

FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN EN LA LOGÍSTICA DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Área de investigación: Administración de la micro, pequeña y mediana empresa

Carlos Alberto Bejarano M.
Universidad Nacional de Colombia
Colombia
carabejaranomar@unal.edu.co

Álvaro Mercado S.
Decano Facultad de Ciencias Económicas,
Universidad Los Libertadores
Colombia
alvaro.mercado@libertadores.edu.co

Clemencia Martínez A.
Doctora (c) en Administración
forward@tallerinternet.com

Octubre 3, 4 y 5 de 2018

Ciudad Universitaria | Ciudad de México



FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN EN LA LOGÍSTICA DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA



Resumen

El artículo, contiene la evidencia de una propuesta de mejoramiento del sistema logístico, de unidades productivas agrícolas en el municipio de Guasca Cundinamarca. El modelo se estructuró a partir del diagnóstico del nivel de desempeño actual de la operación del sistema logístico (combinación de flujo de producto y de información de la cadena de abastecimiento) de productores de los municipios de la Sabana de Bogotá en el departamento de Cundinamarca. Con base en la muestra se seleccionó el productor con mayor nivel de organización y estructura, y a partir de este se simuló el modelo de ahorros para la planeación de ruta de distribución. Los resultados obtenidos del diseño, aplicación y comparación son producto de la *aplicación de dos métodos heurísticos de ruteo*. Con el desarrollo se espera generar un sistema más flexible y preciso, con menores tiempos de respuesta y nexos más fuertes en la relación entre productores y consumidores.

Palabras clave: Logística, distribución, métodos heurísticos, ruteo, agrícola.

Formulación del Problema

En estudios desarrollados por la FAO (2010) en Colombia, para identificar la problemática relacionada con los sistemas de abastecimiento y distribución de alimentos en Colombia, se ha determinado que uno de los factores críticos del proceso de abastecimiento y distribución es el incumplimiento de la normatividad vigente relativa al empaque, a la manipulación y al transporte de los alimentos. Es frecuente que los SADA¹ de Colombia, no cuenten con la infraestructura adecuada para el desempeño de las funciones de los agentes que actúan en el sistema logístico. No se cuenta con centro de acopio adecuados, no hay sistemas de refrigeración que permita manejar una cadena de frío, los espacios de carga y descarga de alimentos son ineficientes, o más aún no son tenidos en cuenta en el diseño de la infraestructura (Reina, 2013).

¹ Sistemas de abastecimiento y distribución de alimentos.





Estos aspectos en conjunto hacen que exista una calidad muy baja de la producción agrícola colombiana y más aún en la orgánica, y contribuye a plantear la necesidad de diagnosticar y divulgar información con carácter más científico, sobre el estado actual del desempeño de los sistemas logísticos agrícolas, que pueda proporcionar tanto a la academia, productores, gobierno y a la comunidad en general, documentos especializados en la administración de los sistemas logísticos, promoviendo la transferencia de tecnologías entre la academia y el sector productivo y que ésta transmisión de conocimientos contribuya a mejorar la calidad de vida de los productores agrícolas colombianos.

Considerando lo anterior surge la pregunta: ¿Cómo optimizar el desempeño del sistema logístico en el proceso de distribución, de las cadenas productivas agrícolas de pequeña escala, para el mejoramiento de la calidad?



Objetivos

- Diseñar una propuesta que mejore el desempeño del sistema logístico actual.
- Evaluar el desempeño de la propuesta de mejoramiento a través de la simulación de su funcionamiento.
- Establecer un plan de actividades para garantizar la transferencia del sistema.



1.- Marco teórico y conceptual

Piñeros, *et al.* (2010) en una investigación sobre la aplicación de un sistema logístico en producción de verduras y hortalizas, en los procesos de cosecha y poscosecha en los municipios de Soacha, Madrid, Mosquera, Facatativá, Cota, Chía, Cajicá y Zipaquirá de la Sabana de Bogotá, Cundinamarca, concluyó que en los productos analizados se presentan pérdidas por problemas fitosanitarios y desórdenes fisiológicos en la etapa de producción; en el proceso de la cosecha también principalmente por sobre-madurez, llegando cerca del 15% de la producción y detectaron pérdidas importantes causadas por el transporte del centro de acopio al lugar donde se comercialización, por la fricción entre las cabezas y la compresión de las canastillas.





Es importante conocer las estrategias que entidades del nivel nacional colombiano como el DNP, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Departamento de Prosperidad Social a través de La Misión para la Transformación del Campo (2014), diseñaron como propuesta para desarrollar el campo colombiano con políticas públicas e instrumentos de largo plazo que cierren las brechas urbano-rurales a partir del año 2014, mediante una eficiente comercialización y distribución de productos agropecuarios. Busca transformar la dinámica del campo, proponiendo formas de comercialización sobre la producción agropecuaria para incrementar la eficiencia de esta etapa. Parte desde el canal de acopio (oferta del producto a escala macro), pasando por el mayorista (provee al detallista) y la cadena minorista (encargados de ventas al consumidor final).



La Misión plantea la importancia de coordinar el sistema de comercialización, en las dimensiones económica (vendedor y comprador) y física (momentos, volúmenes, medios de entrega, envase, calidad), para evitar pérdidas, daños, rechazos y demoras en pagos. Enfatiza en el cambio cultural de necesidades y gustos por parte del consumidor, quien va tras un valor agregado. Por parte de las cadenas detallistas, se enfocan en satisfacer necesidades de los compradores con determinados niveles de ingresos que desean producto de fácil consumo, fenómeno que favorece al vendedor permitiéndole disponer de una mayor variedad del mismo producto.



