



Uso de árboles de decisión para medir el impacto de la incertidumbre operativa en el beneficio de centralizar la cadena de suministro

A decision-tree-based assessment of the impact of the operational uncertainty on the benefit of centralizing supply chain decisions

Mario Luis Chew Hernández¹ Leopoldo Viveros Rosas² Verónica Velázquez Romero³

Para citar: Chew, M., Viveros, L., y Velázquez, V. (2019). Uso de árboles de decisión para medir el impacto de la incertidumbre operativa en el beneficio de centralizar la cadena de suministro. *Redes de Ingeniería*, 10(1), 13-25, doi: <https://doi.org/10.14483/2248762X.14910>.

Recibido: 22-mayo-2019 / **Aprobado:** 18-octubre-2019

Resumen

Mientras otros estudios tratan la relación entre la incertidumbre en la demanda y el beneficio del manejar centralizadamente una cadena de suministro, aquí se aborda el impacto de la incertidumbre operativa (productividad) de los eslabones sobre este beneficio. Usando árboles de decisión, el beneficio del manejo central se calcula como la diferencia entre la ganancia esperada de una cadena así administrada y la suma de las ganancias esperadas de los eslabones si decidieran individualmente. Resulta que la centralización es más redituable a más incierta la productividad, dado que la certeza en bajas productividades limita el provecho de la supresión de la incertidumbre en la demanda de los eslabones intermedios, mientras que la certeza en altas productividades causa que los eslabones, por separado y manejados centralmente, tomen las mismas decisiones. Se concluye que existe un fuerte efecto interactivo de las incertidumbres en productividad y en demanda sobre la ventaja de administrar centralmente la cadena.

Palabras clave: árboles de decisión, cadena de suministro, colaboración, integración.

Abstract

Several studies deal with the relation between demand uncertainty and the worth of centralized chain management. This work, in contrast, explores the effect of the links' operational variability on said benefit. Decision trees are used to model the entities' decisions while the benefit of centralizing the chain management is measured as the difference between the expected profit of the centralized chain and the sum of the expected link profits when acting separately. The worth of centralized chain management increases the more uncertain the productivity is, as a certainty in low productivities decreases the benefit of suppressing the intermediate links' demand uncertainty, while a certainty in high productivities causes that the links, acting separately, make the same decisions as when centrally managed. The results show that there is a strong, interactive effect of productivity and demand uncertainty on the benefit accrued by centralizing the chain decisions.

Keywords: collaboration, decision trees, integration, supply chain management.

1. PhD., University of Nottingham, Reino Unido. Docente de Tiempo Completo, Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, México. Correo electrónico: mario@tesco.edu.mx
2. M. en C. en Ingeniería Industrial – Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, México. Docente de Tiempo Completo, Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, México. Correo electrónico: lviverosr@hotmail.com
3. M. en C. en Ingeniería Industrial, Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, México. Docente de Tiempo Completo, Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, México. Correo electrónico: ing_ind_amb@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Una cadena de suministro consta de los eslabones involucrados en entregar un producto a un cliente final. Su manejo puede ser tanto descentralizado, donde cada eslabón decide por separado; como centralizado, donde las decisiones se toman simultáneamente buscando maximizar la utilidad neta de la cadena. Cada eslabón enfrenta dos fuentes de incertidumbre: una interna (p. ej. su productividad) y otra externa (las demandas de otros eslabones y del cliente final). El manejo central suprime la incertidumbre en la demanda de los eslabones intermedios, logrando mayores utilidades. Este trabajo usa árboles de decisión para estudiar el efecto de las incertidumbres en la cadena, diferenciando según su fuente, sobre la ventaja de su manejo centralizado.

Anteriormente, se han usado árboles de decisión para diseñar cadenas de suministro bajo incertidumbre [1-9]. Se ha determinado, además, analíticamente o por simulación, que la colaboración y centralización del manejo de la cadena mejoran su desempeño [10-16], en una medida mayor a mayor incertidumbre en la demanda [17-19]. Casos específicos son mostrados por Wong et al. [20] para la integración proveedor-cliente, Adamczak et al. [21] para sistemas de logística-producción y Yan y Wang [22] en empresas de alta tecnología. En contraste, otros autores concluyen que la compartición de información puede ser perjudicial, tal como Iyer et al. [23] que la abordaron en el contexto del comercio en línea y Titah et al. [24] que atribuyen

el perjuicio a la desalineación en las metas de los eslabones. Finalmente, existen estudios empíricos relacionando la centralización y/o la colaboración en la cadena y mejoras en su desempeño: Lee et al. [25] y Chin et al. [26] reportan mayores beneficios a mayor incertidumbre en la demanda, con otros autores señalando que la mejora depende de elementos locales [27, 28] y Matanda y Freeman [29] documentando colaboraciones que resultaron perjudiciales para las empresas.

Los reportes previos no abordan el efecto de la incertidumbre operativa de los eslabones sobre la ventaja de la centralización. Adicionalmente, no existen aplicaciones de los árboles de decisión para evaluar el beneficio del manejo centralizado de la cadena.

METODOLOGÍA

Se toma como caso de estudio una cadena con tres procesos (Figura 1). En la Producción de Materia Prima se cultiva un área A_C (m^2) de terreno con un rendimiento γ_{MP} (kg de materia prima/ m^2), mientras que la Transformación tiene la productividad γ_P (kg de producto/kg de materia prima) y, en la Venta al Menudeo, el Cliente compra Q_{CC} unidades de producto al precio unitario $P_{V,M}$. Las productividades γ_{MP} y γ_P son inciertas al depender de elementos más o menos impredecibles como el clima, o intrínsecamente variables, como el tamaño, la textura y la humedad de los frutos cosechados. La demanda del cliente Q_{CC} es incierta al estar sujeta al accionar de los competidores y cambios en el gusto de los clientes.

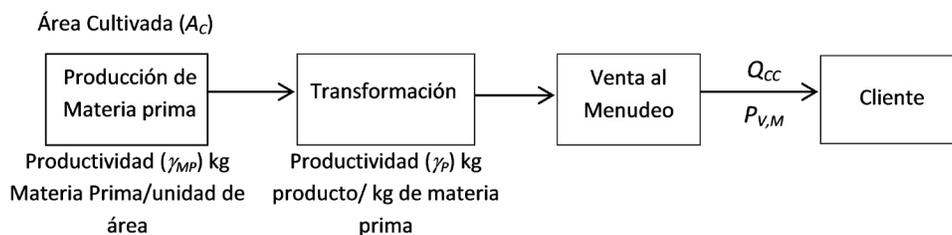


Figura 1. Procesos de la cadena de suministro.

Fuente: elaboración propia.

