



El conocimiento  
es de todos

Minciencias



## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

Proyecto: Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del queso costeño en las subregiones del caribe colombiano, departamentos de Magdalena, Córdoba, La guajira.

2.1.7 Diseño de la cadena de suministro mediante modelo de optimización con aplicación de software ProModel.

#### INFORME MENSUAL DE ACTIVIDADES EQUIPO TÉCNICO

##### COINVESTIGADOR

DANNA CAROLINA PALMETT MONTIEL

NÚMERO/AÑO DE EJECUCIÓN	AÑO 3- 2023	PERIODO DE EJECUCIÓN	
PROGRAMACIÓN	1 DE SEPTIEMBRE DE 2023 A 30 DE SEPTIEMBRE DE 2023	PERIODO DE SEGUIMIENTO / MES REPORTADO	1 DE SEPTIEMBRE DE 2023 A 30 DE SEPTIEMBRE DE 2023

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS			
Compromiso	Resultados Esperados	Estado de Avance	Medios de Verificación
2.1.7 Diseño de la cadena de suministro mediante modelo de optimización con aplicación de software ProModel.	Informe tecnico modelo de optimización Informe tecnico modelo de simulación	1. Asistencia Reuniones: Se realizaron reuniones con el director del proyecto con el fin de establecer la retroalimentación y ajustes de los modelos que correspondan a las necesidades planteadas en el marco del proyecto. 2. Informe tecnico de optimizacion: Se realizo la estructuración del informe de optimización brindando un modelo de acuerdo con los requisitos solicitados desde las directivas del proyecto, el modelo se basa para el caso de estudio enmarcado en el departamento de cordoba, se realiza escalabilidad del modelo con datos de prueba. 3. Informe tecnico de simulacion: Se construye un modelo enfocado al departamento de cordoba, de acuerdo a los supuestos establecidos, se tiene en cuenta el flujo de material y los costos de transporte en la red, en este modelo se tienen en cuenta las tres subregiones y se analiza el desempeño de cada una	<a href="https://universidadmag.sharepoint.com/:f/_/g/ProyectoQuesoCosteo/EnCqQD4TuGBMovzflvgFTdYBF0RKy_3l2MDsNRx4hfwPvw?e=1XW5K">https://universidadmag.sharepoint.com/:f/_/g/ProyectoQuesoCosteo/EnCqQD4TuGBMovzflvgFTdYBF0RKy_3l2MDsNRx4hfwPvw?e=1XW5K</a>

2 nov de 2023

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

#### INFORME DE ACTIVIDADES

<b>Nombre</b>	Danna Carolina Palmett Montiel
<b>Grupo de Investigación</b>	GIGRD
<b>Proyecto</b>	Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira).
<b>Número de contrato</b>	OPSP – VEX – X – 2023
<b>Periodo de seguimiento</b>	29/06/2023 – 29/07/2023

Como contratista del proyecto denominado Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira). En el marco de la convocatoria de Regalías, de acuerdo con lo establecido como objeto de mi contrato según las actividades 1 actividades 2.1.5, 2.1.6, 2.1.7, 3.1.2, 3.1.6 y 4.1.5 de los objetivos 2, 3 y 4 del proyecto

#### Compromisos contractuales establecidos

- 1) Apoyo a diseño de la cadena de suministro mediante modelo SCOR (Entrega de documento y base de datos).
- 2) Diseño de la cadena de suministro de queso costeño en los departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira, mediante modelo de simulación con aplicación de software GAMS, CPLEX, PROMODEL (Entrega de documento y base de datos del modelo).
- 3) Apoyo a formulación del nuevo modelo de negocios, de plan de marketing digital y spin off universitaria.