La modificación en la cadena de valor ha llevado a definir estándares en la comercialización y distribución de productos alimenticios, enfocándose en la eficiencia, la coordinación, cumplimiento de entregas, aplicación de innovación tecnológica, determinación de costos mínimos, y búsqueda de competitividad.

2.- Estadística descriptiva

Para realizar la caracterización de la población objeto de estudio, fue tomada una muestra no probabilística a conveniencia de 64 unidades muestrales. Dicha muestra, tomada en los municipios de Guasca,



Subachoque y Tenjo corresponde a pequeños productores agrícolas que se enmarcan en el contexto de producción agrícola orgánica.

La caracterización realizada tiene tres grandes ejes temáticos (organizadas en orden de relevancia): Costos y distancias asociados a la producción; Costos y distancias asociados la distribución; Productos ofrecidos.

La estadística descriptiva² se presenta de forma sintética en la Tabla 1, donde se especifica la caracterización de los ejes temáticos por resultados y las recomendaciones correspondientes³:

Tabla 1
Caracterización de los ejes temáticos por resultado y la recomendación.

Resultado	Recomendación
Por tanto, hay suficiente evidencia para concluir estadísticamente con una confiabilidad del 99% que los datos no siguen una distribución normal.	
1. Costos y distancias asociados a la producción	
Una muy fuerte asimetría a derecha, con una varianza desproporcionada para obtener insumos y plántulas. Un coeficiente de variación para esta variable del 93.58%.	Si el fin último es la optimización del proceso en la producción agrícola, se requiere considerar esta variable como susceptible de mejora.
Algunos insumos, se adquieren en distancias cortas (de 3 a 30km para fertilizantes y derivados); otros como plántulas, algunos hongos, fertilizantes etc., (30 y 100km, porque los centros de distribución de estos se encuentran localizados en Cajicá, Chía y Bogotá, se consiguen a mayores distancias.	Tal diferencia debería tenerse como evidencia para sugerir un proceso que pueda ser estandarizado y mejorado.
Los productos asociados a desplazamientos largos para la consecución, en 70% corresponden a plántulas, semillas y hongos. Genera altos costos de desplazamiento.	Sugiere que la rentabilidad de la actividad económica se beneficiaría gran medida por alguna alternativa que disminuya considerablemente los desplazamientos.
Se verificó la normalidad en los datos (insumos). Se contrastó las hipótesis de normalidad donde se concluyó que existe evidencia estadísticamente significativa ($p < 0.01$) para afirmar que, con una confiabilidad del 99% que los datos no siguen una distribución normal.	Por tanto, tal diferencia debería tenerse como evidencia para sugerir un proceso que pueda ser estandarizado y mejorado.
2. Costos y distancias asociados la distribución	
El 50% de los productores manejan distancias de entrega cortas (< a 30 km), el 50% de productores que relacionan distancias mayores a 30 km, tienen una variabilidad razonablemente grande.	Lo anterior podría ser evidencia que sugiera que el segmento mayoritario de los productores consultados son distribuciones locales.
Se verificó la normalidad en los datos (entrega de productos finales), aplicando la prueba paramétrica de Shapiro-Wilk, y se obtuvo un p-valor de 0.0001446. Es decir, hay suficiente evidencia para afirmar que, con una confiabilidad del 99%, los datos no siguen una distribución normal.	Prevalecen así, las distancias de menos de 40 km aunque existen distancias registradas que podrían triplicar esta medida.
3. Productos ofrecidos	

² En el presente estudio se presenta la síntesis de la estadística descriptiva, dado que el objeto del documento es ilustrar el modelo de ahorros para la planeación de ruta de distribución.

³ Sebastián Lozano; Estadístico; Ciencias básicas Universidad Los Libertadores.





Los medios de transporte utilizados son: furgón (60%), vehículos propios (10%), transporte público o moto (30%).	Constituye un punto sensible en la distribución de los costos de la logística asociados al transporte.
Un 60% reporta tener un plan de siembra. Las decisiones de siembra no son planeadas, ni documentadas, responden a actividades de costumbre transgeneracionales basadas en la experiencia de prueba y error.	Podrían dar indicios de la necesidad de unificar criterios y procedimientos de producción a fin de poder generar una oferta más homogénea.

3.- Propuesta de mejora en el desempeño del sistema logístico.

A partir de los resultados de la estadística descriptiva, se procedió a *investigar el proceso de distribución aplicando métodos heurísticos para definir un plan de rutas que mejorara la distribución a los clientes*, tomando de referencia una Unidad Productiva, con más de cinco años de experiencia ubicada a 2,5 km del municipio de Guasca, departamento de Cundinamarca. Esta Unidad se dedica a producir, comercializar y distribuir productos orgánicos en la ciudad de Bogotá y municipios de la Sabana. El proceso de distribución, está programado para realizar la entrega de los productos a los clientes, un día por semana. Previo a la distribución se realiza el proceso de cosecha en finca, compra a proveedores de la región (los productos no disponibles en el cultivo), alistamiento de mercados y por último el despacho de los mismos.

El proceso de entrega se organiza acorde a la ruta programada de distribución. El medio de transporte es un furgón con capacidad de una tonelada, debidamente adecuado para “transporte de alimentos”. El ruteo para la distribución se programa con un día de anterioridad y se realiza con la experiencia de entregas anteriores. La ruta no es constante, varía cada semana de acuerdo con los clientes que hayan realizado pedido.

Para evaluar la ruta que utiliza la Unidad Productiva, se utilizó la metodología que se presenta en la Figura 1.