Toma de decisiones individual (descentralizada) en la cadena

La Figura 2 muestra los Diagramas de Influencia (DI) de los eslabones. Los cuadrados, óvalos con borde sencillo o doble y hexágono representan, respectivamente, decisiones, incertidumbres, variables determinísticas y función objetivo [30]. Las flechas indican dependencia probabilística o conocimiento de una variable al decidir.

El Proveedor (Figura 2-a) fija el área (A_C) y precio de materia prima ($P_{V,MP}$) en incertidumbre sobre la productividad (γ_{MP}) y la demanda del Productor (Q_{CP}), condicionada en $P_{V,MP}$. Si c_{MP} es un costo de cultivo, su ganancia esperada $E[G_{MP}]$ es:

$$E[G_{MP}] = P_{V,MP} \times E[\min\{Q_{CP}, \gamma_{MP} \times A_C\}] - A_C \times c_{MP} \quad (1)$$

El Productor (Figura 2-b) decide cuánta materia prima comprar (Q_{CP}) al precio ($P_{V,MP}$) y el precio de su producto ($P_{V,P}$), en incertidumbre sobre la productividad (γ_P) y la demanda del Minorista (Q_{CM})

condicionada en $P_{V,P}$. Si el costo de proceso es c_P , su ganancia esperada $E[G_P]$ es:

$$E[G_P] = P_{V,P} \times E[\min\{Q_{CM}, \gamma_P \times Q_{CP}\}] - Q_{CP} \times (P_{V,MP} + c_P) \quad (2)$$

Finalmente, la Figura 2-c muestra que el Minorista, sabiendo el precio del producto ($P_{V,P}$) decide cuánto comprar (Q_{CM}) y qué precio ofrecer al cliente ($P_{V,M}$), cuya demanda (Q_{CC}) está condicionada en este precio. La ganancia esperada del Minorista $E[G_M]$ es

$$E[G_M] = P_{V,M} \times E[\min\{Q_{CC}, Q_{CM}\}] - P_{V,P} \times Q_{CM} \quad (3)$$

Administración centralizada de la cadena

El DI del manejo central se muestra en la Figura 3: Se decide el área (A_C) y el precio de venta al cliente ($P_{V,M}$) en incertidumbre sobre la productividad (γ_{MP} y γ_P) y la demanda del cliente (Q_{CC}), procurando la máxima ganancia esperada $E[G_{ED}]$ (Ecuación 4), con Q_{CC} condicionada en $P_{V,M}$.

$$E[G_{ED}] = P_{V,M} \times E[\min\{Q_{CC}, \gamma_{MP} \times \gamma_P \times A_C\}] - A_C \times (c_{MP} + E[\gamma_{MP}] \times c_P) \quad (4)$$

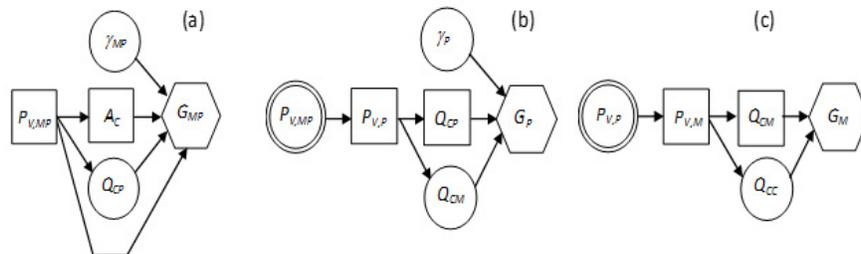


Figura 2. DI's del manejo descentralizado de la cadena: a) Proveedor, b) Productor y c) Minorista.

Fuente: elaboración propia.

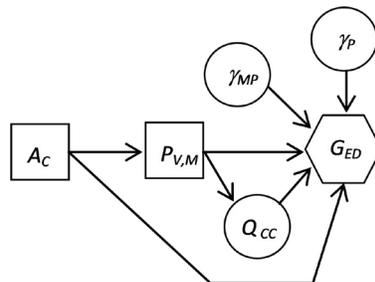


Figura 3. Diagrama de influencia de la cadena centralizada.

Fuente: elaboración propia.

Si $P_{V,MP}^*$ y A_C^* son las decisiones del Proveedor maximizando $E[G_{MP}]$; $P_{V,P}^*$ y Q_{CP}^* las del Productor maximizando $E[G_P]$ y $P_{V,M}^*$ y Q_{CM}^* las del Minorista maximizando $E[G_M]$, la suma de ganancias esperadas (S_{GE}) de la cadena es:

$$S_{GE} = E[G_{MP}|P_{V,MP}^*, A_C^*] + E[G_P|P_{V,P}^*, Q_{CP}^*] + E[G_M|P_{V,M}^*, Q_{CM}^*] =$$

$$P_{V,MP}^* \times (E[\min\{Q_{CP}^*, \gamma_{MP} A_C^*\}] - Q_{CP}^*) + P_{V,P}^* \times (E[\min\{Q_{CM}^*, \gamma_P \times Q_{CP}^*\}] - Q_{CM}^*) +$$

$$P_{V,M}^* \times E[\min\{Q_{CC}^*, Q_{CM}^*\}] - (c_{MP} \times A_C^* + c_P \times Q_{CP}^*) \quad (5)$$

Las decisiones que maximizan el valor esperado de la ganancia global de la cadena, $E[G_{ED}]$, se denotan A_C^{**} y $P_{V,M}^{**}$ y llamando G_{MED} al valor máximo de esta ganancia esperada, se tiene:

$$G_{MED} = E[G_{ED}|P_{V,M}^{**}, A_C^{**}] = P_{V,M}^{**} \times E[\min\{Q_{CC}^*, \gamma_{MP} \times A_C^{**}\}] - A_C^{**} \times (c_{MP} + E[\gamma_{MP}] \times c_P) \quad (6)$$

En la ecuación (5) $E[\min\{Q_{CP}^*, \gamma_{MP} \times A_C^*\}] - Q_{CP}^*$ es la diferencia entre la venta esperada del Proveedor y la demanda del Productor y $E[\min\{Q_{CM}^*, \gamma_P \times Q_{CP}^*\}] - Q_{CM}^*$ es la distancia entre la venta esperada del Productor y la demanda del Minorista. Estos términos dependen de la incertidumbre en demandas y productividades y no aparecen en (6), siendo propios del manejo descentralizado. Tomamos $G_{MED} - S_{GE}$ como medida de la ventaja de la administración centralizada.

