

Efecto de los mecanismos de integración externa en el desempeño logístico de cadenas frutícolas. Un enfoque bajo dinámica de sistemas

External integration mechanisms effect on the logistics performance of fruit supply chains. A dynamic system approach



JAVIER ARTURO ORJUELA-CASTRO^{1, 2, 3}
ANDRÉS LEONARDO CAICEDO-OTAVO¹
ANDRÉS FELIPE RUIZ-MORENO¹
WILSON ADARME-JAIMES²

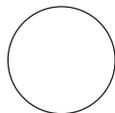
Venta de frutos de mango en carretera en el departamento de Tolima.

Foto: G. Fischer

RESUMEN

Este artículo estudia el efecto que tienen los mecanismos de integración externa en el desempeño logístico de cadenas de suministro agroalimentarias. Mediante el análisis de un modelo en Dinámica de Sistemas aplicado a la de mango de Cundinamarca-Bogotá, se evalúa la teoría de integración en la cadena, la cual plantea que su implementación mejora el desempeño logístico de todos los agentes de la cadena. Los mecanismos de integración analizados (contratos, toma de decisiones conjunta, e intercambio de información) indican que el desempeño logístico mejora al reducir el nivel de inventario de mango, las pérdidas de fruta en almacén y los faltantes en toda la cadena. No obstante, se encuentra que mientras en algunos agentes mejora el desempeño en transporte y cumplimiento de la demanda, los mismos indicadores disminuyen en otros eslabones. El comportamiento encontrado replantea lo esbozado por la teoría de integración, en particular en la cadena de suministro de mango.

Palabras clave adicionales: cadena de suministro de alimentos, dinámica industrial, coordinación, desempeño, mango.



¹ Facultad de Ingeniería, Ingeniería Industrial, Grupo GICALyT, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia).

² Facultad de Ingeniería, Programa de Doctorado en Ingeniería - Industria y Organizaciones, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia).

³ Autor para correspondencia. orjuela@udistrital.edu.co



ABSTRACT

This paper presents a system dynamics model designed to understand the effect of external integration mechanisms (VMI, contracts and information sharing) on agri-food supply chain's logistics performance (transport, inventory, backlogs, demand accomplishment and missed product). It is applied to the case study of mango agri-food supply chain in Bogota-Cundinamarca. Performance indicators were measured for each echelon (farmer, distributor, agribusiness and point of sale) in the flows of fresh fruit and processed products, and also in wide chain. Results indicate that all of them reduce inventory, fruit losses in stock and backlogs at the entire chain. Nonetheless, there are actors that benefit more and others that are adversely affected in certain performance indicators.

Additional key words: agro-food supply chain, industrial dynamics, coordination, performance, mango.

Fecha de recepción: 08-10-2016 Aprobado para publicación: 24-11-2016

INTRODUCCIÓN

En la década de 1980, la gestión de la Cadena de Suministro (CS) cobra importancia y surgen las primeras definiciones de integración, en los últimos años es un tema amplio de investigación, sin embargo, su relación con el desempeño de la CS no ha sido totalmente definida (Fabbe-Costes y Jahre, 2008), más en Cadena de Suministro Agroalimentarias (CSA), cuyas características de estacionalidad en las cosechas y el carácter perecedero, las vuelven más complejas. Estudios del sector agrícola colombiano, como la caracterización del sector frutícola (Castañeda *et al.*, 2012) y de hortalizas (Orjuela *et al.*, 2015a) evidencian la integración entre actores de la cadena como el problema principal. Este artículo analiza el efecto de la implementación de diferentes mecanismos de integración externa en las CSA, para lo cual se usa el enfoque sistémico aplicado a la Cadena de Suministro de Mango (CSM) en Cundinamarca-Bogotá.

Integración en las cadenas de suministro

La Integración en la Cadena de Suministro (ICS) se define como el grado en que una empresa colabora estratégicamente con los demás miembros de la CS y gestiona procesos intra e interorganizacionales, con el fin de alcanzar un flujo efectivo y eficiente de productos e información, agregando valor a los consumidores, bajo costo y alta velocidad (Flynn *et al.*, 2010). En las Cadenas de Suministro de Frutas (CSF) los factores tecnológicos y regulatorios, las exigencias de consumidores con respecto a la calidad, seguridad de

los alimentos y el corto ciclo de vida, han impulsado la integración entre los agentes, *amont* y *aval* (Orjuela *et al.*, 2006; Ahumada y Villalobos, 2009; Matopoulos *et al.*, 2007).

Tipos de Integración en las cadenas de suministro

En la literatura se han reconocido dos tipos de ICS: externa e interna (Stank *et al.*, 2001; O'Leary-Kelly y Flores, 2002; Narasimhan y Kim, 2002; Vickery *et al.*, 2003; Droge *et al.*, 2004). La integración externa establece las relaciones con clientes y proveedores. Sin embargo, ambos tipos de integración permiten a los miembros actuar de manera concertada y maximizar el valor de la CS (Flynn *et al.*, 2010).

Beneficios de la integración

La ICS se considera de importancia estratégica (Frohlich y Westbrook, 2001; Fawcett y Magnan, 2002; Van der Vaart y Van Donk, 2008), existen diversas razones y beneficios para que los actores involucrados deseen realizar procesos de integración interna o externa; no obstante, se han reportado algunas barreras: diferencias en los intereses de los agentes, conflictos entre sus objetivos, desacuerdos en la toma de decisiones o acciones conjuntas, altos costos de inversión al implementar sistemas de información entre organizaciones y falta de transparencia (Zhao y Wang, 2002; Fawcett y Magnan, 2002; Kanda y Deshmukh, 2008;

Ramanathan, 2014). Así mismo, en las CSA las empresas con mayor dominio imponen las reglas para la colaboración, lo cual genera un desbalance en los beneficios que reciben las partes, e impide la integración con los otros agentes (Matopoulos *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 1997; Maleki y Machado, 2013; Cao y Zhang, 2013; Yu *et al.*, 2013). Aunque los beneficios de la integración son numerosos no se debe evaluar solamente su valor potencial, sino decidir qué tan duraderos serán los vínculos con las partes interesadas (Fawcett y Magnan, 2002). Es esencial investigar las condiciones bajo las cuales la integración beneficia sin generar altos costos de transacción o flujos de información imprecisos (Kanda y Deshmukh, 2008).

Mecanismos de integración externa

Para esta investigación se reconoce como mecanismos para la integración los propuestos por Kanda y Deshmukh (2008), quienes los clasifican como: contratos, toma de decisiones conjunta, e intercambio de información.

Contratos: es un acuerdo entre dos partes con un conjunto de cláusulas, garantiza la integración y la mejora del desempeño, las relaciones entre los eslabones de la CS y la gestión del riesgo (Cachon, 2003), permite al proveedor cumplir la orden del comprador. Los aspectos comúnmente acordados son cantidad, calidad, tiempo y precio (Kanda y Deshmukh, 2008).