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

4) Apoyo a Formulación y registro de Spin Off universitaria, que garantice la sostenibilidad de la plataforma digital y la implementación del paquete tecnológico diseñado en el tiempo

5) Elaboración conjunta de artículo científico con el director general del Proyecto para someter a revista científica

#### **2.1.7. Diseño de la cadena de suministro mediante modelo de optimización con aplicación de software GAMS y CPLEX**

1. *Asistencia a reuniones:* Dentro del presente mes se asistieron a dos reuniones con el director del proyecto con el fin de establecer los lineamientos y requerimientos del modelo de optimización.
2. *Documento entregable modelo de optimización:* Se avanza en la estructura del entregable final correspondiente al modelo de optimización en la cual se establece:
  - 2.1 *Conceptualización del modelo de optimización:* Se realiza una descripción de los supuestos y detalle de las principales variables de respuesta que se desean obtener de acuerdo a la modelación establecida
  - 2.2 *Formulación del modelo de optimización:* Se realiza la construcción del modelo matemático en donde se detalla la función objetivo, variables parámetros y restricciones
  - 2.3 *Estructuración de parámetros de entrada:* Se construye base de datos con los parámetros para las corridas del modelo. Los datos utilizados provienen de la información relacionada en la base de datos de los actores de la cadena del queso enmarcada dentro del proyecto
  - 2.4 *Programación:* Una vez realizada la formulación y estructuración de los datos se procedió a realizar la programación de las pruebas de funcionalidad en el Software GAMS utilizando como solucionador CPLEX

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

**2.5 Análisis de resultados:** Se exportan los resultados del modelo en formato Excel y gams.dir, para analizar el comportamiento de las variables de respuesta e identificar ajustes a realizar.

3. Revisión bibliográfica inicial para bases teóricas del artículo de diseño de cadena.

Anexo: carpeta artículo optimización

Lo anterior se encuentra detallado en el Informe técnico del mes de septiembre

Atentamente,



Danna Carolina

Palmett Montiel

CC. 1.103.120.398

Ingeniera Industrial, Especialista en logística y transporte internacional

Universidad del Magdalena



El conocimiento  
es de todos

Minciencias



## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

#### UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

**En el marco del proyecto, BPIN 2020000100116: " Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)."**

#### Informe técnico

#### Correspondiente al objetivo 2

**Diseñar la cadena de suministro mediante un modelo de optimización**

**Palmett, Danna**

**Peña, Leandro**

**Director: Edwin Causado**

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

#### Formulación del modelo de optimización

La formulación del modelo se basa en la representación matemática de las relaciones entre actores de la red planteada. para esto se formula un MILP que contemple el problema de asignación de cantidad optima de cada tipo de queso y operación de agentes dentro de la red, para llegar a la modelación definitiva se lleva a cabo las distintas pruebas de funcionalidad con el fin de validar cada una de las restricciones, supuestos y variables de salida, con el fin de verificar la validez de los resultados.

#### MODELO DE OPTIMIZACION

##### Conjuntos

Término	Descripción
I	Conjunto de productores
J	Conjunto de centros de acopio
K	Conjunto de clientes
P	Conjunto de productos
T	Conjunto de periodos de tiempo

##### Parámetros de entrada

Término	Descripción	Unidades
---------	-------------	----------

##### *Costos de producción*

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

*CostoProducción<sub>pit</sub>* Costo de producción del producto  $p$  en el productor  $i$  en el periodo de tiempo  $t$  [\$/kg]

#### *Costos de operación*

*CostoFijoAcopio<sub>jt</sub>* Costo fijo de del centro de acopio  $j$  en el periodo de tiempo  $t$  [\$]

*CostoVarAcopio<sub>pjt</sub>* Costo variable del producto  $p$  en el centro de acopio  $j$  en el periodo de tiempo  $t$  [\$/kg]

#### *Costos de inventario*

*CostoInvAcopio<sub>pjt</sub>* Costo de inventario del producto  $p$  en el centro de acopio  $j$  en el periodo de tiempo  $t$  [\$/kg]

#### *Costos de transporte*

*CostoTransProdAcopio<sub>pj</sub>* Costo de transporte del producto  $p$  desde el productor  $i$  hasta el centro de acopio  $j$  en el periodo de tiempo  $t$  [\$/kg]

*CostoTransAcopioClie<sub>pjk</sub>* Costo de transporte del producto  $p$  desde el centro de acopio  $j$  hasta el cliente  $k$  en el periodo de tiempo  $t$  [\$/kg]

#### *Demanda*

*Demandaciéne<sub>pkt</sub>* Demanda del producto  $p$  en el cliente  $k$  en el periodo de tiempo  $t$  [kg]

#### *Capacidades*

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

$CapProductor_{pit}$	Capacidad de suministro del producto $p$ en el productor $i$ en el periodo de tiempo $t$	[kg]
$CapAlmacenamientoCA_{pjt}$	Capacidad de almacenamiento del producto $p$ en el centro de acopio $j$ en el periodo de tiempo $t$	[kg]