Árboles de decisión

Las variables se restringen a niveles Alto y Bajo (superíndices A y B). Las Figuras 4-6 muestran los árboles del Proveedor, Productor y Minorista, entretanto el manejo centralizado se muestra (dividido) en las Figuras 7 y 8. En este caso, la incertidumbre en productividad está dada por su probabilidad de ser alta $P(\gamma_{MP}^A)$ y $P(\gamma_P^A)$, mientras que la incertidumbre en las demandas del Productor, el Minorista y el Cliente están dadas por su probabilidad de ser altas a precio alto, $P(Q_{CP}^A|P_{V,MP}^A)$, $P(Q_{CM}^A|P_{V,P}^A)$ y

$P(Q_{CC}^A|P_{V,M}^A)$ y a precio bajo, $P(Q_{CP}^B|P_{V,MP}^B)$, $P(Q_{CM}^B|P_{V,P}^B)$ y $P(Q_{CC}^B|P_{V,M}^B)$. Se supone que la probabilidad de demanda alta es mayor a precio bajo. Los valores de los parámetros son: Cultivo $\gamma_{MP}^A=0.4$ kg/m², $\gamma_{MP}^B=0.1$ kg/m², $A_C^A=1000$ m², $A_C^B=500$ m², $P_{V,MP}^A=20$ \$/kg, $P_{V,MP}^B=15$ \$/kg y $c_{MP}=0.5$ \$/m²; Transformación $\gamma_P^A=0.8$ kg producto/kg materia prima, $\gamma_P^B=0.6$ kg producto/kg materia prima, $P_{V,P}^A=45$ \$/kg, $P_{V,P}^B=40$ \$/kg, $Q_{CP}^A=200$ kg, $Q_{CP}^B=100$ kg y $c_P=2$ \$/kg, y Venta $P_{V,M}^A=60$ \$/kg, $P_{V,M}^B=55$ \$/kg, $Q_{CM}^A=160$ kg, $Q_{CM}^B=60$ kg, $Q_{CC}^A=160$ kg y $Q_{CC}^B=60$ kg. Para simplificar se asume:

- Existe la misma probabilidad, $P(\gamma^A)$, de observar valores altos de las productividades en la siembra y producción, esto es $P(\gamma^A_X) = P(\gamma^A_{MP}) = P(\gamma^A_P)$.
- La probabilidad de demanda alta a precio alto se denota $P(Q_{CX}^A|P_{V,X-1}^A)$ y es igual para toda la cadena, $P(Q_{CX}^A|P_{V,X-1}^A) = P(Q_{CP}^A|P_{V,MP}^A) = P(Q_{CM}^A|P_{V,P}^A) = P(Q_{CC}^A|P_{V,M}^A)$.
- $P(Q_{CX}^B|P_{V,X-1}^B)$ es la probabilidad de demanda alta a precio bajo y es constante en la cadena, $P(Q_{CX}^B|P_{V,X-1}^B) = P(Q_{CP}^B|P_{V,MP}^B) = P(Q_{CM}^B|P_{V,P}^B) = P(Q_{CC}^B|P_{V,M}^B)$.

El efecto de la incertidumbre sobre el provecho de la administración centralizada, $G_{MED} - S_{GE}$ se estudia variando $P(\gamma^A_X)$, $P(Q_{CX}^A|P_{V,X-1}^A)$ y $P(Q_{CX}^B|P_{V,X-1}^B)$ y resolviendo los árboles de decisión.

RESULTADOS

Efecto de la incertidumbre en las productividades

La Figura 9 muestra los resultados de variar $P(\gamma^A_X)$ con $P(Q_{CX}^A|P_{V,X-1}^A)$ y $P(Q_{CX}^B|P_{V,X-1}^B)$ fijas. La gráfica 9-a muestra las ganancias totales de las formas de manejo (G_{MED} y S_{GE}) y las individuales; la 9-b indica el área fijada centralmente (A_C^{**}) y por el Proveedor (A_C^*); la 9-c el precio al cliente fijado centralmente ($P_{V,M}^{**}$) y por el Minorista ($P_{V,M}^*$) y los precios del Proveedor y Productor ($P_{V,MP}^*$ y $P_{V,P}^*$) y la 9-d las demandas del Productor y Minorista (Q_{CP}^* y Q_{CM}^*).