Toma de decisiones conjunta: comprende mecanismos como el inventario administrado por el vendedor (VMI, Vendor Managed Inventory), la planeación colaborativa, pronóstico y reabastecimiento (CPFR). Estos ayudan a resolver conflictos entre los miembros de la CS (Hudnurkar y Rathod, 2012). Aunque han sido propuestos para mejorar el desempeño de la CS, persiste confusión en el número de miembros, niveles de inversión y duración para relaciones óptimas (Ramanathan, 2014).

Intercambio de información: los agentes de la CS coordinan y comparten información de la demanda, órdenes, inventario y datos sobre el punto de venta. Distribuye información útil entre los eslabones y es útil para la ICS en entornos globales (Lotfi *et al.*, 2013), evita redundancias, reduce costos del intercambio y mejora la capacidad de respuesta. Para su aplicación surgen cuatro preguntas claves en la organización; ¿qué compartir?, ¿A quién compartirlo?, ¿Cómo compararlo? y ¿Cuándo hacerlo? (Sun y Chen, 2005).

Relación entre integración y el desempeño de la CS

La ICS se considera fundamental para la mejora de su desempeño global, en especial en rendimiento operativo y financiero (Zhao *et al.*, 2008; Frohlich y Westbrook, 2001; Van der Vaart y Van Donk, 2008), sin embargo, no en todos los casos puede ser una estrategia efectiva (Christopher y Juttner, 2000; Power, 2005; Fabbe-Costes y Jahre, 2008). Investigaciones han mostrado resultados contradictorios en cuanto a la relación entre el desempeño y la ICS (Stank *et al.*, 2001; Pagell, 2004; Chen y Paulraj, 2004; Germain y Iyer, 2006; Fabbe-Costes y Jahre, 2008; Van der Vaart y Van Donk, 2008), esta relación no está definida en su totalidad, por tanto, sigue siendo un tema amplio de investigación (Flynn *et al.*, 2010; Fabbe-Costes y Jahre, 2008). Pocos estudios han utilizado la simulación para medir el impacto de la integración en el desempeño logístico (Ramanathan, 2014), menos con el paradigma “dinámica de sistemas”.

Se han adoptado diferentes enfoques para medir el desempeño de CSA (Aramyan *et al.*, 2007) desarrollan un modelo para medirlo basado en cuatro categorías: eficiencia, flexibilidad, capacidad de respuesta y calidad. En lo que se refiere al desempeño logístico (Orjuela y Adarme, 2014) plantean una metodología para el diagnóstico logístico de CSA, la cual contempla dos categorías de análisis: modos (procesos de gestión) y medios (recursos) (Ruiz *et al.*, 2015).

Cadena agroindustrial de mango en Bogotá-Cundinamarca

El departamento de Cundinamarca es el principal proveedor de alimentos para Bogotá. Tiene una extensa área cultivada en frutas y hortalizas con diferentes pisos térmicos, las frutas más representativas de la región son el mango, mora, fresa, naranja, mandarina y frutas exóticas de exportación como la uchuva, maracuyá, gulupa, bananito y granadilla (CCB, 2015). Cundinamarca es el departamento más importante en la producción de mango; aportó el 34% de la producción nacional en 2014, seguido de Tolima y Magdalena. Cundinamarca ocupó el primer puesto área sembrada de mango en 2014 con 8.482 ha, y el rendimiento promedio se estimó en 11.57 t ha⁻¹, siendo su principal destino la ciudad de Bogotá (CCB, 2015).

Descripción del problema

El estudio evalúa el efecto que tienen los mecanismos de integración externa en el desempeño logístico de CSM, donde se incluyen contratos, intercambio de la información y la toma de decisiones conjunta. Para medir su impacto en el desempeño, se realiza la medición de la satisfacción de la demanda, cantidad de faltantes, nivel de inventarios y pérdidas de fruta en almacén y transporte.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para medir el desempeño por los efectos de la integración en la CSM, se desarrolló un modelo en dinámica de sistemas utilizando el *software* iThink 9.1.3, en el cual se realizaron los diagramas de Forrester (Forrester, 1977). La información fue obtenida de investigaciones específicas en mango que reportan trabajos de campo en los municipios productores de Cundinamarca (Cardozo *et al.*, 2011), asimismo de logística de la CSF (Castañeda *et al.*, 2012; Orjuela *et al.*, 2015b) y trabajos específicos de la CSM (Herrera y Orjuela, 2014) e informes y reportes de Agronet, Faostat, Dane (Asohofrucol, 2012).

La información permitió definir la estructura de la CSM en Cundinamarca-Bogotá (Fig. 2), área de producción (ha) y rendimiento ($t\ ha^{-1}$), estacionalidad de cosechas (meses), pérdidas en cosecha y poscosecha (t), capacidades de transporte, tiempos de

tránsito entre eslabones (d), tiempos de carga y descarga, población consumidora y consumos per cápita para fruta fresca y pulpa ($g\ habitante/d$). La anterior información fue complementada con la aplicación de encuestas a los diferentes actores de la CSM; productores (30 encuestas), comerciantes mayoristas-distribuidores (10), agroindustria (2), transportadores (10), hipermercados (2) y a minoristas tenderos (54) y comerciantes de plaza de mercado (40), durante los años 2015-2016. El muestreo fue no probabilístico por bola de nieve.

Modelo en dinámica de sistemas

La hipótesis dinámica planteada para el modelo fue: "la integración externa de la CSM por medio del intercambio de información, contratos o toma de decisiones conjunta (VMI), afectará positivamente el desempeño logístico de toda la cadena, pero no todos los eslabones percibirán mejoras en su desempeño logístico".

En la figura 1 se presenta la dinámica de la integración y el desempeño logístico. En este diagrama causal, la integración externa contempla tres diagramas de refuerzo positivo, mientras en el desempeño logístico dos son de refuerzo negativo.

