estos repartos los autores proponen y caracterizan aquél que garantiza la mínima ganancia per cápita a todos los miembros de la cadena de distribución. Este último trabajo junto con Guardiola, Meca and Puerto (2007), Guardiola et. al (2006a), Guardiola et al. (2006b) mencionados anteriormente, están recogidos dentro de la tesis doctoral Guardiola (2007).

La coordinación mediante contratos en cadenas de distribución es un tema muy estudiado en la lite-

ratura. Los modelos más investigados son los sistemas de distribución con un único proveedor y vendedor, en los cuales no existen actualizaciones de las estimaciones de la demanda. Entre otras, se demuestra que los contratos *buy-back* generan coordinación en el sistema de distribución y que es posible cualquier división del beneficio entre el vendedor y el proveedor (ver Cachon (2003) para más detalles). Otros trabajos permiten actualizaciones de las estimaciones de la demanda; por ejemplo, Tsay (1999) estudia un tipo de contratos flexibles y muestra, entre otros resultados, que estos contratos permiten la coordinación en la cadena de distribución si la estimación de la demanda tiene desviación standard cero. Otra clase de contrato, del tipo *buy-back* con dos periodos de producción, es estudiada por Donohue (2000). En el primer periodo el vendedor compra el producto, y el proveedor ofrece una segunda opción de compra (a un precio mayor) después de que el vendedor tenga una mejor estimación de su demanda. El proveedor compensa al vendedor por los productos que no haya podido vender. El autor muestra que este tipo de contratos produce una coordinación en el sistema de distribución. La consideración de una cadena de distribución de dos niveles, en la cual el proveedor distribuye un único producto a varios vendedores que compiten entre sí fue realizada por Bernstein and Federgruen (2003). Los autores aportan una solución para la centralización del sistema y la caracterizan. A continuación, investigan el sistema descentralizado construyendo un mecanismo de coordinación basado en el *wholesale price*. Así mismo, Bernstein and Federgruen (2005) investigan las cadenas de distribución descentralizadas cuando los vendedores compiten bajo demanda incierta. Los autores diseñan mecanismos (contratos) para que las cadenas se comporten de una forma centralizada. El lector interesado puede encontrar en Tsay et al. (1998), Cachon (1999), Cachon (2003) y Lariviere (1999) unas excelentes revisiones en el tema de análisis de contratos. Para una revisión más general acerca de *supply chain management* en el entorno de la teoría de juegos ver Cachon and Netessine (2004).

#### Agradecimientos

Me gustaría agradecer a mis directores de tesis Ana Meca y Justo Puerto sus valiosos comentarios y puntualizaciones.