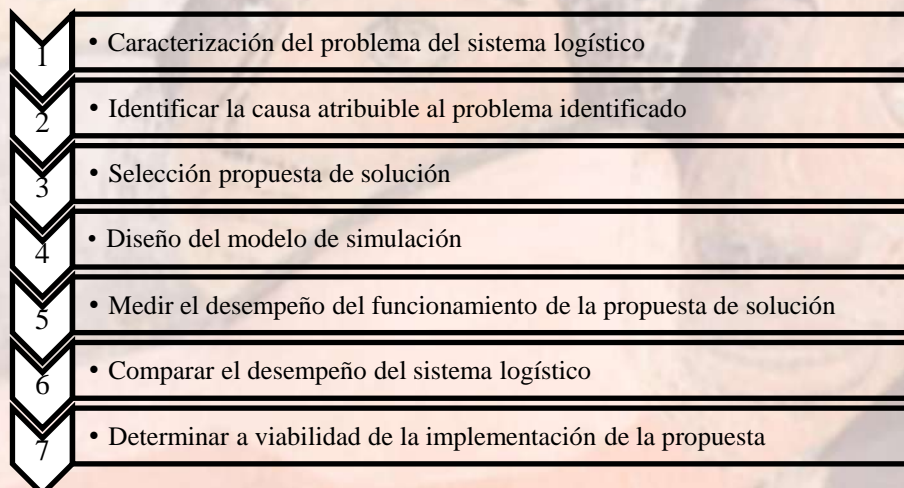


Figura 1

Metodología para el diseño y simulación de la propuesta de solución.

El punto inicial para el diseño de la propuesta de solución fue la **caracterización del problema** identificado. De acuerdo a la estadística descriptiva presentada, se llegó a la conclusión que el problema más representativo en la muestra encuestada abarca dos procesos del sistema logístico: el *abastecimiento de los insumos* que acarrea desplazamientos frecuentes y que generan costos. En la investigación se detectó que, aunque fueran productores del mismo municipio y de la misma vereda, se desplazan o negocian individualmente la compra de insumos, y, por lo tanto, no manejan economía de escala que les permita reducir los costos de aprovisionamiento.

Esta situación, se complementa con el hecho que los productores basan su metodología de compra en la escasez del insumo, y no cuentan con planes de abastecimiento incorporados con el control de inventario, que les permita saber en tiempo real la disponibilidad de los insumos requeridos, tales como: semillas, plantas, abonos, control de plagas y enfermedades, entre otros.

El otro problema más representativo detectado en la descripción y en el momento de la recolección de la información, es que los productores *no cuentan con un modelo de distribución y transporte articulado* que esté orientado a reducir los tiempos de entrega, mejorar la satisfacción del cliente y conocer los costos de distribución. El conocimiento de los costos de la cadena en la mayoría de los productores es mínimo, salvo



un par de productores del municipio de Guasca, quienes tienen registros contables.

Para identificar *las causas atribuibles* de los dos problemas identificados, se realizó el árbol de problema para cada uno. En la

Figura 2 y

Figura 3 se presenta para cada caso.

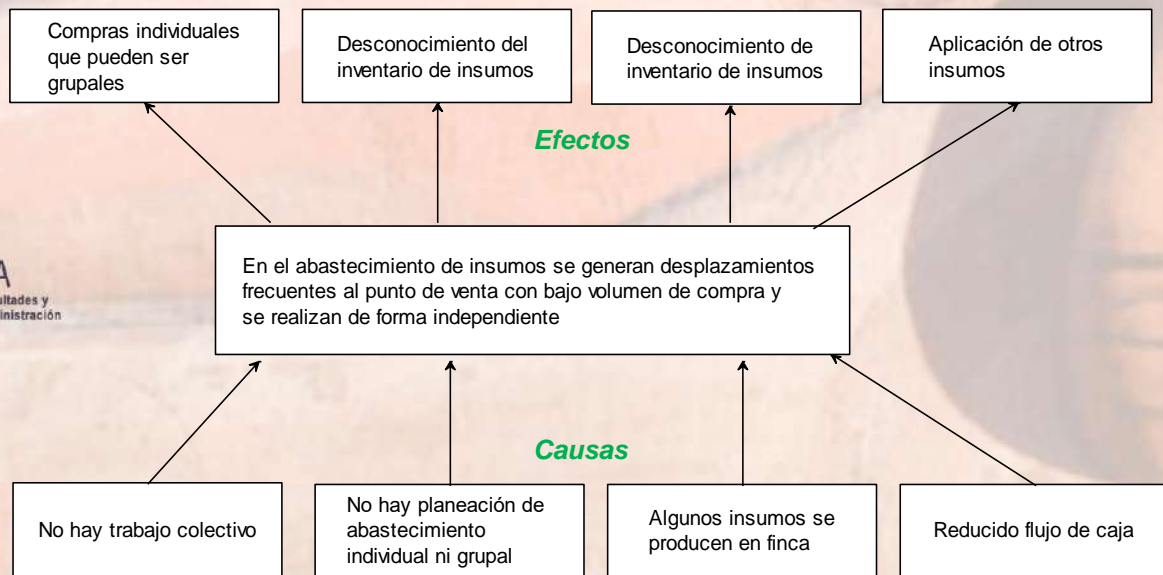


Figura 2

Árbol de problema para el proceso de abastecimiento de insumos.

Las causas atribuibles del problema en el abastecimiento de insumos, muestran una relación entre ellos. El trabajo individual se evidenció en el levantamiento de la información, y tal como se concluye en el árbol de problema, en las causas está relacionado que los productores no comparten los avances administrativos porque los desconocen. La evidencia de lo anterior radica en que no cuentan con los siguientes procesos o documentos: registros de siembra, cosecha, fumigación y libro diario; planes de siembra, fertilización y fumigación; registro de ingresos y costos; control de inventario; planeación de siembra; planeación de mantenimiento de cultivo; planes de mantenimiento de herramientas y equipos; registro de distribución; procedimiento de manejo de quejas y reclamos; y control de calidad.