### Variables de decisión

Término	Descripción	Unidades
<b>Variables de operación</b>		
$CA_{jt}$	1 si se opera un centro de acopio $j$ en el periodo de tiempo $t$ ; 0 en caso contrario	[binaria]
$AS_{ijt}$	1 si se asigna un envío de $i$ a $j$ en el periodo de tiempo $t$ ; 0 en caso contrario	[binaria]
<b>Variables de flujo</b>		
$PA_{pigt}$	Cantidad del producto $p$ por enviar desde el productor $i$ hasta el centro de acopio $j$ en el periodo de tiempo $t$	[kg]
$AC_{pjkt}$	Cantidad del producto $p$ por enviar desde el centro de acopio $j$ al cliente $k$ en el periodo de tiempo $t$	[kg]
<b>Variables de inventario</b>		
$InvCA_{pjt}$	Inventario del producto $p$ en el centro de acopio $j$ en el periodo de tiempo $t$	[kg]
<b>Variables demanda insatisfecha</b>		
$DInsatisfecha_{pt}$	Demandas insatisfechas del producto $p$ en el periodo de tiempo $t$	[kg]

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

#### FUNCION OBJETIVO

$$\begin{aligned} \text{Min } F = & \quad C_{\text{Producción}}_t + C_{\text{Operación}}_t + C_{\text{Inventario}}_t + C_{\text{Transporte}}_t + \\ & \quad \text{Demanda}_{\text{Insatisfecha}}_t \quad (1) \end{aligned}$$

$C_{\text{Producción}}_t$	$= \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{p \in P} \text{CostoProducción}_{pit} PA_{pjt}$  $\forall t \in T$
$C_{\text{Operacion}}$	$= CFijos_t + CVariables_t$
$CFijos_t$	$= \sum_{j \in J} \text{CostFijoAcopio}_{jt} CA_{jt}$  $\forall t \in T$
$CVariables_t$	$= \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{p \in P} \text{CostoVarAcopio}_{pjt} PA_{pjt}$  $\forall t \in T$
$Costos$ $de inventario_t$	$= \sum_{j \in J} \sum_{p \in P} \text{CostoInvAcopio}_{pjt} InvCA_{pjt}$

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

	$\forall t \in T$
$Costo\ de\ transporte_t$	$= \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} \sum_{p \in P} CostoTransProdAcopio_{pigt} PA_{pigt} +$ $\sum_{k \in K} \sum_{j \in J} \sum_{p \in P} CostoTransAcopioClie_{pjkt} AC_{pjkt} +$ $\forall t \in T$
$DemandaInsatisfecha_t$	$\sum_{p \in P} Dinsatisfecha_{pt} * PDinsatisfecha_t$ $\forall t \in T$

## RESTRICCIONES

- **(2) De Capacidad de productores:**

$$PA_{pigt} \leq CapProductor_{pit} * AS_{igt}; \forall p \in P; \forall i \in I; \forall j \in J; \forall t \in T$$

- **(3) De Flujo:**

En los centros de acopio

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

$$\sum_{i \in I} PA_{pijt} = InvCA_{pj} + \sum_{k \in K} AC_{pjkt}$$

$$\forall p \in P; \forall j \in J; t = 1$$

$$\sum_{i \in I} PA_{pijt} + InvCA_{pj,t-1} = InvCA_{pj} + \sum_{k \in K} AC_{pjkt}$$

$$\forall p \in P; \forall j \in J; t \geq 2$$

- (4) De relación de variables binarias y de Operación

$$\sum_{i \in I} PA_{pijt} \leq CA_{jt} CapAlmacenamientoCA_{pj} \quad \forall j \in J; \forall i \in I; \forall p \in P; \forall t \in T$$

- (5) Asignación

$$\sum_{j \in J} AS_{ijt} = 1 \quad \forall j \in J; \forall i \in I; \forall p \in P$$

### (6) Demanda insatisficha

$$\sum_{j \in J} AC_{pjkt} + Dinsatisficha_{pt} = \sum_{k \in K} DemandaClie_{pkt}$$

$$\forall t \in T, \forall p \in P$$

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

#### Análisis de restricciones

(1) La función objetivo del modelo se encuentra enmarcada dentro de la dimensión económica y toma en consideración los costos asociados a la cadena, partiendo de los costos relacionados al proceso productivo, al transporte, y a la operación de los centros de acopio, incluyendo los costos de almacenaje. Los costos de transporte se generan a partir del movimiento de las cantidades de producto terminado desde un agente a otro hasta llegar a su destino ultimo. Estos fueron calculados en base a los costos logísticos declarados por el Ministerio de Transporte de Colombia. Adicionalmente se considera una penalización por la demanda insatisfecha, dado que se busca lograr el mayor nivel de satisfacción del sistema.