La estructura de la CSM en Cundinamarca-Bogotá está compuesta por agricultores, agroindustria, distribuidores (comerciantes), puntos de venta y consumidores (Fig. 2), además, comprende flujos de fruta

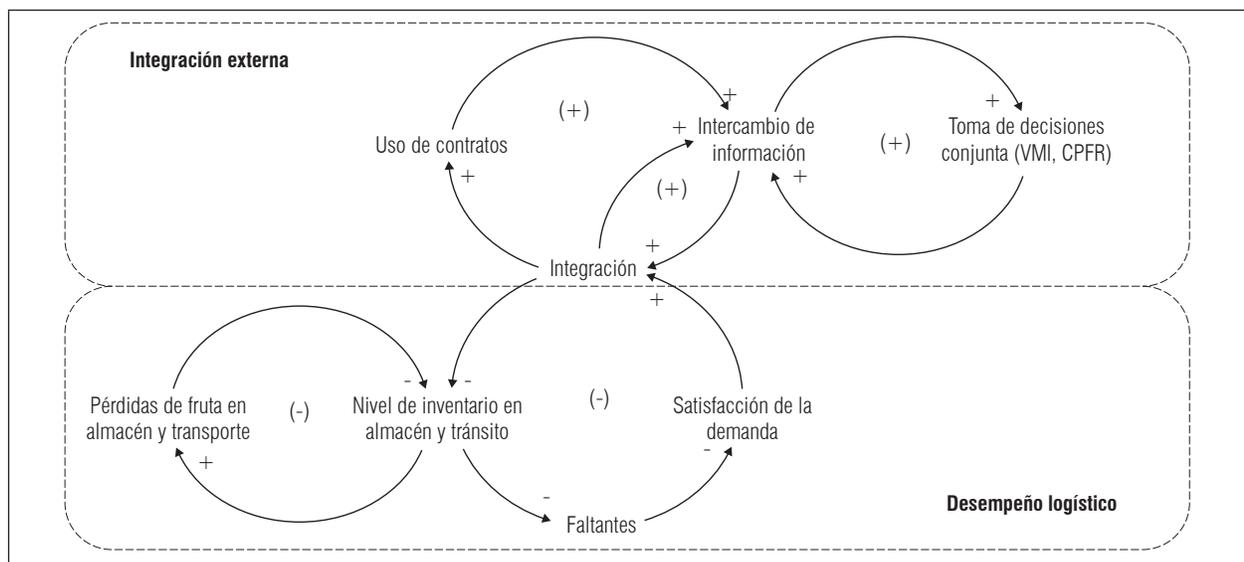


Figura 1. Diagrama causal de Forrester para el problema de investigación.

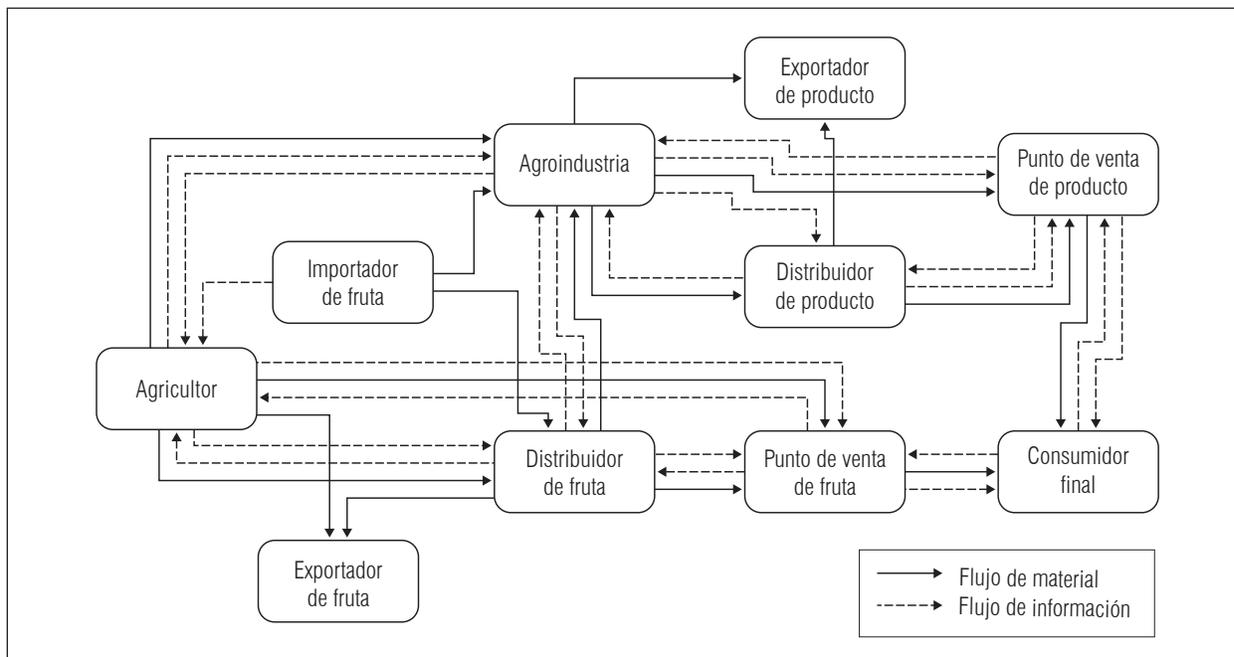


Figura 2. Estructura de la CSM.

fresca (fruta-mango) y procesada (producto-pulpa de mango) y flujos de información.

Medidas de desempeño

Las medidas logísticas consideradas fueron: nivel de inventario en almacenes, tiempo de transporte, cantidad de faltantes de mango y pulpa, pérdidas en transporte y almacenamiento, y cumplimiento de la demanda. Se determinaron por eslabón, para establecer el impacto de la integración en cada uno de estos, y a nivel global en toda la CSM. El modelo del transporte entre eslabones y del inventario en almacén es similar para todos los flujos de fruta o producto procesado de la cadena (Fig. 3).

En los niveles de inventarios de fruta en cada eslabón y transporte entre los eslabones, se pierde una cantidad diaria de fruta por almacenamiento y manipulación. El nivel de faltantes por cada sector depende del número de agentes *aval* y afecta el inventario neto de cada eslabón y las tasas de entrega. La satisfacción de la demanda se mide en el punto de venta, comparando la demanda del consumidor final y las ventas realizadas de mango y fruta procesadas de este último eslabón. Las pérdidas de fruta fresca se consideran en el flujo almacén-transporte por la manipulación, condiciones ambientales, el carácter perecedero de las

frutas, plagas y enfermedades que afectan en etapas de cosecha y poscosecha, son pérdidas cercanas al 50% (López y Castaño, 2010; MADR, 2014). Las pérdidas por eslabón se modelaron como se observa en la figura 4 para el agricultor. Esta estructura se repite en los demás eslabones: distribuidor, agroindustria y punto de venta de mango fresco. El modelo mide las pérdidas promedio de mango en el transporte y en almacén de cada eslabón, y las globales en toda la cadena.

Escenarios de integración

Para evaluar el efecto de la integración en la CSM, se realizaron simulaciones con diferentes escenarios, para los distintos mecanismos de integración externa.

Escenario 1. Cadena sin mecanismos de integración

Las órdenes que envía un eslabón a su proveedor aguas arriba es la única información intercambiada; la orden del eslabón se genera basada en el estado actual de su inventario, los faltantes incurridos y el comportamiento histórico de las órdenes del cliente del eslabón. El agricultor difiere, dado que actúa con un comportamiento de empuje (*Push*), envía toda la fruta que cosecha, divida porcentualmente entre agroindustria, distribuidor de fruta, exportador de fruta y punto de venta.