Las respuestas más frecuentes al por qué no implementan los procesos o documentos enunciados eran: “no le ven la importancia”, “no tienen tiempo”, “no se los han pedido” y “no saben cómo hacerlo”.

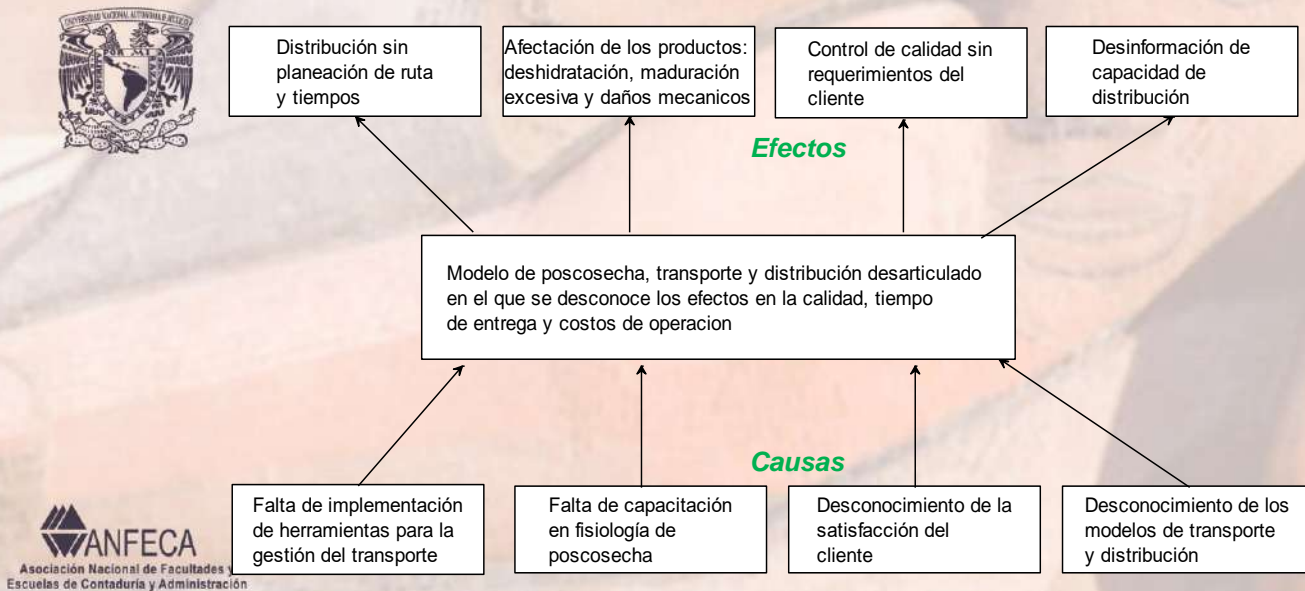


Figura 3
Árbol de problema para el proceso de transporte y distribución.

En el transporte y distribución se detectaron problemas que se articularon en uno solo denominado “modelo de poscosecha, transporte y distribución desarticulado”. Se evidenció la desarticulación de los procesos, porque desconocen la relación entre la producción, la calidad del producto cosechado y las prácticas de manejo en poscosecha, transporte y distribución.

3.1 Propuesta de mejoramiento para abastecimiento

Según el diagnóstico de la caracterización, se determinó que el problema en el abastecimiento radica en que los productores no cuentan con la trazabilidad del registro de ingreso e inventario de los insumos que aplican en los cultivos. El efecto es la desorganización en la administración de la información sin documentación o claridad de la situación real del negocio. La propuesta de mejoramiento que se articuló para resolver el problema, es el diseño del proceso de gestión de la cadena de producción, desde la operación de abastecimiento de

insumo hasta la distribución. El punto de partida es la estructura de administración, para lo cual sugiere la implantación del proceso que se presenta en la Figura 4.

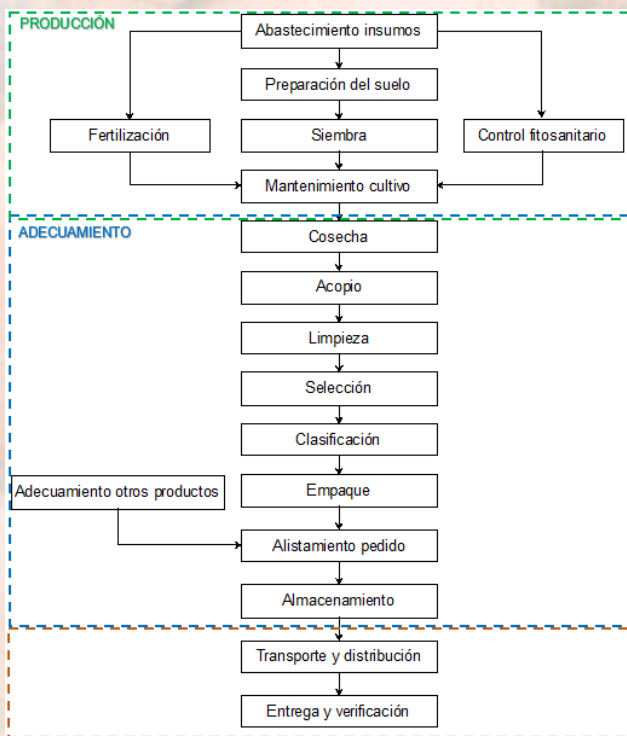


Figura 4

Diagrama de flujo del proceso de gestión de la cadena de suministro de productos agrícolas.