(2) Esta restricción se encuentra asociada la capacidad del productor, es decir, las cantidades enviadas desde los productores por cada tipo de producto no debe exceder la capacidad del mismo, adicional se asocia una variable de asignación, es decir, si el envío se aprueba, la capacidad se activa

(3) El flujo a lo largo de la cadena se debe mantener, por tal motivo, los centros de acopio son uno de los agentes de especial interés al momento de establecer el flujo de productos. Con esta restricción se garantiza que, para el primer periodo de tiempo, las cantidades que reciben los centros de acopio  $j$  desde los productores  $i$ , serán iguales a las cantidades enviadas al cliente  $k$  desde los centros de acopio  $j$  adicional a las cantidades que se quedan en inventario en dicho centro. Sin embargo, este escenario es aplicado para el primer periodo de

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

tiempo, dado que desde el segundo periodo de tiempo el comportamiento de la restricción tiene en cuenta las cantidades que se reciben desde los productores i mas las cantidades en inventario del periodo anterior, siendo esta cantidad igual a los productos que salen hasta el cliente final más los productos que se manejan en inventario para el periodo de tiempo.

(4) La relación entre variables binarias y de operación se encuentra descrita en esta restricción, la cual establece que se las cantidades enviadas desde los productores i serán menores o iguales a la capacidad del centro de acopio j siempre y cuando la variable binaria active o no esta locación.

(5) Esta restricción denota la variable de asignación de envío desde los productores hasta un único centro de acopio

(6) La restricción en cuestión va enfocada en la demanda insatisfecha, en este sentido , todas las cantidades que salen de los centros de acopio hacia los clientes, mas la demanda insatisfecha es igual a la demanda total de todos los clientes, en este sentido busca limitar la demanda insatisfecha por producto y por periodo de tiempo

De acuerdo a lo contemplado anteriormente se hace necesario aclarar, que el modelo estructurado toma en cuenta las capacidades de productores y centros de acopio para verificar el comportamiento de este

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

Se realizó una prueba de escalabilidad del modelo, estableciendo una prueba inicial con datos artificiales y con instancias pequeñas y luego se escala con los datos reales aumentando las entidades en el modelo con el fin de observar el desempeño del software y los resultados obtenidos.

#### Estructura de los parámetros de entrada

Los datos son elementos claves y una de las principales limitantes a la hora de validar un modelo de optimización frente a condiciones de la vida real. En este caso de estudio la estructuración de los parámetros de entrada se hizo tomando como base el levantamiento de información en los diferentes municipios de los departamentos de Córdoba, la Guajira y Magdalena, a través de encuestas realizadas a los distintos agentes de la cadena del queso, en este orden de ideas los datos fueron extraídos de la base de datos construida dentro del marco del proyecto. Adicionalmente, para la prueba de escalabilidad se construyó un Excel con datos artificiales el cual reposa también en el siguiente anexo.

#### ANEXO\_1\_parametros de entrada (carpeta)

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

#### Programación del modelo

Siguiendo con el proceso metodológico se realizó la programación del modelo en el software de GAMS, en donde se generan archivos .gms dado que en la propia interfaz del software queda explícito cada uno de los planteamientos considerados en la formulación del modelo. En el siguiente anexo se encuentra la programación de los dos modelos