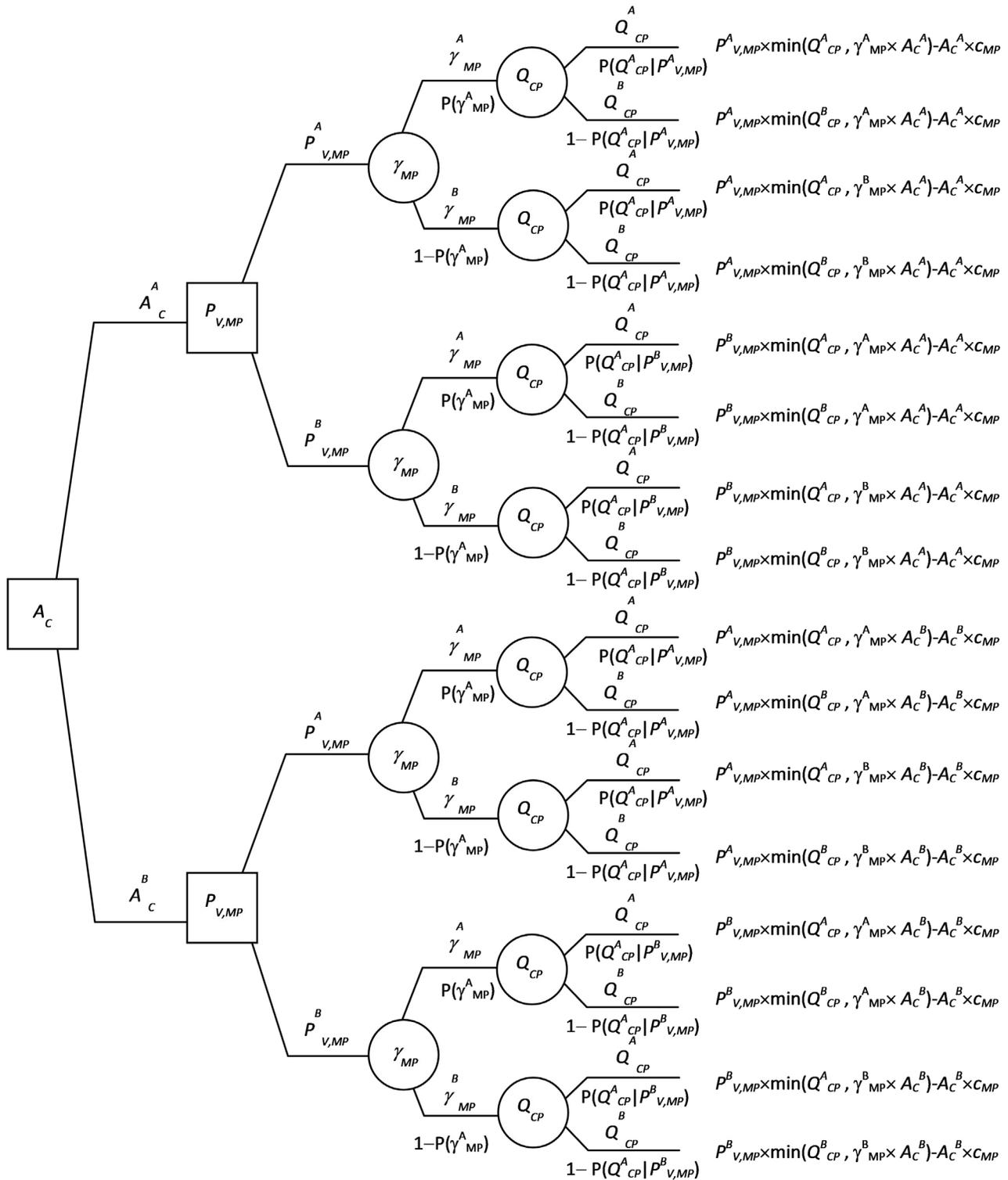


Figura 4. Árbol de decisión del Proveedor de Materia Prima.

Fuente: elaboración propia.

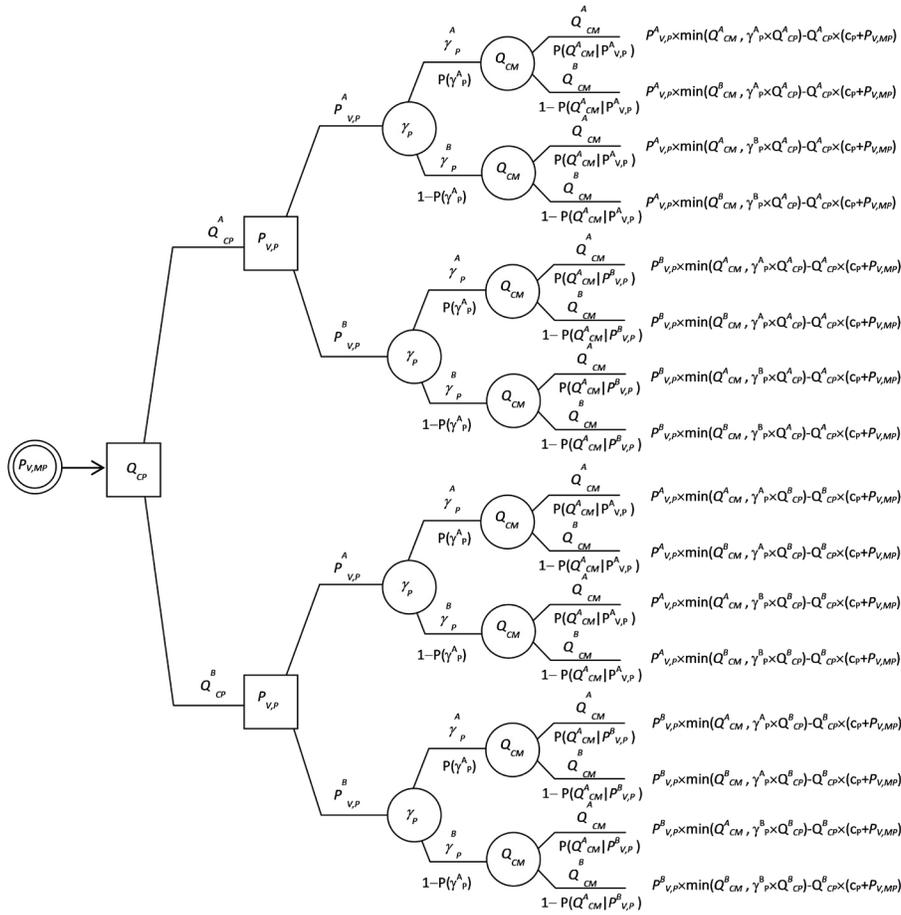


Figura 5. Árbol de decisión del Productor.

Fuente: elaboración propia.

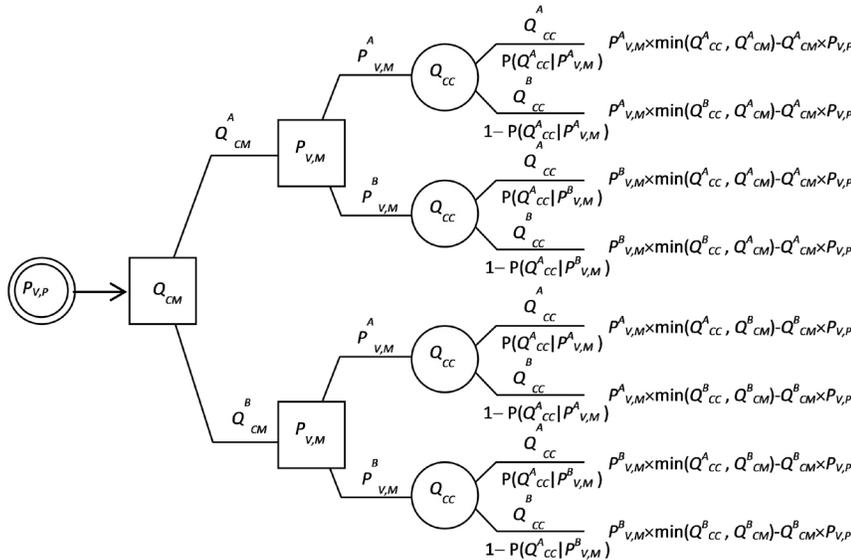


Figura 6. Árbol de decisión del Minorista.

Fuente: elaboración propia.