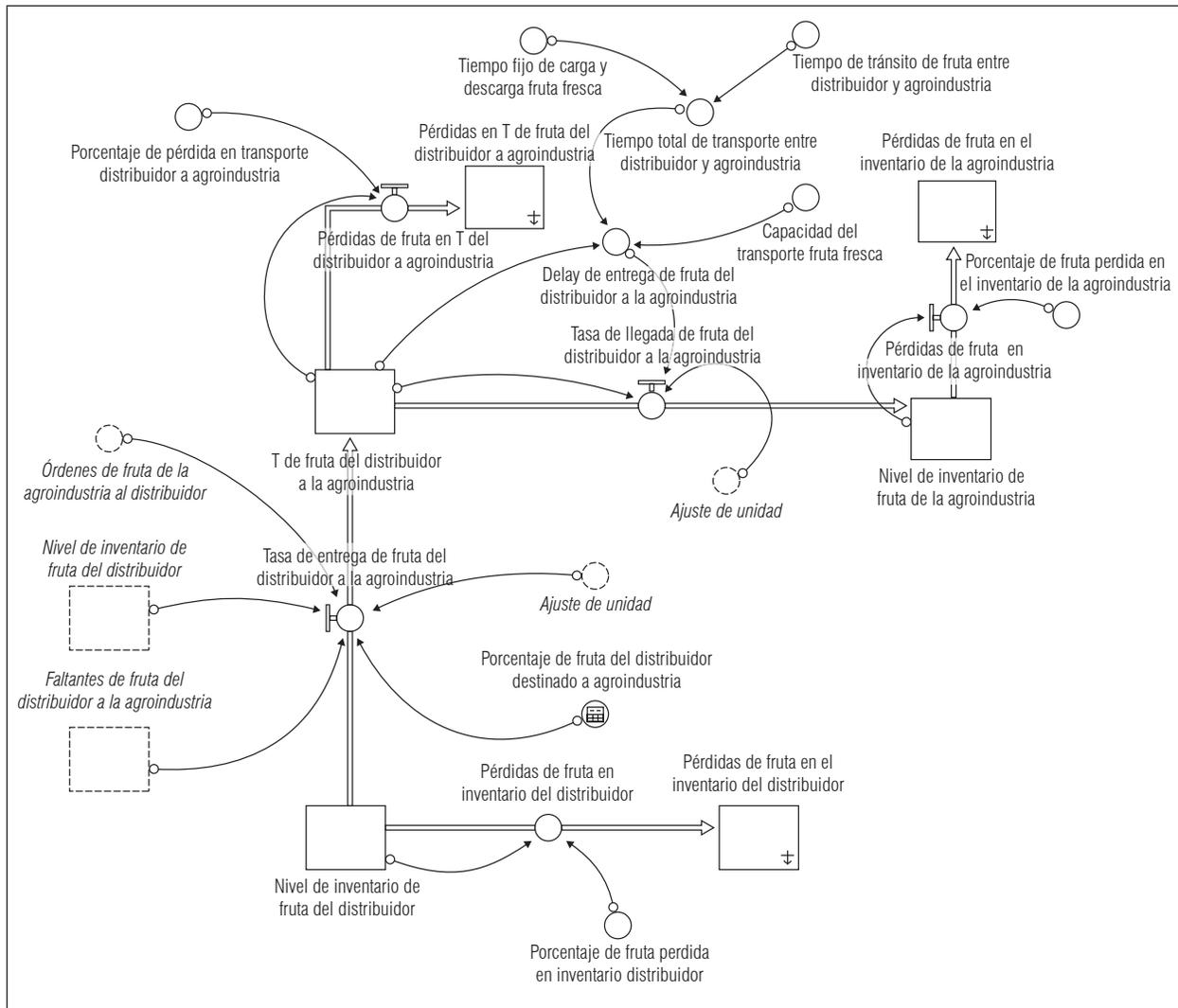


Figura 3. Diagrama de Forrester. Transporte de fruta e inventario distribuidor-agroindustria.

Escenario 2. Intercambio de información

Todos los eslabones conocen el comportamiento de la demanda del consumidor final y utilizan esta información para generar la orden a su proveedor. Además, cada eslabón conoce el estado del inventario de los demás eslabones que se encuentran aguas abajo. Esto permite una generación de órdenes precisa y disminuir los niveles de inventario.

Escenario 3. Contratos

El envío es variable, depende de las órdenes deseadas de cada eslabón y del tiempo pactado entre las partes para su entrega. El periodo de contrato para fruta

toma un valor de 6 meses (180 d), ya que el mango tiene dos temporadas altas de cosecha al año. El periodo de contrato para la pulpa se definió en 3 años.

Escenario 4. VMI

La aplicación se hizo solo en eslabones con fruta procesada (pulpa de mango) debido a que no presentan estacionalidad y baja perecibilidad, entre agroindustria-distribuidor, agroindustria-punto de venta y distribuidor-punto de venta. Los agentes establecen un acuerdo donde el cliente comparte información de sus niveles de inventario y ventas esperadas para que su proveedor decida cuanto tiene que reabastecer.