#### ANEXO\_2\_Programacion(Carpeta)

```

91 ;
92
93 execute unload "Resultados_Cordoba.gdx"
94
95 FTOTAL.1
96 F.1
97 CA.1
98 AS.1
99 PA.1
00 AC.1
01 INVCA.1
02 CFIJOS.1
03 CVARIABLES.1
04 CTRANSPORTE.1
05 CINVENTARIO.1
06 DINSATISFECHA.1
07 DEMANDAINSATISFECHA.1
08 ;
09
10 execute 'gdxxrw.exe Resultados_Cordoba.gdx var=FTOTAL.1 rng=Hoja1!b2'
11 execute 'gdxxrw.exe Resultados_Cordoba.gdx var=F.1 rng=Hoja2!b2'
12 execute 'gdxxrw.exe Resultados_Cordoba.gdx var=CA.1 rng=Hoja3!b2'
13 execute 'gdxxrw.exe Resultados_Cordoba.gdx var=AS.1 rng=Hoja1!d2'
14 execute 'gdxxrw.exe Resultados_Cordoba.gdx var=PA.1 rng=Hoja4!b2'
15 execute 'gdxxrw.exe Resultados_Cordoba.gdx var=AC.1 rng=Hoja5!b2'
16 execute 'gdxxrw.exe Resultados_Cordoba.gdx var=INVCA.1 rng=Hoja6!b2'
17 execute 'gdxxrw.exe Resultados_Cordoba.gdx var=CFIJOS.1 rng=Hoja7!b2'
18 execute 'gdxxrw.exe Resultados_Cordoba.gdx var=CVARIABLES.1 rng=Hoja8!b2'
19 execute 'gdxxrw.exe Resultados_Cordoba.gdx var=CTRANSPORTE.1 rng=Hoja9!b2'
20 execute 'gdxxrw.exe Resultados_Cordoba.gdx var=CINVENTARIO.1 rng=Hoja10!b2'
21 execute 'gdxxrw.exe Resultados_Cordoba.gdx var=DINSATISFECHA.1 rng=Hoja11!b2'
22
23
24
25

```

#### Validación de las corridas de prueba

Los dos modelos arrojaron respuestas satisfactorias dado que se comportaron acorde a los planteamientos realizados, el modelo de escalabilidad tuvo 0,45 segundos de tiempo de ejecución en el software y 4 min de lectura de parámetros, los resultados se exportaron a Excel y también en formato del programada, el solucionador utilizado fue CPLEX utilizando MIP

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

Entry	Symbol	Type	Dim	Nr Elem	AC(P, J, K, T): Cantidad del producto p por enviar desde el centro de acopio j hasta el cliente k
6	AC	Var	4	72	
4	AS	Var	3	864	
3	CA	Var	2	36	
8	CFUOS	Var	1	12	
11	CINVENTARIO	Var	1	12	
10	CTRANSPORTE	Var	1	12	
9	CVARIABLES	Var	1	12	
13	DEMANDAINSATISFECHA	Var	1	12	
12	DINSATISFECHA	Var	2	24	
2	F	Var	1	12	
1	FTOTAL	Var	0	1	
7	INVCA	Var	3	72	
5	PA	Var	4	1,728	
AC(P, J, K, T): Cantidad del producto p por enviar desde el centro de acopio j hasta el cliente k					
Plane Index (empty)					
			Level	Marginal	
Producto_1	CentroAcopio_2	Cliente_1	t_1	17399	
			t_2	18241,4875	
			t_3	21442,94	
			t_4	20027,561	
			t_5	20431,955	
			t_6	19656,8665	
			t_7	19589,4675	
			t_8	22656,122	
			t_9	21105,945	
			t_10	22386,526	
			t_11	23835,6045	
			t_12	25318,3825	
	CentroAcopio_3	t_1	50000		
		t_2	50000		
		t_3	50000		
		t_4	50000		
		t_5	50000		
		t_6	50000		
		t_7	50000		
		t_8	50000		
		t_9	50000		
		t_10	50000		
		t_11	50000		
		t_12	50000		
Symbol search					
<input type="text"/>		Reset	<input checked="" type="checkbox"/> Squeeze defaults	Decimals	Search Ordering: 1 2 3 4 5
<input type="text"/>		Sort	<input type="checkbox"/> Squeeze trailing zeroes	<input type="button" value="Max"/>	<input type="button" value="Next"/> <input type="button" value="Prev"/> Data Colors <input type="button" value="None"/>

## CAPITULO IV. análisis de resultados

### Prueba 1 escalabilidad

Este primer modelo se concibe como una prueba de escalabilidad en la cual, se definieron como entidades 5 productores, 3 centros de acopio, 3 Clientes, 2 productos y 3 periodos de tiempo. Con la finalidad de comprobar la lógica de la formulación y observar las variables de salida. El modelo permite determinar las cantidades a enviar teniendo en cuenta la demanda de los clientes, tomando en consideración los costos de transporte, producción e inventario en que se incurren en cada una de las etapas, asimismo, permite establecer cuales centros de acopio entraran a operar en cada periodo tiempo teniendo en cuenta que los

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

productores pueden enviar a un solo centro de acopio y tomando en consideración penalizaciones por la demanda insatisfecha.