**Referencias**

- [1] Anupindi, R. and Bassok, Y. (1999). Centralization of stocks: retailers vs. manufacturer. *Manage Sci*, **45**, 178-191.
- [2] Anupindi, R., Bassok, Y. and Zemel, E. (2001). general framework for the study of decentralized distribution systems. *Manufacturing & Service Operations Management* **3**, 349-368.
- [3] Bartholdi, J.J. and Kemahlioglu-Ziya, E. (1997). Centralizing inventory in supply chains by using Shapley value to allocate the profits. Working paper, School of Industrial and System Engineering, Georgia Institute of Technology.
- [4] Ben-Zvi, N. (2004). *Inventory centralization when shortage cost differ: priorities and cost allocations*. M.Sc thesis. Tel-Aviv University, Tel-Aviv, Israel.
- [5] Ben-Zvi, N. and Gerchak, Y. (2006). Inventory centralization when shortage cost differ: priorities and cost allocations. Working paper, Tel-Aviv University, Tel-Aviv, Israel.
- [6] Bernstein, F. and Federgruen, A. (2003). Pricing and Replenishment Strategies in a Distribution System with Competing Retailers. *Oper Res*, **51**, 409-426.
- [7] Bernstein, F. and Federgruen, A. (2005). Decentralized Supply Chains with Competing Retailers under Demand Uncertainty. *Manage Sci*, **51**, 18-29.
- [8] Cachon, G.P. (1999). *Competitive Supply Chain Inventory Management*. in Graves, S., and Kok, T. (eds), *Handbooks in Operations and Management Science: Supply Chain Optimization*. North-Holland, Amsterdam, 111-146.
- [9] Cachon, G.P. (2003). *Supply Chain coordination with contracts*. in *Quantitative Models for Supply Chain Management*. (eds.) S. Tayur, R. Ganeshan and M. Magazine. Boston, Kluwer.
- [10] Cachon, G.P. and Netessine, S. (2004). *Game theory in Supply Chain Analysis*. in *Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis: Modeling in the eBusiness Era*. edited by David Simchi-Levi, S. David Wu and Zuo-Jun (Max) Shen. Kluwer.
- [11] Chang, P.L. and Lin, C.T. (1991). On the effect of centralization on expected costs in a multi-allocation newsboy problem. *J Oper Res Society*, **42**, 1025-1030.
- [12] Chen, M.S. and Lin, C.T. (1989). Effect of centralization on expected costs in a multi-location newsboy problem. *J Oper Res Society*, **40**, 597-602.
- [13] Chen, X. and Zhang, J. (2006a). Duality Approaches to Economic Lot-Sizing Games. Working paper, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL.
- [14] Chen, X. and Zhang, J. (2006b). A stochastic Programming Duality Approach to Inventory Centralization Games. Working paper, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL.
- [15] Cherikh, M. (2000). On the effect of centralization on expected profits in a multi-location newsboy problem. *J Oper Res Society*, **51**, 755-761.
- [16] Dong, L. and Rudi, N. (2004). Supply chain interaction under transshipment: exogenous vs. endogenous wholesale prices. *Manage Sci*, **50**, 645-657.
- [17] Donohue, K.L. (2000). Efficient supply contracts for fashion goods with forecast updating and two production modes. *Manage Sci*, **46**, 1397-1411.
- [18] Dror, M. and Hartman, B.C. (2007). Shipment consolidation: who pays for it and how much?. *Manage Sci*, **53**, 78-87.
- [19] Dror, M., Guardiola, L.A., Meca, A., Puerto, J. (2007). Dynamic Realization Games in News-vendor Inventory Centralization. Forthcoming in *International Journal of Game Theory*.
- [20] Eppen, G.D. (1979). Effect of Centralization on Expected Cost in a Multi-location Newsboy Problem. *Manage Sci*, **25**, 498-501.
- [21] Eppen, G.D. and Schrage, L. (1981). *Centralized ordering policies in a multi-warehouse system with lead times and random demand*. in: Schwarz, L. (eds.), *Multi-Level Production/inventory Control Systems Theory*

- and Practice. North-Holland, Amsterdam, 51-69.
- [22] Gerchak, Y. and Gupta, D. (1991). On Apportioning Costs to Customers in Centralized Continuous Review Inventory Systems. *J Oper Manage*, **10**, 546-551.
- [23] Granot, D. and Sošić, G. (2003). A three stage model for a decentralized distribution system of retailers. *Oper Res*, **51**, 771-784.
- [24] Guardiola, L.A. (2007). *Contribuciones a la teoría de juegos de inventario*. Tesis Doctoral. Universidad Miguel Hernández, Elche.
- [25] Guardiola, L.A., Meca, A. and Puerto, J. (2007). Production-Inventory Games: A New Class of Totally Balanced Combinatorial Optimization Games. Forthcoming in *Games Econ. Behav.*
- [26] Guardiola, L.A., Meca, A. and Puerto, J. (2006a). Characterizations of the Owen point. *Trabajos de I+D I-2006-27*, CIO Universidad Miguel Hernández, Elche.
- [27] Guardiola, L.A., Meca, A. and Puerto, J. (2006b). Coordination in periodic review inventory situations. *Trabajos de I+D I-2006-13*, CIO Universidad Miguel Hernández, Elche.
- [28] Guardiola, L.A., Meca, A. and Timmer, J. (2007). Cooperation and profit allocation in distribution chains. Forthcoming in *Decis Support Syst.*
- [29] Hartman, B.C. and Dror, M. (1996). Cost allocation in continuous review inventory models. *Naval Res logist*, **43**, 549-561.
- [30] Hartman, B.C. and M. Dror, (2003). Optimizing centralized inventory operations in a cooperative game theory setting. *IIE Trans Oper Engineering*, **35**, 243-257.
- [31] Hartman, B.C. and M. Dror, (2005). Allocation of gains from inventory centralization in newsvendor environments. *IIE Trans. Scheduling Logist*, **37**, 93-107.
- [32] Hartman, B.C., Dror, M. and Shaked, M. (2000). Cores of inventory centralization games. *Games Econ Behav*, **31**, 26-49.
- [33] Heuvel, W.V., Borm, P. and Hamers, H. (2007). Economic lot-sizing games. *European J Oper Res*, **176**, 1117-1130.
- [34] Klijjn, F. and Slikker, M. (2005). Distribution center consolidation games. *Oper Res Letters*, **33**, 285-288.
- [35] Lariviere, M. (1999). *Supply Chains contracting and coordination with stochastic demand*. in: Tayur, S., Ganeshan, R. and Magazine, M. (eds.), *Quantitative Models for Supply Chain Management*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- [36] Lehrer, E. (2002). Allocation process in cooperative games. *Int J Game Theory*, **31**, 341-351.
- [37] Li, S.X., Huang, Z.M. and Ashley, A. (1996). Improving buyer-seller system cooperation through inventory control. *Int J Prod Economics*, **43**, 37-46.
- [38] Lounderback, J.G. (1976). Another approach top allocating joint costs: A comment. *Accounting Review*, **51**, 683-685.
- [39] Meca, A. (2007). A core-allocation family for generalized holding cost games. *Math Methods Oper Res*, **65**, 499-517.
- [40] Meca, A., Timmer, J., García-Jurado, I. and Borm, P.E.M. (2004). Inventory Games. *European J Oper Res*, **156**, 127-139.
- [41] Meca, A., García-Jurado, I. and Borm, P.E.M. (2003). Cooperation and competition in Inventory Games. *Math Methods Oper Res*, **57**, 481-493.
- [42] Meca, A., Guardiola, L.A. and Toledo, A. (2005). p-additive games. *Trabajos de I+D I-2005-16*, CIO Universidad Miguel Hernández, Elche.
- [43] Minner, S. (2007). Bargaining for cooperative economic ordering. *Decis Support Syst*, **43**, 569-583.
- [44] Montrucchio, L. and Scarsini, M. (2007). Large newsvendor games. *Games Econ Behav*, **58**, 316-337.