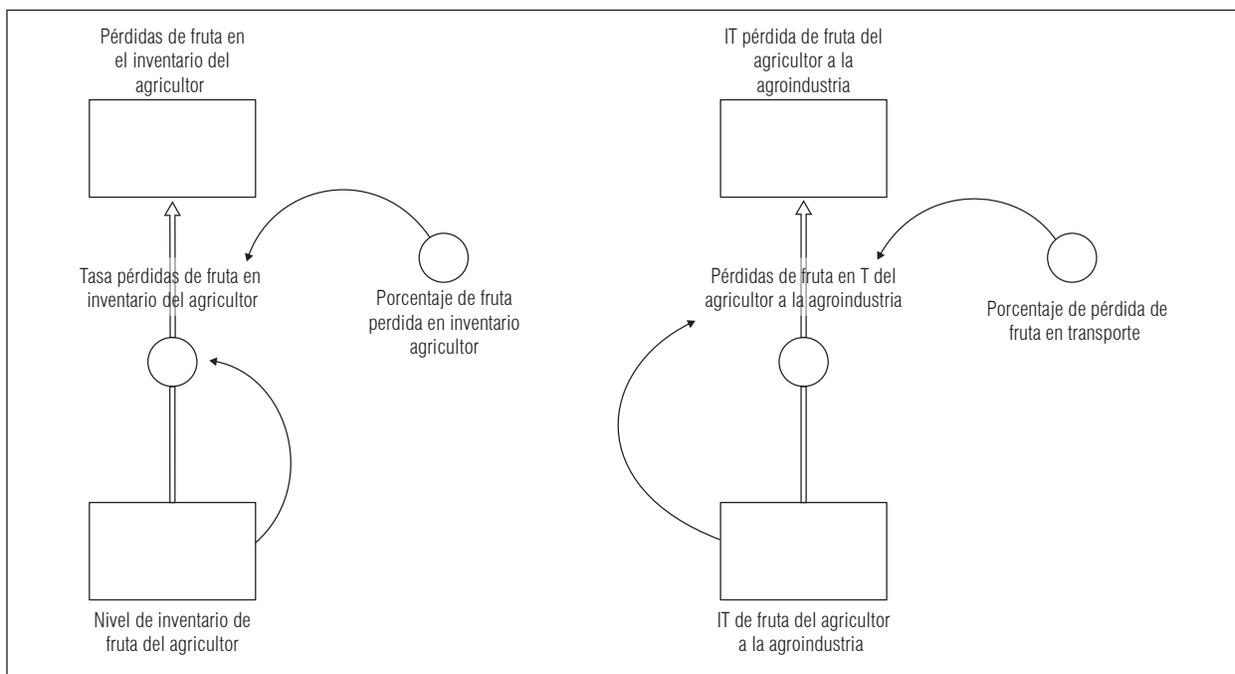


Figura 4. Diagrama de Forrester para las pérdidas de fruta en inventario y transporte

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diseño experimental sigue los pasos de Yasarcan (2011). Se realizaron cinco simulaciones por cada escenario de integración, cada simulación usa un valor semilla diferente (Hudnurkar y Rathod, 2012). El tiempo de simulación es 3.650 d, 10 años, para evaluar el efecto de integración a largo plazo y se usa un $DT=0,25$ (intervalo de tiempo en simulación). En correspondencia a lo propuesto por los diferentes autores, se comparan los escenarios sin integración, intercambio de la información (Lotfi *et al.*, 2013), VMI y contratos (Kanda y Deshmukh, 2008), por eslabón y para toda la cadena (Vickery *et al.*, 2003) por cada variable respuesta, para fruta fresca y pulpa. Las medidas de desempeño logístico, se resumen en la tabla 1.

El cumplimiento promedio de la demanda se midió para toda la CSM, para el consumo de fruta fresca y pulpa. La tabla 2 muestra los resultados del promedio de cinco corridas con cinco semillas diferentes.

En la tabla 3 se establece el eslabón más beneficiado o perjudicado por el mecanismo de integración y los efectos para la cadena en los inventarios promedio de mango y pulpa de mango en almacenes,

Tabla 1. Variables respuesta y medidas de desempeño.

Variable respuesta	Medida de desempeño	Unidades
Inventario de fruta y pulpa	Nivel de inventario promedio	t/día
Transporte de fruta y pulpa	Transporte promedio	t/día
Faltantes de fruta y pulpa	Faltantes promedio	t/día
Pérdidas de fruta	Pérdidas promedio de fruta	t/día
Cumplimiento de la demanda de fruta y producto	Cumplimiento promedio de la demanda	

Tabla 2. Cumplimiento promedio demanda de mango y pulpa de mango para los escenarios.

Escenario	Estadístico	Mango	Pulpa de mango
Sin integración	Promedio	77,48%	69,86%
	Desviación estándar	0,21%	0,55%
Intercambio de información	Promedio	74,16%	68,79%
	Desviación estándar	1,49%	1,01%
VMI	Promedio	77,60%	80,34%
	Desviación estándar	0,20%	1,12%

en concordancia a los resultados contradictorios que algunos autores han encontrado (Stank *et al.*, 2001; Fabbe-Costes *et al.*, 2008). En el escenario de intercambio de información, el eslabón más beneficiado es el punto de venta, pues logra una reducción del inventario de fruta. En las cinco simulaciones se logró una reducción máxima del 47,72% y una reducción promedio de 40,38%, al pasar de 1.421 t promedio por día, a 847. Como el agricultor tiene comportamiento *push*, sus tasas de entrega no se modificaron en la implementación del mecanismo, es el eslabón menos afectado por este mecanismo. Sus niveles de inventario aumentaron en promedio un 0,07%. El distribuidor resulta perjudicado, ya que el inventario aumentó casi al doble al pasar del escenario sin integración al integrado, lo cual le permite transportar mayor cantidad de fruta desde sus instalaciones y reducir sus faltantes con sus clientes. Se registra una reducción promedio del 15,31% en el inventario total de la CSM. Un análisis similar al anterior se realiza para el transporte, los faltantes y las pérdidas. Las medidas de desempeño se establecieron en afinidad con Aramyan *et al.* (2007) y Orjuela *et al.* (2015b).

La política de VMI alcanzó un valor promedio de 80,34%, con punto de reorden en 40 t para pulpa de mango, el 15% más respecto al escenario sin

integración. Por consiguiente, se demuestra que VMI permite una respuesta rápida de los proveedores (agroindustria y distribuidor) como consecuencia al monitoreo del nivel de inventario y pronóstico de ventas. Los agricultores, distribuidores y puntos de venta aumentaron un 0,15% el cumplimiento de la demanda, efecto indirecto de las mejoras en la agroindustria. La tabla 4 muestra el eslabón más beneficiado o perjudicado por la integración, las variables que presentaron mejora se marcaron con una "x".

El intercambio de información y la adopción del enfoque VMI lograron mejorar 7 de las 10 variables respuesta, los contratos mejoraron 6. Los efectos de la integración en los eslabones que componen la CSM en Cundinamarca-Bogotá se observan en la tabla 5, muestra si la fruta fresca o pulpa mejoró su desempeño logístico, o se presentó una disminución, esto permite evaluar lo encontrado por Pagell (2004). Como ejemplo, en el escenario de intercambio de información la CSM en fruta fresca disminuyó su nivel de inventario en un 15,31%; el eslabón más beneficiado fue el punto de venta, reduciéndolo en un 40,38%, mientras en el distribuidor el promedio durante los siguientes 10 años aumentará un 191,18%, contradice lo planteado por Van der Vaart *et al.* (2008). En los

Tabla 3. Inventario de mango fresco y pulpa para escenarios.