3.2. Plan de trazabilidad

En este plan se contempló la trazabilidad mediante el diseño de los formatos de registro de materias primas (registro de ingreso con evaluación de la calidad), producción en campo (La resolución 0187 de 2016 establece requisitos para la producción ecológica), actividades de mantenimiento de cultivo, alistamiento de pedidos (hora entrega, No. embalaje, No. de pedido, fecha de distribución, observaciones del cliente, y matriz de producto con presentación contra la cantidad pedida y despachada) y distribución (fecha, cliente, No. del pedido, hora de entrega confirmada al cliente, No. de bolsas que componen el pedido, valor neto, pago (crédito o contado), manejo de embalaje y



firma de aceptación del cliente por conformidad). Este último proceso facilita el cumplimiento del ruteo y los tiempos de entrega efectiva



3.3. Propuesta de mejoramiento para transporte y distribución

Según el *diagnóstico de la caracterización*, se determinó que existe una *desarticulación de los procesos en poscosecha, transporte y distribución*, evidenciado en la inexistente gestión de la calidad del producto a lo largo de la cadena de suministro. La propuesta de mejoramiento incluye la estandarización del proceso de abastecimiento como se presentó anteriormente.

La presente investigación consigna los resultados obtenidos del diseño, aplicación y comparación, por la *aplicación de dos métodos heurísticos, con el objetivo de validar el diseño de la ruta de entrega* que utiliza actualmente la Unidad Productiva Agrícola Orgánica seleccionada. Por otro lado, los modelos planteados sirvieron como herramienta de simulación del proceso de distribución para ser transferidos a los demás productores orgánicos de la muestra.

3.3.1. Metodología simulación

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en la investigación, se diseñó y ejecutó una metodología a partir de *Métodos heurísticos de ruteo*. La metodología que se implementó tiene seis etapas.

- **Recolección de información:** en la Unidad Productiva Agrícola para cada fecha de entrega, se lleva un registro de los clientes, proveedores, productos, cantidades, precios y costos, así como de los horarios de entrega a cada cliente. Esta información fue suministrada por la empresa y se organizó en una base de datos de 38 semanas.
- **Establecimiento de línea base de distribución:** con base en información organizada, se estableció una línea base de distribución semanal. La línea base corresponde a los estándares como: el número de entregas semanal; el tiempo de la ruta promedio; y la priorización de los clientes a incluir, de acuerdo con el total de pedidos solicitados en el tiempo pactado. Los indicadores a su vez, sirvieron como parámetro de comparación con los resultados de la simulación.





- Selección de métodos heurísticos a aplicar: Para la selección de los métodos se tuvo en cuenta dos criterios: rapidez en obtención de la solución (fácil aplicabilidad y transferencia); y, el desempeño (coherencia con la realidad).
- Simulación del sistema con los modelos y análisis de resultados: se diseñaron y ejecutaron dos modelos de programación lineal aplicados en rutas de distribución. Posteriormente, se analizaron los resultados obtenidos para cada uno, integrando el cálculo de los indicadores establecidos en la línea base.
- Comparación de los resultados de los modelos: se compararon los resultados obtenidos para cada modelo diseñado y aplicado, así como con la línea base que tiene la Unidad Productiva Agrícola establecida.
- Propuesta de ruta para entrega de pedido: de acuerdo con la información suministrada, los resultados obtenidos y la comparación entre los modelos, se realizó el algoritmo para obtener una propuesta de ruta.

3.4. Métodos aplicados

En la investigación de operaciones el *método de los ahorros* de Clarke & Wright (1964) es ampliamente conocido, se aplica a problemas en los cuales el número de vehículos no es fijo, y funciona adecuadamente para problemas directos e indirectos. Este método consiste en realizar una exploración limitada del espacio de búsqueda y dar una solución de calidad aceptable en un tiempo moderado. El algoritmo se desarrolla partiendo de una solución con dos rutas (unión entre el origen y dos puntos de distribución), las cuales pueden ser combinadas generando así una sola ruta. El algoritmo parte de una solución inicial y realiza las uniones que generen mayor ahorro. Para usar este método es necesario conocer las distancias o tiempos que existen entre los diferentes puntos, es decir; el costo de cada trayecto. De esta manera la heurística⁴ asigna el orden del recorrido optimizando la variable crítica de la ruta, satisfaciendo las restricciones de capacidad, y generando una solución cercana a la óptima (Olivera, 2004; Castañeda y Cardona, 2014).

⁴ Proceso para hallar el óptimo.

3.4.1 Formulación de programación lineal

La formulación del modelo de programación lineal del *modelo de ahorros*, tanto por distancia como por tiempo se presenta en la Tabla 2.



Tabla 2
Formulación de programación lineal para la heurística de ruteo.