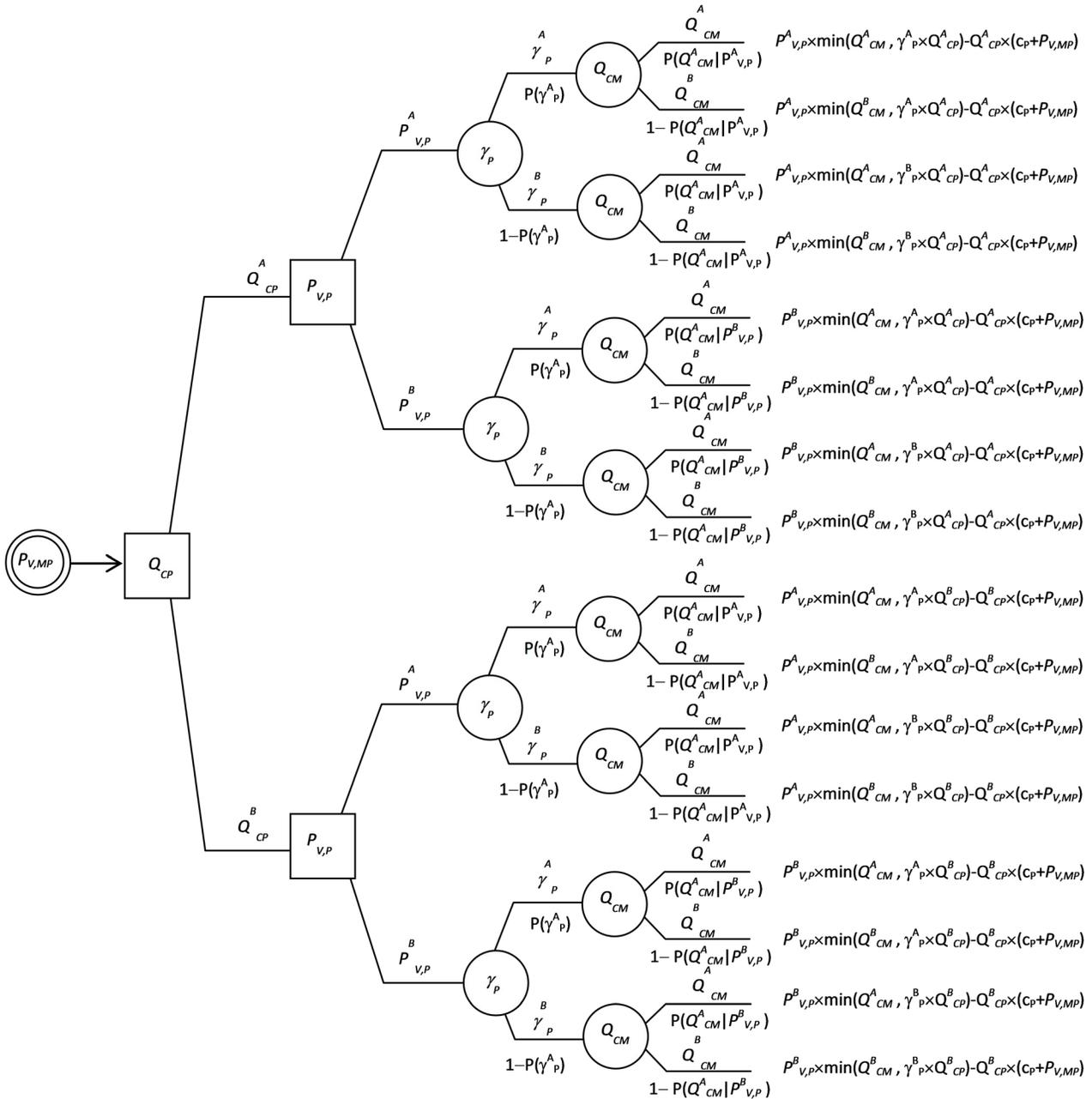


Figura 7. Parte superior del árbol de decisión de la cadena manejada centralizadamente.

Fuente: elaboración propia.

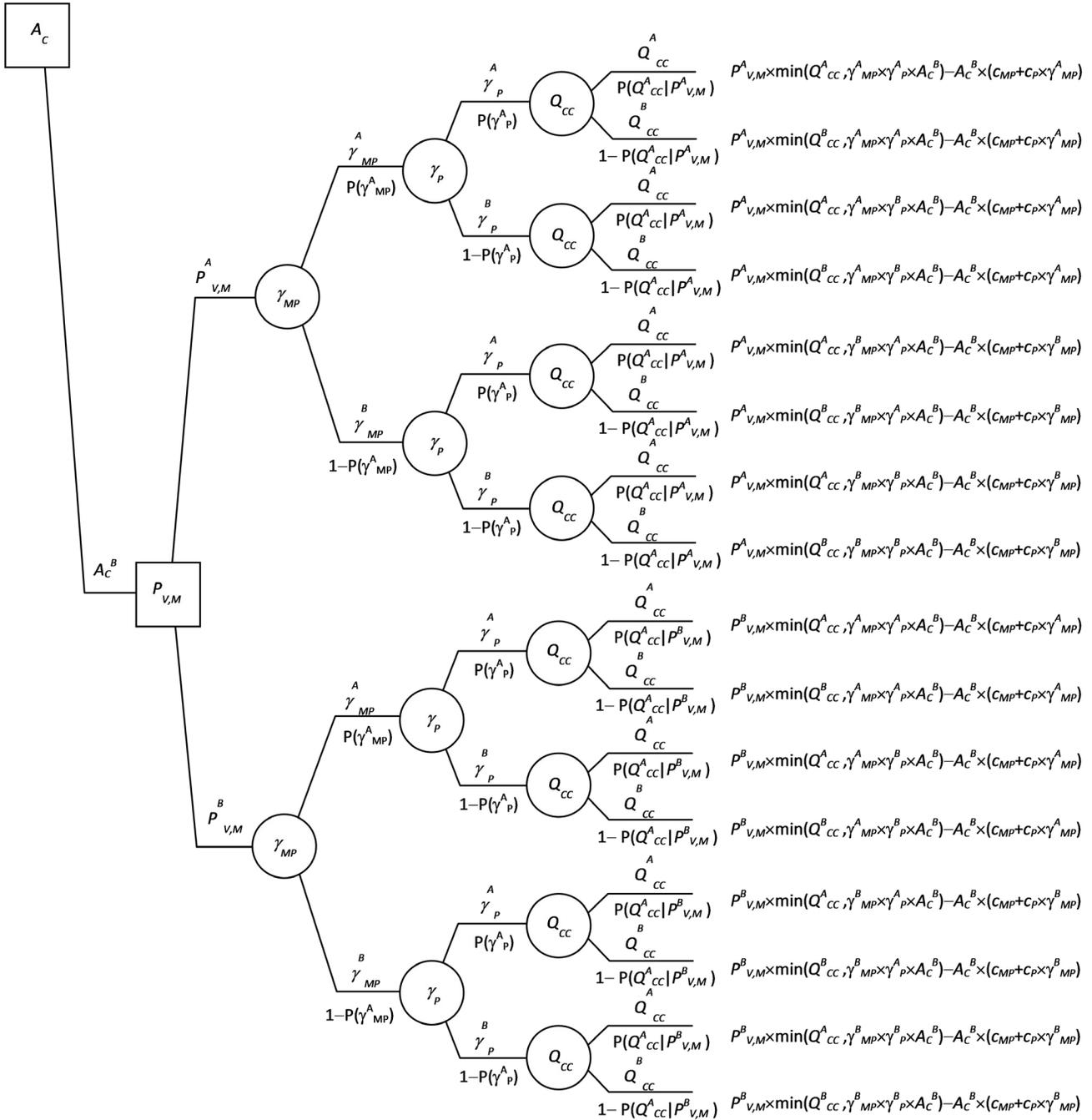


Figura 8. Parte inferior del árbol de decisión de la cadena manejada centralizadamente.