Escenarios	Estadísticos	Mango fresco					Pulpa			
		Agricultor	Distribuidor	Agroindustria	Punto de venta	Cadena	Agroindustria	Distribuidor	Punto de venta	Cadena
Sin integración	Prom.	268,09	139,72	139,29	1.421,07	1.968,18	127,95	18,15	34,03	180,13
	DE	1,38	0,73	6,35	17,73	25,96	15,99	0,03	0,01	15,97
Intercambio información	Prom.	268,29	406,85	144,61	847,31	1.666,85	100,91	2,83	1,68	105,42
	DE	1,53	59,43	4,93	98,79	36,31	54,27	0,16	0,08	54,39
VMI	Prom.	268,09	157,81	64,01	1.427,55	1.917,46	2.401,32	18,89	34,00	2.454,22
	DE	1,38	2,59	3,76	19,11	23,91	157,24	0,12		157,14
Contratos	Prom.	1.183,30	153,35	83,03	481,74	1.900,44	4.430,58	1.735,06	9.874,71	16.040,35
	DE	26,53	1,93	2,23	5,19	26,58	493,15	78,11	427,54	897,32

DE: desviación estándar.

Tabla 4. Comparación mejoras variables por escenario integración.

Escenario	Variable respuesta	Mango						Pulpa de mango				Total
		IA	TR	FA	PA	PT	CD	IA	TR	FA	CD	
Escenario	Intercambio de información	X	X	X	X			X	X	X		7
	VMI	X		X	X	X	X			X	X	7
	Contratos	X			X	X			X	X	X	6

IA: inventario en almacén; TR: transporte; FA: faltantes; PA: pérdidas de fruta en almacén; PT: pérdidas de fruta en transporte; CD: cumplimiento de la demanda.

Tabla 5. Resumen efecto de integración en el desempeño logístico de cada eslabón y la CSM.

Escenario	Variable respuesta	Mango					Pulpa de mango				
		Agricultor	Distribuidor	Agroindustria	Punto de venta	Cadena	Agroindustria	Distribuidor	Punto de venta	Cadena	
Escenario	Intercambio inform.	Inventario almacén	0,07%	191,18%	3,82%	-40,38%	-15,31%	-21,14%	-84,40%	-95,05%	-41,47%
		Transporte	0,00%	297,78%			85,00%	0,02%	0,06%		0,01%
		Faltantes	10,06%	-61,36%		76,06%	-8,08%	-9,68%	43,73%	-15,71%	-5,59%
		Pérdidas de fruta almacén	0,00%	191,18%	3,82%	-40,37%	-15,31%				
		Pérdidas de fruta transporte	0,00%	299,32%			85,02%				
		Cumplimiento de demanda					-4,29%				-1,52%
	VMI	Inventario almacén	0,00%	12,94%	-54,04%	0,46%	-2,58%	1776,77%	4,08%	-0,09%	1.262,46%
		Transporte	0,00%	-0,99%			-0,85%	-0,04%	-0,06%		-0,03%
		Faltantes	-5,13%	-23,11%		-0,68%	-10,86%	-53,01%	-18,52%	-16,71%	-42,18%
		Pérdidas de fruta almacén	0,00%	12,93%	-54,05%	0,46%	-2,58%				
		Pérdidas de fruta transporte	0,00%	-0,57%			-3,69%				
		Cumplimiento de demanda					0,15%				15,01%
	Contratos	Inventario almacén	341,36%	9,75%	-40,24%	-66,10%	-3,44%	3.402,89%	9.457,30%	28.917,59%	8.851,83%
		Transporte	-20,13%	-19,59%			-19,98%	18,73%	13,70%		17,04
		Faltantes	20,96%	-29,39%		23,44%	3,95%	8,83%	46,78%	-64,99%	-2,44
		Pérdidas de fruta almacén	341,06%	9,76%	-37,28%	-66,10%	-3,22%				
		Pérdidas de fruta transporte	-20,15%	-19,33%			-393,20%				
		Cumplimiento de demanda					-1,36%				32,11%

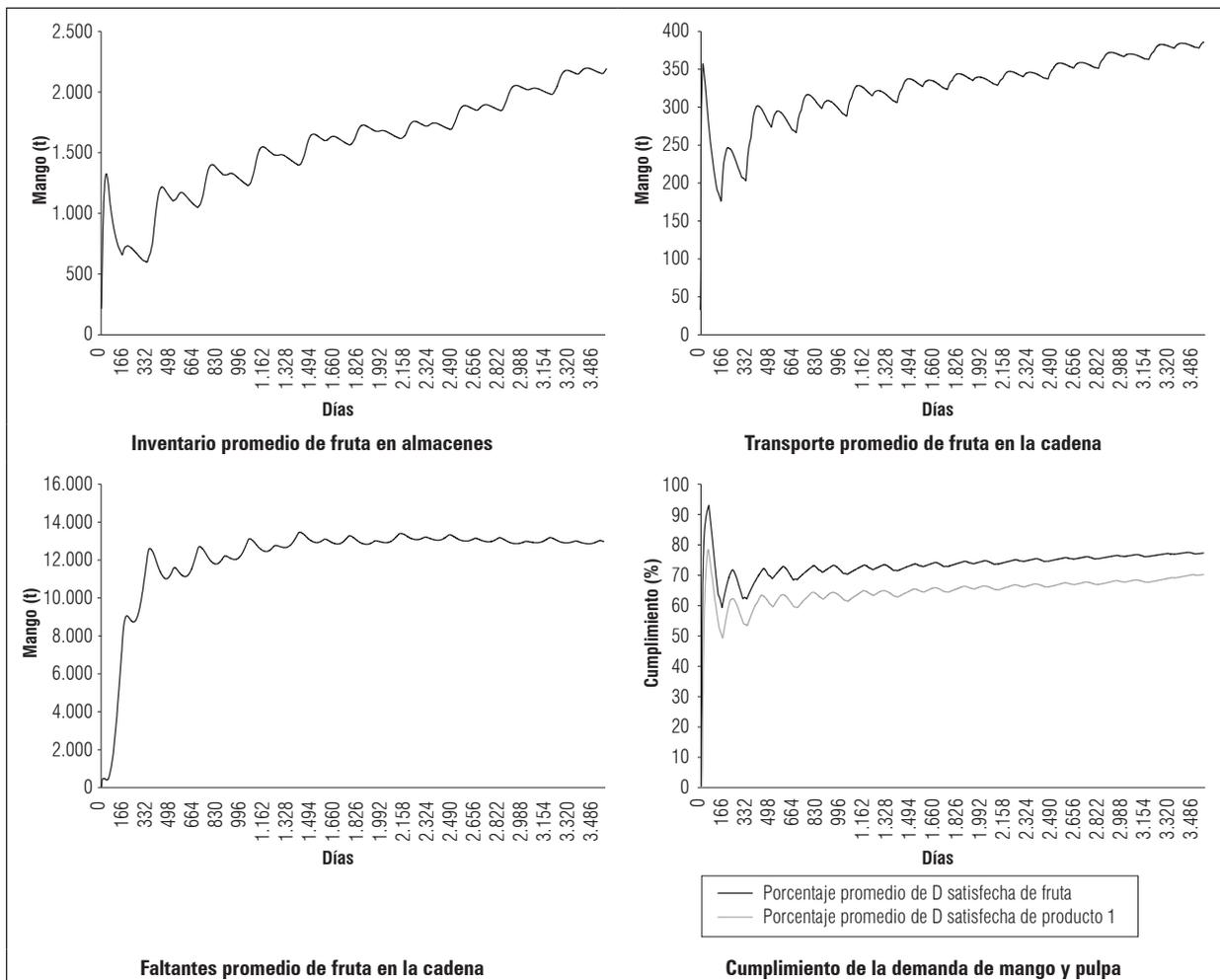


Figura 5. Comportamiento de las funciones de desempeño de la CS de mango.

casos donde no aplica alguna variable respuesta, la celda está vacía.