Modelo ahorros por distancia	Modelo ahorros por tiempo
Conjuntos	
I: nodo de inicio, $i = \{0 \text{ a } 26\}$ J: nodo de llegada, $j = \{0 \text{ a } 26\}$ 0 es el punto de origen (Unidad Productiva Agrícola)	I: nodo de inicio, $i = \{0 \text{ a } 26\}$ J: nodo de llegada, $j = \{0 \text{ a } 26\}$ 0 es el punto de origen (Unidad Productiva Agrícola)
Parámetros	
D_{0i} : Distancia en km desde 0 a i D_{j0} : Distancia en km desde j a 0 D_{ij} : Distancia en km desde i a j	T_{0i} : Tiempo en min desde 0 a i T_{j0} : Tiempo en min desde j a 0 T_{ij} : Tiempo en min desde i a j
Variables	
XD_{ij} : 1 si va de i a j, 0 en caso contrario	XT_{ij} : 1 si va de i a j, 0 en caso contrario
Objetivo	
Establecer el orden de la ruta de distribución que maximice el ahorro por distancia	Establecer el orden de la ruta de distribución que maximice el ahorro por tiempo
Función objetivo	
$\max z = (D_{0i} + D_{j0} - D_{ij}) * XD_{ij}; \forall i \forall j$	$\max z = (T_{0i} + T_{j0} - T_{ij}) * XT_{ij}; \forall i \forall j$
Recolección información	
Teniendo las direcciones de entrega, se determinó las coordenadas de latitud y longitud en decimales con ayuda de la aplicación Google Maps. Posteriormente, con la misma aplicación, se elaboró la matriz de distancias entre los 27 nodos.	Con las coordenadas de latitud y longitud en decimales de cada punto de entrega y utilizando la aplicación Google Maps, se elaboró la matriz de tiempos entre los 27 nodos.
Ejecución	
Se realizaron las iteraciones respectivas hasta que la ruta de distribución contemplara todos los puntos de entrega. En el siguiente diagrama de flujo se presenta el algoritmo empleado. Las operaciones realizadas para ambos modelos fueron las mismas, lo que varió es la matriz de entrada.	

3.4.2 Algoritmo de heurística de ruteo

Para establecer el orden de la ruta de distribución para cada modelo, se diseñó inicialmente *el algoritmo* de ejecución del modelo de ahorro que se plasma en la

Figura 5. El algoritmo determina la ruta de distribución mediante iteraciones sobre la matriz de ahorro implementando el modelo de Clark & Wright. En los casos que fuera necesario se eliminaron los



ciclos asignando el valor de cero al ahorro del nodo destino que generara el ciclo.

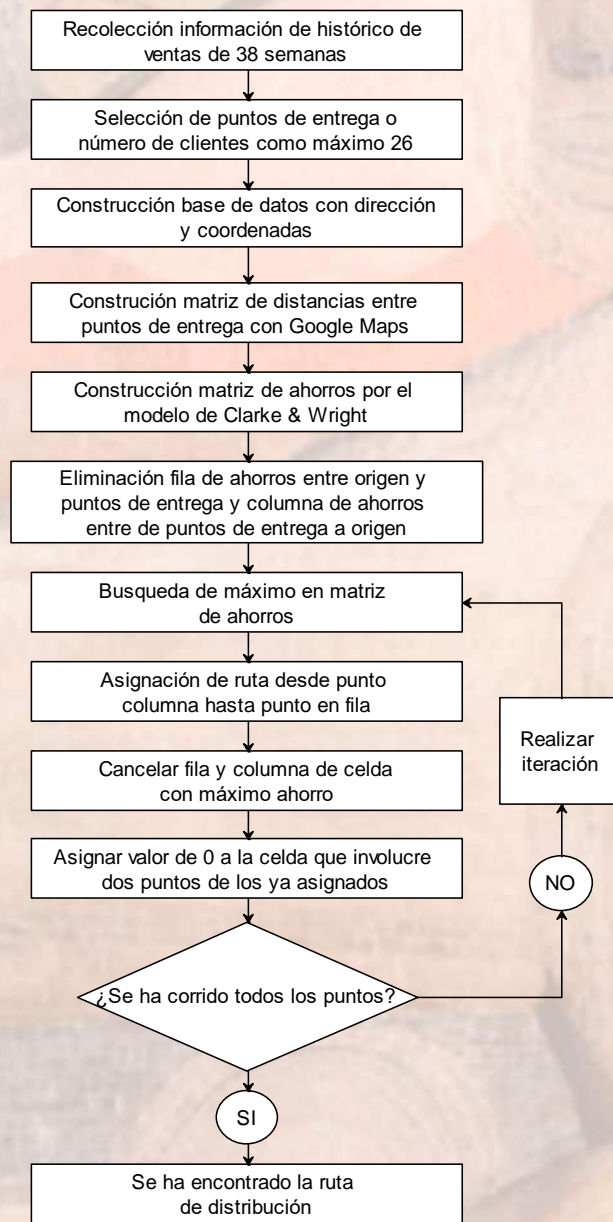


Figura 5

Algoritmo diseñado e implementado para la ejecución del modelo de ahorros formulado.

Como se observa en la

Figura 5 se recopiló información de 38 semanas de distribución de la Unidad Productiva Agrícola. A partir de los registros suministrados, se procedió a priorizar los clientes que harían



parte de la muestra para la simulación. Para seleccionar los clientes se realizó el siguiente procedimiento:

1. Listado de 88 clientes con documento de identidad y dirección de domicilio. A cada cliente se le asignó un código de identificación entre 1 y 88.
2. Elaboración de matriz de pedidos en unidades para las 38 semanas de distribución por cliente. La matriz comprende el código del cliente, portafolio de productos y unidades solicitadas por cada cliente para las 38 semanas.
3. Elaboración de matriz compendio por fecha de distribución. La matriz incluye total de pedidos, total de unidades y total de peso solicitado.
4. Elaboración de matriz compendio por unidades de producto por fecha, para lo cual, se sumó el total de unidades solicitadas por todos los clientes para cada fecha de distribución.
5. Elaboración de matriz compendio con total de pedidos por cliente (código) y cálculo de factor de participación. El factor de participación se determinó al dividir el total de pedidos por cliente entre las 38 semanas contempladas.
6. Selección de puntos de entrega a simular. De acuerdo con los registros de la Unidad Productiva seleccionada, un vehículo de distribución, en la zona de cobertura que contempla la empresa, logra distribuir máximo 26 pedidos para no afectar la calidad del producto, debido a que se desarrolla en condiciones ambientales. Por lo anterior, se jerarquizó la lista de clientes por el total de pedidos y se seleccionaron los primeros 26. La Tabla 3 presenta el resultado del proceso de selección.