Fuente: elaboración propia.

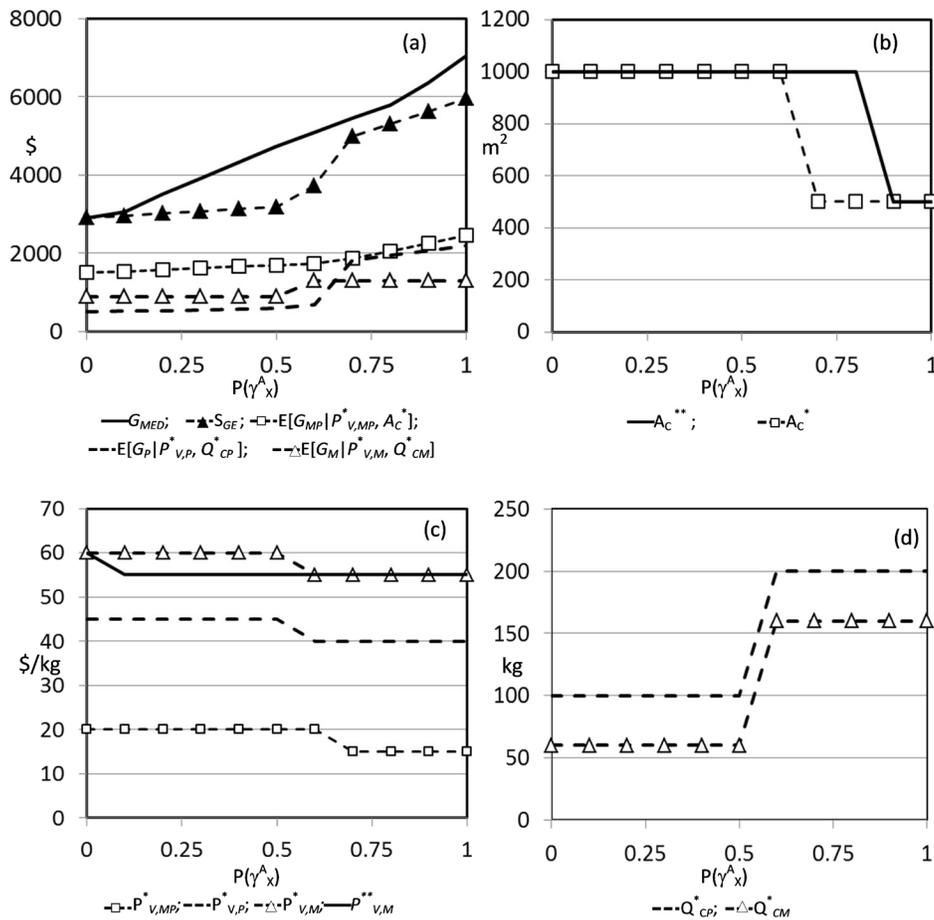


Figura 9(a-d). Ganancias y decisiones vs. $P(\gamma^A_X)$ con $P(Q_{ACX}|PAV,X-1)=0.2$ y $P(Q_{ACX}|PBV,X-1)=0.8$

Fuente: elaboración propia.

$G_{MED} - S_{GE}$ muestra un pico en $P(\gamma^A_X)=0.5$, S_{GE} crece débilmente con $P(\gamma^A_X)$ antes de este valor, mientras G_{MED} sube marcadamente. Esto, debido a que el manejo central fija precio bajo (Figura 9-c) con probabilidad de demanda alta, $P(Q_{CC}^A|P_{V,M}^B)$ de 0.8, mientras el Proveedor y Productor fijan precios altos con prospectiva de demanda alta $P(Q_{CP}^A|P_{V,MP}^A)$ y $P(Q_{CM}^A|P_{V,CP}^A)$ de 0.2 limitando el impacto de $P(\gamma^A_X)$. Si $P(\gamma^A_X) > 0.5$, Productor y Minorista fijan precios bajos y demandas altas (Figura 9-c y d) y S_{GE} sube rápidamente con $P(\gamma^A_X)$ acercándose más a G_{MED} . Si el Proveedor decide precio y área bajos (Figura 9-b y c). Si $P(\gamma^A_X) \rightarrow 1$, ambos manejos deciden lo mismo en los extremos de la cadena ($A_C^{**} = A_C^* = A_C^B$ y $P_{V,M}^{**} = P_{V,M}^* = P_{V,M}^B$) y el valor de $G_{MED} - S_{GE}$ se

debe a la incertidumbre en la demanda: al $P(\gamma^A_X) \rightarrow 1$, los primeros términos de la ecuación (5) tienden a $E[Q_{CP}] - Q_{CP}^*$ y $E[Q_{CM}] - Q_{CM}^*$ negativos para Q_{CP}^* y Q_{CM}^* altos. En resumen, a más incertidumbre en la productividad, $P(\gamma^A_X)$ cerca de 0.5, mayor $G_{MED} - S_{GE}$: un bajo $P(\gamma^A_X)$ limita el impacto de suprimir la incertidumbre en la demanda y si $P(\gamma^A_X) \rightarrow 1$, ambas formas de manejo deciden igual.

Efecto conjunto de las incertidumbres en productividad y demanda

La Figura 10 muestra el efecto sobre $G_{MED} - S_{GE}$ de las probabilidades de demandas altas, $P(Q_{CX}^A|P_{V,X-1}^A)$ y $P(Q_{CX}^A|P_{V,X-1}^B)$ y productividad alta $P(\gamma^A_X)$.