Resultados dinámicos del modelo

La figura 5 presenta el comportamiento de algunas de las variables de desempeño de la CSM Cundinamarca-Bogotá, para los 10 años evaluados, para el escenario sin integración.

Los resultados muestran que es posible modelar la ICS con dinámica de sistemas, en afinidad con Ramathan (2014) y que mejoran los desempeños de toda la cadena, en concordancia con lo encontrado por Zhao *et al.* (2008) en otros contextos. Se observa cómo la satisfacción de la demanda aumenta con el tiempo, el tiempo promedio de transporte e inventario aumentan, producto del crecimiento de la demanda. Lo

anterior muestra que la ICS puede ser una solución a la problemática encontrada por Orjuela *et al.* (2015b).

CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un modelo en dinámica de sistemas que refleja la estructura de la cadena de suministro de mango, permite estudiar la dinámica de los mecanismos de integración externa en el desempeño logístico de la cadena de mango. La estructura del modelo supera las estructuras de cadenas alimentarias propuestas anteriormente, al incluir el transporte como un nivel que refleja el comportamiento del flujo de la cadena y permite calcular las pérdidas de este factor logístico.

La metodología utilizada, a partir del paradigma de simulación con dinámica de sistemas, permitió

establecer el comportamiento futuro de los diferentes agentes y de toda la cadena de suministro del mango, lo que admite un análisis de la logística a nivel estratégico y de la demanda-oferta agregada y los flujos de un alimento perecedero y procesado.

Los flujos en la estructura modelada consideran la oferta como un sistema de empuje (*Push*), mientras la demanda como uno de halar (*Pull*), esto contribuye a la discusión sobre el balance oferta-demanda, para alimentos como el caso del mango es más crítico, pues el comportamiento estacional de la cosecha contrasta con su demanda continua por parte de los consumidores. En este sentido con la aplicación de la dinámica de sistemas se logra un mayor acercamiento del modelo a la realidad, evaluando medidas de desempeño tales como las pérdidas y cumplimiento de la demanda.

Todos los mecanismos de integración mejoraron las variables de respuesta de nivel de inventario en almacén, disminuyeron las pérdidas de producto en almacén y de faltantes de pulpa de mango, en las demás variables no hay evidencia del mejoramiento en el desempeño del proceso logístico. Con los resultados expuestos, se prueba parcialmente la hipótesis dinámica planteada, ya que la integración externa mejora el desempeño de la cadena agroindustrial de mango como un todo; sin embargo, no en todos los eslabones se presentan mejoras, algunos actores empeoran su desempeño logístico en algunas medidas, lo que contribuye a la discusión en el campo de integración.

Dada la estructura obtenida, puede evaluarse la generalización del modelo a otras frutas y hortalizas. Asimismo el modelo puede ser útil para la evaluación del comportamiento de la cadena de suministro de productos agrícolas perecederos en un entorno internacional, dado que se incluye los eslabones de agentes importadores y exportadores. Puede explorarse de una manera más detallada el comportamiento de las funciones de decaimiento propias de productos perecederos, tal como las cadenas de la mora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahumada, O. y R. Villalobos. 2009. Application of planning models in the agri-food supply chain: A review. *Eur. J. Oper. Res.* 196(1), 1-20. Doi: 10.1016/j.ejor.2008.02.014
- Aramyan, L., O. Lansink y J. Van der Vorst. 2007. Performance measurement in agrifood supply chains: A case study. *Supply Chain Manag. Int. J.* 12(4), 304-315. Doi: 10.1108/13598540710759826
- Asohofrucol. 2012. Cadena nacional del mango. Situación actual y perspectivas de la cadena productiva del mango en Colombia. Asohofrucol, Bogotá.
- Cachon, G. 2003. Supply chain coordination with contracts. *Supply Chain Manag. Design Coordination Oper.* 11, 227-339. Doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0927-0507\(03\)11006-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0927-0507(03)11006-7)
- Cao, M. y Q. Zhang. 2013. Supply chain collaboration: Roles of interorganizational systems, trust, and collaborative culture. Springer, London. Doi: 10.1007/978-1-4471-4591-2
- Cardozo, J.E., L.C. Isaza, A.M. López y S. Rodríguez. 2011. Propuesta para el desarrollo de un clúster frutícola en el departamento de Cundinamarca. Trabajo de grado. Facultad de Administración, Universidad del Rosario, Bogotá.
- Castañeda, I.J., J.L. Canal y J.A. Orjuela. 2012. Caracterización de la logística de la cadena de abastecimiento agroindustrial frutícola en Colombia. Trabajo de grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
- CCB. 2015. Frutas y hortalizas y sus preparados. En: <http://es.investinbogota.org/invierta-en-bogota/en-que-invertir/ciencias-de-la-vida/frutas-y-hortalizas-y-sus-preparados>; consulta: febrero de 2016.
- Chen, I.J. y A. Paulraj. 2004. Towards a theory of supply chain management: The constructs and measurements. *J. Operations Manag.* 22, 119-150. Doi: 10.1016/j.jom.2003.12.007
- Christopher, M. y U. Juttner. 2000. Supply chain relationships: making the transition to closer integration. *Int. J. Logist. Res. Appl.* 3, 5-23. Doi: 10.1080/13675560050006646
- Droge, C., J. Jayaram y S.Vickery. 2004. The effects of internal versus external integration practices on time-based performance and overall firm performance. *J. Oper. Manag.* 22(6), 557-573. Doi: 10.1016/j.jom.2004.08.001
- Fabbe-Costes, N. y Jahre, M. 2008. Supply chain integration and performance: a review of the evidence. *Int. J. Logist. Manag.* 130-154. Doi: 10.1108/09574090810895933
- Fawcett, S.E. y G. Magnan. 2002. The rhetoric and reality of supply chain integration. *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.* 32(5), 339-361. Doi: 10.1108/09600030210436222
- Flynn, B.B., B. Huo y X. Zhao, X. 2010. The impact of supply chain integration on performance: A contingency and configuration approach. *J. Oper. Manag.* 28(1) 58-71. Doi: 10.1016/j.jom.2009.06.001
- Forrester, J.W. 1997. Industrial dynamics. *J. Oper. Res. Soc.* 48(10), 1037-1041. Doi: 10.1057/palgrave.jors.2600946
- Frohlich, M. y R. Westbrook. 2001. Arcs of integration: An international study of supply chain strategies. *J. Oper. Manag.* 19(2), 185-200. Doi: 10.1016/S0272-6963(00)00055-3
- Germain, R. y K. Iyer. 2006. The interaction of internal and downstream integration and its association with performance. *J. Bus. Logist.* 27(2), 29-53. Doi: 10.1002/j.2158-1592.2006.tb00216.x