- [45] Muto, S., Nakayama, M., Potters, J. and Tijs, S. (1988). On big boss games. *The Economic Studies Quarterly*, **39**, 303-321.
- [46] Müller, A., Scarsini, M. and Shaked, M. (2002). The Newsvendor Game Has a Nonempty Core. *Games Econ Behav*, **38**, 118-126.
- [47] Nagarajan, M. and Sošić, G. (2006). Game-theoretic analysis of cooperation among supply chain agents: Review and extensions. *European J Oper Res* (in press).
- [48] Özen, U. (2007). Collaboration between multiple newsvendors. Doctoral degree. Department of Technology Management. Technische Universiteit Eindhoven.
- [49] Özen, U., Fransoo, J. Norde, H. and Slikker, M. (2004). Cooperation between multiple newsvendors with warehouses. *CentER Discussion Paper No. 2004-34*.
- [50] Özen, U., Norde, H. and Slikker, M. (2005). On the convexity of newsvendor games. *Beta Working Paper, WP-131*, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands.
- [51] Puerto, J. and Fernández, F.R. (1998). Pareto-optimality in classical inventory problems. *Naval Res Logist*, **45**, 83-98.
- [52] Robinson, L.W. (1993). Comment on "On Apportioning Costs to Customers in Centralized Continuous Review Inventory Systems," by Gerchak and Gupta, *J Oper Manage*, **11**, 99-102.
- [53] Slikker, M., Fransoo, J. and Wouters, M. (2001). Joint ordering in multiple news-vendor situations: a game theoretical approach. *Beta Working Paper, 64*, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands.
- [54] Slikker, M., Fransoo, J. and Wouters, M. (2005). Cooperation between multiple newsvendors with transshipments. *European J Oper Res*, **167**, 370-380.
- [55] Sošić, G. (2006). Transshipment of inventories among the retailers: Myopic vs. farsighted stability. *Manage Sci*, **52**, 1493-1508.
- [56] Tijs, S.H., Meca, A. and López, M.A. (2005). Benefit sharing in holding situations. *European J Oper Res*, **162**, 251-269.
- [57] Tsay, A.A. (1999). The quantity flexibility contract and supplier-costumer incentives. *Manage Sci*, **45**, 1339-1358.
- [58] Tsay, A.A., Nahmias S. and Agrawal N. (1998). *Modeling Supply Chain Contracts: A Review*. in: S. Tayur, R. Ganeshan and M. Magazine (eds.), *Quantitative Models for Supply Chain Management*, Kluwer, Dordrecht, 299-336.
- [59] Wagner, H.M. and Whitin, T.M. (1958). Dynamic version of the economic lot size model. *Manage Sci*, **5**, 89-96.
- [60] Wang, Q. and Parlar, M. (1994). A Three-Person Game Theory Model Arising in Stochastic Inventory Control. *European J Oper Res*, **76**, 83-97.
- [61] Zhang, J. (2005). Transshipments and its impact on supply chain members' performance. *Manage Sci*, **51**, 1534-1539.
- [62] Zhao, H., Deshpande, V. and Ryan, J.K. (2005). Inventory sharing and rationing in decentralized dealer networks. *Manage Sci*, **51**, 531-547.