Como $P(Q_{CX}^A | P_{V,X-1}^B) \geq P(Q_{CX}^A | P_{V,X-1}^A)$, la línea para un $P(Q_{CX}^A | P_{V,X-1}^A)$ dado nace en $P(Q_{CX}^A | P_{V,X-1}^B) = P(Q_{CX}^A | P_{V,X-1}^A)$. Los valores negativos en la Figura 10, surgen porque la ganancia del Minorista, que no considera $P(\gamma_X^A)$, crece con la certeza de venta alta $P(Q_{CX}^A | P_{V,X-1}^B) \rightarrow 1$. Pero si $P(\gamma_X^A) < 1$, esto sobreestima S_{GE} pues no se tendrá suficiente producto. En contraste, la administración central sí considera $P(\gamma_X^A)$ y no sobreestima G_{MED} . Al inicio, $G_{MED} - S_{GE}$ toma un valor constante, que crece si $P(Q_{CX}^A | P_{V,X-1}^A)$ sube desde 0.1 y luego baja si $P(Q_{CX}^A | P_{V,X-1}^A) \rightarrow 1$. Dados los picos en $G_{MED} - S_{GE}$ se concluye que a demanda más incierta (probabilidad cerca de 0.5) mayor $G_{MED} - S_{GE}$. Sobre el impacto de $P(\gamma_X^A)$, se observa que $G_{MED} - S_{GE}$ es muy baja si $P(\gamma_X^A) = 0.2$,

subiendo a mayor $P(\gamma_X^A)$, además, el valor inicial de $G_{MED} - S_{GE}$ aumenta con $P(\gamma_X^A)$, en una proporción mayor a mayor $P(Q_{CX}^A | P_{V,X-1}^A)$. Al aumentar $P(Q_{CX}^A | P_{V,X-1}^B)$, el manejo centralizado fija precio bajo y $G_{MED} - S_{GE}$ sube con una pendiente mayor a mayor $P(\gamma_X^A)$, para luego alcanzar un pico y caer drásticamente. Es a partir de aquí que ambas formas de administrar deciden lo mismo.

Si $P(Q_{CX}^A | P_{V,X-1}^A)$ se mantiene constante y $P(\gamma_X^A)$ sube, el máximo se corre a la izquierda. Esto indica que el rango de valores de $P(Q_{CX}^A | P_{V,X-1}^B)$ donde el manejo central y por separado deciden igual (i.e. la parte de las curvas a la derecha del máximo) crece si $P(\gamma_X^A) \rightarrow 1$. Resumiendo:

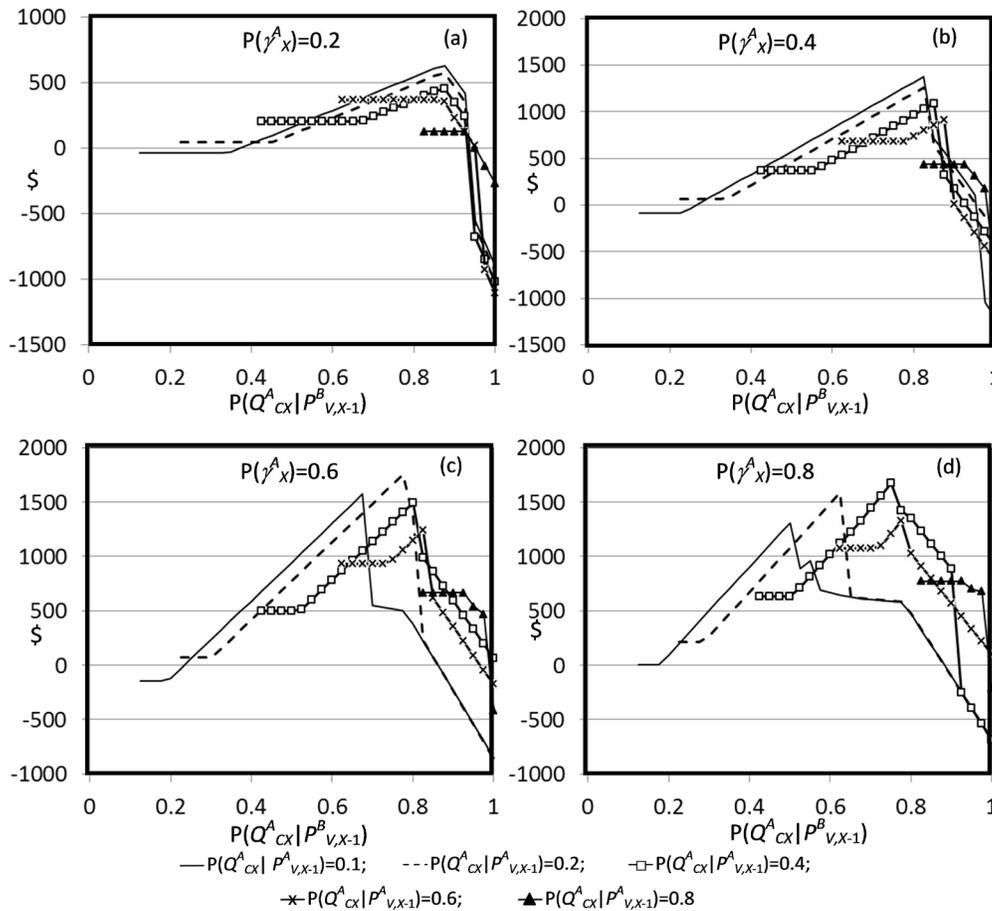


Figura 10(a-d). GMED-SGE contra probabilidad de productividades y demandas altas.

Fuente: elaboración propia.

- A demanda más incierta (probabilidad cercana a 1/2), mayor ventaja del manejo central.
- La prospectiva de alta productividad impacta la ventaja de la centralización
 - La certeza en baja productividad causa una baja ventaja de la centralización.
 - Si la probabilidad de productividad alta sube desde cero, aumenta la ventaja del manejo central; a mayor prospectiva de demanda alta, mayor tamaño del aumento.
 - La certeza en alta productividad disminuye el conjunto de valores de probabilidad de demanda con una alta ventaja de la centralización, dado que las decisiones tomadas centralmente y por separado tienden a igualarse.

CONCLUSIONES

Previamente se ha visto que a más incertidumbre en las demandas de los eslabones, mayor es el beneficio de manejar centralmente una cadena, dado que se suprime la incertidumbre en la demanda de los eslabones intermedios. Pero la operación interna de los eslabones también está sujeta a incertidumbre, que no disminuye por la centralización. Este trabajo presentó un estudio del efecto de la incertidumbre operativa sobre la ventaja de centralizar las decisiones en la cadena usando árboles de decisión con base en una cadena hipotética que, si bien muy simplificada, abstrae los elementos mínimos básicos de las decisiones de una cadena real. Se encuentra que la ventaja de la centralización es mayor si la productividad es más incierta: la certeza en bajas productividades limita el impacto de suprimir la incertidumbre en la demanda, mientras que la certeza en altas productividades provoca que las decisiones alcanzadas centralizada e individualmente sean iguales. Como la cooperación de la cadena acerca su manejo a uno central, la ventaja de la centralización representa el máximo provecho a obtenerse al colaborar, por lo que lo aquí mostrado contribuye a identificar situaciones prácticas donde esto resulte más beneficioso.