- Herrera, R.M. y J.A. Orjuela. 2014. Perspectiva de trazabilidad en la cadena de suministros de frutas: Un enfoque desde la dinámica de sistemas. *Ingeniería* 19(2), 63-84. Doi: 10.14483/udistrital.jour.reving.2014.2.a03
- Hudnurkar, M. y U. Rathod. 2012. Collaborative supply chain: insights from simulation. *Int. J. Syst. Assur. Eng. Manag.* 3(2), 122-144. Doi: 10.1007/s13198-012-0114-9
- Kanda, A. y S.G. Deshmukh. 2008. Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions. *Int. J. Prod. Econ.* 115(2), 326. Doi: 10.1016/j.ijpe.2008.05.011
- Lee, H., V. Padmanabhan y S. Whang. 1997. Information distortion in supply chain: The bullwhip effect. *Manag. Sci.* 43(4) 546-558. Doi: 10.1287/mnsc.43.4.546
- Lopez, J. y J. Castaño, J. 2010. Manejo de la antracnosis [*Glomerella cingulata* (Stoneman) Spauld. & H. Schrenk] del mango en poscosecha. *Agron.* 18 (1), 47-57.
- Lotfi, Z., M. Mukhtar, S. Sahrán y A. Zadeh. 2013. Information sharing in supply chain management. *Procedia Technol.* 11(298-304). Doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.194
- Maleki, M. y V. Cruz-Machado. 2013. An empirical review on supply chain integration. *Manag. Prod. Eng. Rev.* 4(1) 85-96. Doi: 10.2478/mper-2013-0010
- Matopoulos, A., M. Vlachopoulou, V. Manthou y B. Manos. 2007. A conceptual framework for supply chain collaboration: empirical evidence from the agrifood industry. *Supply Chain Manag. Int. J.* 12(3), 177-186. Doi: 10.1108/13598540710742491
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). 2014. Cadena productiva de mango. <http://documents.mx/documents/cadena-productiva-de-mango.html>; consulta: febrero de 2015.
- Narasimhan, R. y S. Kim. 2002. Effect of supply chain integration on the relationship between diversification and performance: evidence from Japanese and Korean firms. *J. Oper. Manag.* 20(3) 303-323. Doi: 10.1016/S0272-6963(02)00008-6
- O'Leary-Kelly, S. y B. Flores. 2002. The integration of manufacturing and marketing/sales decisions on organizational performance. *J. Oper. Manag.* 20(3), 221-240. Doi: 10.1016/S0272-6963(02)00005-0
- Orjuela C., J.A. y W. Adarme. 2014. Identificación de asimetrías en los medios de almacenamiento y transporte en la cadena de frutas colombiana. pp. 1-10. Primer Congreso Internacional Industria y Organizaciones, Logística para la Competitividad. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Orjuela C., J.A., M.E. Calderón y H.S.P. Buitrago. 2006. La cadena agroindustrial de frutas. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
- Orjuela C., J.A., L.E. Vidal M., A. Másmela C. y J. Rivera V. 2015a. Logística en la cadena hortícola (Olerícola). *Frutas Hortalizas* 41, 12-16.
- Orjuela C., J.A., I. Castañeda M., J.L. Canal R. y J. Rivera V. 2015b. La logística en la cadena de frutas. *Frutas Hortalizas* 39, 10-15.
- Pagell, M. 2004. Understanding the factors that enable and inhibit the integration of operations, purchasing and logistics. *J. Oper. Manag.* 22(5), 459-487. Doi: 10.1016/j.jom.2004.05.008
- Power, D. 2005. Supply chain management integration and implementation: a literature review. *Supply Chain Manag. Int. J.* 10(4) 252-263. Doi: 10.1108/13598540510612721
- Ramanathan, U. 2014. Performance of supply chain collaboration - A simulation study. *Expert Syst. Appl.* 41(1), 210-220. Doi: 10.1016/j.eswa.2013.07.022
- Ruiz, A., A. Caicedo y J.A. Orjuela C. 2015. Integración externa en las cadenas de suministro agroindustriales: una revisión al estado del arte. *Ingeniería* 20(2), 167-188. Doi: 10.14483/udistrital.jour.reving.2015.1.a01
- Stank, T., S. Keller y P. Daugherty. 2001. Supply chain collaboration and logistical service performance. *J. Bus. Logist.* 29-48. Doi: 10.1002/j.2158-1592.2001.tb00158.x
- Sun, S. y J. Yen. 2005. Intelligence and Security Informatics. pp. 422-428. En: *Information supply chain: A unified framework for information-sharing*. Vol. 3495 of the series Lecture Notes in Computer Science Intelligence and Security Informatics. Springer-Verlag, Berlin. Doi: 10.1007/11427995_38
- Van der Vaart, T. y D. Van Donk. 2008. A critical review of survey-based research in supply chain integration. *Int. J. Prod. Econ.* 111(1), 42-55. Doi: 10.1016/j.ijpe.2006.10.011
- Vickery, S., J. Jayaram, C. Droge y R. Calantone. 2003. The effects of an integrative supply chain strategy on customer service and financial performance: An analysis of direct versus indirect relationships. *J. Oper. Manag.* 21(5), 523-539. Doi: 10.1016/j.jom.2003.02.002
- Yasarcan, H. 2011. Information sharing in supply chains: A systemic approach. pp. 4042-4060. 29th International Conference of the System Dynamics Society. Washington, DC.
- Yu, W., M. Jacobs, D. Salisbury y H. Enns. 2013. The effects of supply chain integration on customer satisfaction and financial performance: An organizational learning perspective. *Int. J. Prod. Econ.* 146, 346-358. Doi: 10.1016/j.ijpe.2013.07.023
- Zhao, W. y Y. Wang. 2002. Coordination of joint pricing-production decisions in a supply chain. *IIE Transactions* 34(8), 701-715. Doi: 10.1023/A:1014972527002
- Zhao, X., B. Huo, B. Flynn y J. Yeung. 2008. The impact of power and relationship commitment on the integration between manufacturers and customers in a supply chain. *J. Oper. Manag.* 26(3) 368-388. Doi: 10.1016/j.jom.2007.08.002