Tabla 3

Clientes seleccionados para la aplicación de la heurística de ruteo.

Código	Total de Pedidos	Factor de Participación	Jerarquización	Coordenadas
0	-	-	-	4.845519, -73.892660
7	38	100,0%	1	4.641999, -74.101185
23	38	100,0%	2	4.681794, -74.056811
55	38	100,0%	3	4.717506, -74.034752
66	37	97,4%	4	4.633993, -74.096490
39	35	92,1%	5	4.853902, -74.064325
56	35	92,1%	6	4.666293, -74.046805
72	35	92,1%	7	4.761542, -74.062845
80	35	92,1%	8	4.654292, -74.053680
27	34	89,5%	9	4.699879, -74.034880
47	33	86,8%	10	4.654786, -74.049047
82	32	84,2%	11	4.733202, -74.034971
12	31	81,6%	12	4.661314, -74.049460
64	30	78,9%	13	4.665335, -74.051053
25	27	71,1%	14	4.661774, -74.052646
37	27	71,1%	15	4.687213, -74.046107
73	27	71,1%	16	4.690768, -74.033372
26	26	68,4%	17	4.642274, -74.099499
74	21	55,3%	18	4.703776, -74.096543
24	20	52,6%	19	4.660945, -74.113092
53	19	50,0%	20	4.697467, -74.027927
11	17	44,7%	21	4.692415, -74.007607
31	17	44,7%	22	4.704022, -74.026023
67	16	42,1%	23	4.698387, -74.055908
21	15	39,5%	24	4.733266, -74.032798
33	15	39,5%	25	4.684839, -74.026822
48	15	39,5%	26	4.651134, -74.055597

Con las coordenadas del domicilio de cada cliente, se procedió a la construcción de la matriz de distancias y tiempos entre los 26 puntos de entrega más el origen (Unidad Productiva) utilizando la aplicación de Google Maps en el horario de 11:00 a 14:00 (horario crítico de transporte en Bogotá). Luego se construyó la matriz de ahorro, tanto para distancia como para tiempo. Para la construcción de la matriz de distancia se utilizó la función objetivo de cada modelo.





4.- Evaluación del desempeño de la propuesta de mejoramiento a través de la simulación de su funcionamiento.

4.1 Resultados de la simulación

En la actualidad la Unidad Productiva Agrícola cuenta con 88 clientes activos, distribuidos en la ciudad de Bogotá y en los municipios de Chía, Cajicá y Calera. La información suministrada corresponde a las distribuciones realizadas entre agosto de 2016 y mayo de 2017. Durante ese tiempo, se realizaron 989 entregas, con un promedio semanal de 26 entregas, 570 unidades de producto, y un peso de carga de 300 kg por semana.

Como se mencionó anteriormente, se diseñó el *método de ahorros*, tanto por distancia como por tiempo, contemplándolos como dos modelos diferentes debido a que la información consignada en las matrices de cada variable difiere. El método de ahorros se utiliza en la solución de problemas de ruteo, específicamente cuando se emplea un solo vehículo. Los resultados a manera de comparación se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4

Resultados de la heurística de ruteo del ahorro por distancia y por tiempo.

Parámetro	Unidad Productiva Agrícola	Ahorro distancia	Ahorro tiempo
Número de iteraciones	NA	23	23
Número de camiones	1	1	1
Número de paradas	26	26	26
Distancia total de distribución (km)	144,3	138,8	153,7
Tiempo espera en paradas (h)	2,17	2,17	2,17
Tiempo transporte (h)	6,66	6,38	6,28
Tiempo total de distribución (h)	8,83	8,55	8,45
Hora inicio de recorrido	6:30	6:30	6:30
Hora fin de recorrido	15:20	15:03	14:57

De acuerdo con la Tabla 4, se concluye, por un lado, que el modelo de distribución y transporte de la Unidad Productiva, está acorde a criterios de ahorro de distancia y tiempo simultáneamente y que aún, siendo un modelo empírico se asemeja en gran medida a un modelo



matemático. Las actividades de planeación de la ruta de distribución con la respectiva confirmación de hora, han diferenciado a la Unidad

Productiva de sus competidores en el mercado, y de esta investigación se afirma que lograr la planeación que tiene la empresa requiere de experiencia.

Por otro lado, se concluye que *los modelos de ahorro diseñados*, presentan resultados racionales y acordes a la realidad. Para el caso de ahorro por distancia, se logró una reducción en la distancia de 5,5 km (4%) con incremento en el tiempo de 16 min (3%). Por otro lado, con el modelo de ahorro por tiempo, se obtuvo un incremento en la distancia de 9,5 km (6%), y reducción en el tiempo de 23 min (4%). De lo resultados se identifica que cada modelo optimiza la variable que lo identifica, e incrementa la otra variable en estudio. Para el análisis se seleccionó el modelo de ahorro por tiempo y se procedió a comparar gráficamente con respecto al modelo de la Unidad Productiva Agrícola. Para ello, se dibujó la ruta de distribución junto con los puntos de entrega sobre un mapa real. Los mapas se presentan en la

Figura 6.