Finalmente, para limitar el número de parámetros cuyo efecto se busca examinar, lo presentado incurre en ciertas simplificaciones como, por ejemplo, asumir la igualdad de las probabilidades de la demanda a lo largo de la cadena. Si bien se debe investigar el efecto de esta suposición, pues se antoja difícil que se verifique exactamente en la realidad, puede esperarse que su relajación aumente la descoordinación entre los eslabones y, por tanto, la ventaja del manejo centralizado.

REFERENCIAS

- [1] J. Thénier, J. P. Vial, "Step decision rules for multistage stochastic programming: A heuristic approach", *Automatica*, 44(6):1569-1584, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2008.02.001>
- [2] S. Nickel, F. Saldanha-da-Gama, H.-P. Ziegler, "A multi-stage stochastic supply network design problem with financial decisions and risk management", *Omega*, 40(5):511-524, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.09.006>
- [3] V. De Rosa, M. Gebhard, E. Hartmann, J. Wollenweber, "Robust sustainable bi-directional logistics network design under uncertainty", *International Journal of Production Economics* 145(1): 184-198, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.04.033>
- [4] S.H. Amin, G. Zhang, P. Akhtar, "Effects of uncertainty on a tire closed-loop supply chain network", *Expert Systems with Applications*, 73:82-91, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.12.024>
- [5] N. Ayoub, R. Martins, K. Wang, H. Seki, Y. Naka, "Two levels decision system for efficient planning and implementation of bioenergy production", *Energy Conversion and Management* 48(3): 709-723, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2006.09.012>
- [6] F. Oliveira, P.M. Nunes, R. Blajberg, S. Hamacher, "A framework for crude oil scheduling in an integrated terminal-refinery system under supply uncertainty", *European Journal of*

- Operational Research*, 252(2): 635-645, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.01.034>
- [7] S. Kumar, T. Havey, "Before and after disaster strikes: A relief supply chain decision support framework", *International Journal of Production Economics*, 145(2): 613-629, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.05.016>
- [8] A. Soeanu, M. Debbabi, D. Alhadidi, M. Makkawi, M. Allouche, M. Bélanger, N. Léchevin, "Transportation risk analysis using probabilistic model checking", *Expert Systems with Applications*, 42(9): 4410-4421, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.12.052>
- [9] S. Vogel, H. Meyr, "Decentral allocation planning in multi-stage customer hierarchies", *European Journal of Operational Research*, 246(2): 462-470, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.05.009>
- [10] P. Fiala, "Information sharing in supply chains", *Omega*, 33(5): 419-423, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.07.006>
- [11] R. Guillaume, G. Marques, C. Thierry, D. Dubois, "Decision support with ill-known criteria in the collaborative supply chain context", *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 36:1-11, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2014.06.013>
- [12] J. Gaudreault, J.-M. Frayret, G. Pesant, "Distributed search for supply chain coordination" *Computers in Industry*, 60(6):441-451, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2009.02.006>
- [13] Ch. Van Delft, J.-P. Vial, "A practical implementation of stochastic programming: an application to the evaluation of option contracts in supply chains", *Automatica* 40(5):743-756, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2003.12.008>
- [14] H. M. Wee, P. C. Yang, "The optimal and heuristic solutions of a distribution network" *European Journal of Operational Research*, 158(3): 626-632, 2004. [https://doi.org/10.1016/s0377-2217\(03\)00383-7](https://doi.org/10.1016/s0377-2217(03)00383-7)
- [15] F. Galasso, C. Thierry, "Design of cooperative processes in a customer-supplier relationship: An approach based on simulation and decision theory", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 22(6): 865-881, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2008.10.008>
- [16] C.H. Lee, B.-D. Rhee, T.C.E. Cheng, "Quality uncertainty and quality-compensation contract for supply chain coordination", *European Journal of Operational Research*, 228(3): 582-591, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.02.027>
- [17] G. Zhang, J. Shang, W. Li. "Collaborative production planning of supply chain under price and demand uncertainty", *European Journal of Operational Research*, 215(3): 590-603, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.07.007>
- [18] Y. Acar, S.N. Atadeniz, "Comparison of integrated and local planning approaches for the supply network of a globally-dispersed enterprise", *International Journal of Production Economics*, 167: 204-219, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.05.028>
- [19] D.P. Van Donk, T. Van der Vaart, "A case of shared resources, uncertainty and supply chain integration in the process industry", *International Journal of Production Economics*, 96(1): 97-108, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.03.002>
- [20] C.Y. Wong, S. Boon-itt, C.W.Y. Wong, "The contingency effects of environmental uncertainty on the relationship between supply chain integration and operational performance", *Journal of Operations Management*, 29(6): 604-615, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2011.01.003>
- [21] M. Adamczak, R. Domanski, L. Hadas, P. Cyplik, "The integration between production-logistics system and its task environment - chosen aspects", *IFAC-PapersOnLine*, 49(12): 656-661, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.771>
- [22] R. Yan, K.-Y. Wang, "Franchisor-franchisee supply chain cooperation: Sharing of demand

- forecast information in high-tech industries", *Industrial Marketing Management*, 41(7): 1164-1173, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2012.06.013>
- [23] K.N.S. Iyer, R. Germain, C. Claycomb, "B2B e-commerce supply chain integration and performance: A contingency fit perspective on the role of environment", *Information and Management*, 46(6): 313-322, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.im.2009.06.002>
- [24] R. Titah, S. Shuraida, Y. Rekik, "Integration breach: Investigating the effect of internal and external information sharing and coordination on firm profit", *International Journal of Production Economics*, 181-A: 34-47, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.01.002>
- [25] H. Lee, M.S. Kim, K.K. Kim "Interorganizational information systems visibility and supply chain performance" *International Journal of Information Management* 34(2): 285-295, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfor.2013.10.003>
- [26] T.A. Chin, A.B.A. Hamid, A. Rasli, H.H. Tat "A Literature Analysis on the Relationship between External Integration, Environmental Uncertainty and Firm Performance in Malaysian SMEs" *Procedia, Social and Behavioral Sciences* 130:75-84, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.04.010>
- [27] C.W.Y Wong, K.-H. Lai, E.W.N. Bernroider "The performance of contingencies of supply chain information integration: The roles of product and market complexity" *International Journal of Production Economics* 165: 1-11, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.03.005>
- [28] D.J.-F. Jeng, "Generating a causal model of supply chain collaboration using the fuzzy DEMATEL technique" *Computers and Industrial Engineering* 87: 283-295, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.05.007>
- [29] M.J. Matanda, S. Freeman "Effect of perceived environmental uncertainty on exporter-importer inter-organizational relationships and export performance improvement" *International Business Review* 18(1): 89-107, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2008.12.004>
- [30] R.T. Clemen, "Making Hard Decisions" Segunda Edición. Duxbury Press. EUA, 1996