Por otra parte, dado que se están utilizando estancias de prueba, se realizan las corridas con datos artificiales y se obtiene la siguiente configuración:

PRODUCTORES-ACOPIO			t_1	t_2	t_3
<b>Producto_1</b>	Productor_1	CAcopia_1	40	20	
<b>Producto_1</b>	Productor_1	CAcopia_2	80		
<b>Producto_1</b>	Productor_1	CAcopia_3			80
Producto_1	Productor_2	CAcopia_2	120	130	140
Producto_1	Productor_2	CAcopia_3			140
Producto_1	Productor_3	CAcopia_2		60	
<b>Producto_1</b>	Productor_3	CAcopia_3		100	
<b>Producto_1</b>	Productor_4	CAcopia_1	110	120	80
Producto_1	Productor_4	CAcopia_3	110	120	
<b>Producto_1</b>	Productor_5	CAcopia_1			100
Producto_1	Productor_5	CAcopia_2			60
Producto_1	Productor_5	CAcopia_3	40		
<b>Producto_2</b>	Productor_1	CAcopia_1		80	45
Producto_2	Productor_1	CAcopia_2		80	
<b>Producto_2</b>	Productor_1	CAcopia_3		80	
<b>Producto_2</b>	Productor_2	CAcopia_1		60	
<b>Producto_2</b>	Productor_2	CAcopia_2	10		
<b>Producto_2</b>	Productor_2	CAcopia_3	40		80
Producto_2	Productor_3	CAcopia_1	50		100
Producto_2	Productor_3	CAcopia_2		20	100
Producto_2	Productor_3	CAcopia_3	80		
<b>Producto_2</b>	Productor_4	CAcopia_2	30		
<b>Producto_2</b>	Productor_4	CAcopia_3	30		50
Producto_2	Productor_5	CAcopia_3	50	20	15

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

Se obtuvieron las funciones objetivo por periodo de tiempo y la global, así como los costos de inventario, producción y transporte, teniendo en cuenta el comportamiento del modelo se evidencio que la solución óptima no considera inventario de productos en ningún periodo de tiempo y considera la apertura de todos los centros de acopio en todos los periodos. De igual manera, con la capacidad establecida para cada uno de los productores, se logra satisfacer la demanda de cada uno de los productos, se evidencia que, al definir la capacidad de los centros de acopio, se decide dar apertura los tres para darle cumplimiento a los requerimientos de los clientes.

La configuración del envío de los centros de acopio hacia los clientes queda distribuida de la siguiente manera:

Acopio-Cliente			t_1	t_2	t_3
<b>Producto_1</b>	CAcopia_1	Cliente_1			180
Producto_1	CAcopia_1	Cliente_3	150	140	
<b>Producto_1</b>	CAcopia_2	Cliente_1		190	
<b>Producto_1</b>	CAcopia_2	Cliente_2			200
Producto_1	CAcopia_2	Cliente_3	200		
<b>Producto_1</b>	CAcopia_3	Cliente_1		220	
<b>Producto_1</b>	CAcopia_3	Cliente_2	150		220
Producto_2	CAcopia_1	Cliente_3	50	140	145
Producto_2	CAcopia_2	Cliente_2		100	
<b>Producto_2</b>	CAcopia_2	Cliente_3	40		100
Producto_2	CAcopia_3	Cliente_1	200	100	145

### Prueba 2

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

Para esta prueba de funcionalidad se realizó la corrida con un mayor número de entidades, las cuales fueron recopiladas de la información real de la base de datos enmarcada en el proyecto, en este caso se establecieron 24 productores para el departamento de Córdoba 3 centro de acopio , considerando uno por sub región , 1 cliente concebido como la plataforma de comercio electrónico localizada en Monteria, considerando el flujo unidireccional en la red, tomando como variables binarias la apertura de los centros de acopio yo la asignación de cada productor a un centro de acopio en particular. Se definieron 2 tipos de productos que se mueven en la red para un horizonte de 12 meses.