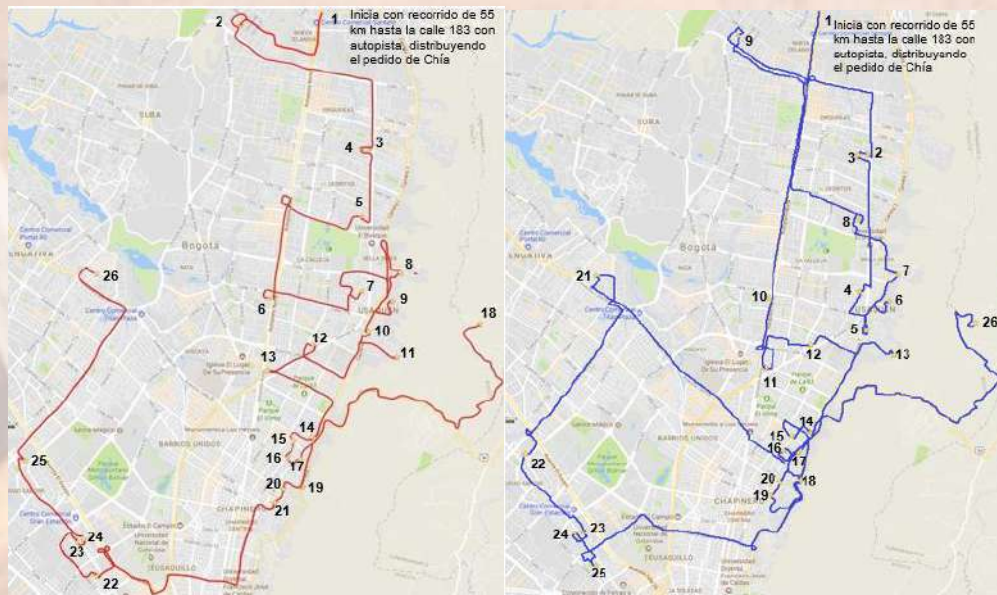


Figura 6

Ruta de distribución de la Unidad Productiva (izquierda) y del modelo de ahorro por tiempo (derecha).



5.- Plan de actividades para garantizar la transferencia del sistema.

5.1 Para productores entrevistados

El plan de actividades inicia con la preparación del material técnico que sea útil para los productores entrevistados, el cual está compuesto por:

- Caracterización de la situación actual del sistema logístico. Se presentará la información más relevante que describa el comportamiento en conjunto de los productores de la muestra. De acuerdo con los resultados se enfatizará en la planeación de siembra y compras, y en las operaciones de poscosecha. En la caracterización se evidenció que los productores mantienen un conocimiento técnico en la producción, por lo tanto, no se tendrá en cuenta este tema.

- Capacitación en Buenas Prácticas Agrícolas para aseguramiento de la calidad:

En actividades en poscosecha, se capacitarán a los productores en los procesos y procedimientos más recomendados para la conservación y aseguramiento de la calidad. Se presentarán los formatos de registro estipulados en el plan de trazabilidad, con una explicación muy detallada de las ventajas de implementación de cada uno y los requerimientos de implementación. La capacitación se realizará en la misma jornada de socialización de los resultados.

- Socialización de resultados en los municipios encuestados.

En los municipios Guasca, Tenjo y Subachoque, se seleccionará un lugar por cada uno para la socialización de los resultados con la documentación respectiva de la actividad. Se contará con lista de asistencia y soporte de fotografías.





Referencias bibliográficas

- Castañeda, J., & Cardona, J. (2014). Implementación del método del ahorro para resolver el VRP aplicado al diseño de una red logística inversa para la recolección de aceite vehicular usado generado en los puntos de acopio ubicados en Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Industrial.
- Clarke, G. & Wright, J. (1964). Scheduling of Vehicles from a Central Depot a Number of Delivery Points. *Operations Research*, vol.12. pp. 568-581. Recuperado el 20 de noviembre de 2017, en <https://doi.org/10.1287/opre.12.4.568>
- DNP, Departamento Nacional de Planeación (2016). Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia, Estudio de la Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas1-48. Recuperado el 26 de noviembre de 2017, en colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/PérdidaDNP
- Herrera, A. (2014). Manejo poscosecha con criterios orgánicos para frutas y hortalizas. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Misión para la Transformación del Campo, (2014). Propuesta para desarrollar un modelo eficiente de Comercialización y Distribución de Productos (Documento técnico para la Misión para la Transformación del Campo). Bogotá D.C.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR. (2006). Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaque, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de Productos Agropecuarios Ecológicos. Resolución 1187. Colombia.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MARD. (2012). Balance y proyecciones del sector hortofrutícola en Colombia. Asohofrucol. Frutas & Hortalizas No. 33/ enero-febrero de 2014
- Ministerio de Salud y Protección Social y la FAO, (2012). En: DANE, (2016). Pérdida y desperdicios de alimento en Colombia- Estudio de la Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas-. Bogotá.





- Olivera, A. (2004). Heurísticas para problemas de ruteo de vehículos. Obtenido de Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. Recuperado el 29 de junio de 2017, en <http://www.fing.edu.uy/inco/pedeciba/bibliote/reptec/TR0408.pdf>
- Pérez, F., & Rodríguez, M.A. (2011). Propuesta del Sistema Logístico de distribución para las regionales Centro, Santander y Eje Cafetero de una empresa de consumo masivo. Universidad ICESI, facultad de ingeniería, maestría en ingeniería industrial con énfasis en logística y cadenas de abastecimiento, Santiago de Cali, Colombia.
- Piñeros, Y., Escobar, H., Serrato, L., Aguirre, M., Rodríguez, D., Roncón, I., Segura, M., Luna, J., Romero, A., Lozada, H., Pérez, C. (2010). Manual poscosecha de brócoli, espinaca y lechuga en la Sabana de Bogotá. Diagnóstico, manejo y tecnologías poscosecha. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Reina, M. L. (2013). Logística de distribución de productos perecederos de economía campesina. Casos Fuente de Oro, Meta y Viotá, Cundinamarca. Bogotá, Colombia.