Con la corrida del modelo se obtuvieron , las funciones objetivo por mes y una global la cual representa el costo total de la cadena en el horizonte de tiempo establecido de \$1.614.278.081 la cual se encuentra constituida por todos los costos asociados a la red , dentro de los cuales se detallan los costos de producción, transporte, fijos y variables de los centros de acopio; sin embargo, el costo de inventario fue nulo dado que en la solución obtenida no se hizo necesario tener un nivel de inventario. Por otra parte, se contempló tener la misma capacidad en los 3 centros de acopio, motivo por el cual, el modelo arrojo que solo se debería operar dos de ellos centro . A continuación, se muestra el flujo de cantidades desde cada uno de los productores a los centros de acopio, cabe aclarar que no todos los productores tienen la misma capacidad ni ofrecen las mismas cantidades de los dos productos.

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

Envío productores- Centros de acopio			t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_10	t_11	t_12
Producto_1	Productor_1	CentroAcopio_2	1739	6541					1958				2655,	1841
			9						9			6		8
Producto_1	Productor_1	CentroAcopio_3	3390	1802	2450	6020	12020	3390	3390	3170	3390	1862	22700	2450
			0	0	0			0	0	0	0	0		0
Producto_1	Productor_2	CentroAcopio_2					451,95			6000				6000
							5							
Producto_1	Productor_2	CentroAcopio_3	6000	6000	6000	6000							6000	6000
Producto_1	Productor_3	CentroAcopio_3	1800	1800			1800	1800		1100				1800
Producto_1	Productor_4	CentroAcopio_2			900	900					900	900	900	900
Producto_1	Productor_4	CentroAcopio_3	900	900	900	900	900	800				900	900	900
Producto_1	Productor_1	CentroAcopio_2			4500	4500	4500	4500		3576	4500	4500	4500	
Producto_1	Productor_1	CentroAcopio_3		4500			4500	4500						
Producto_1	Productor_1	CentroAcopio_2		1170				1170		1170		1207		
			0					0		0				
Producto_1	Productor_1	CentroAcopio_3				11700	11700					1170		
Producto_1	Productor_1	CentroAcopio_2										0		
Producto_1	Productor_1	CentroAcopio_6			262,9									
Producto_1	Productor_1	CentroAcopio_3	3300	3300	3300	3300	3300			3300	3300	3300	3300	3300



**El conocimiento  
es de todos**

Minciencias



## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

Producto_1	Productor_2 0	CentroAcopio_2			1500 0	13848	15000	2977			1492 6	1500 0	15000	
<b>Producto_1</b>	Productor_2 0	CentroAcopio_3	3320	1500 0	1500 0	15000	15000	1500 0	1500 0	1500 0	1232 0	1500 0	15000	1500 0
Producto_1	Productor_2 1	CentroAcopio_2			480	480	480	480		480	480	480	480	
<b>Producto_1</b>	Productor_2 1	CentroAcopio_3	480	480		480	480				480	480		
<b>Producto_1</b>	Productor_2 3	CentroAcopio_2			300	300					300	300	300	
<b>Producto_1</b>	Productor_2 3	CentroAcopio_3	300		300	300	300	300					300	300
Producto_2	Productor_5	CentroAcopio_3	1855	1855	1855	1855	1855	1855	1855	1855	1855	1855	1855	1855
Producto_2	Productor_6	CentroAcopio_3	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630
Producto_2	Productor_7	CentroAcopio_3	1020		1020	1020	1020		1020	1020		1020	1020	1020
Producto_2	Productor_8	CentroAcopio_3	2211		373,2	2700		504,5	2700	2700	2700	2700	2700	2700
Producto_2	Productor_9	CentroAcopio_3	1420	1420	1420	1420	1420	1420	1420	1420	1420	1420	1420	1420
Producto_2	Productor_10	CentroAcopio_3	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	1877	3600	3600	3600	3600
Producto_2	Productor_11	CentroAcopio_3	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4285	4500	4500	4500



El conocimiento  
es de todos

Minciencias



## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

Producto_2	Productor_13	CentroAcopio_3	4500	4300	4500	1468,9	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	3363,7	4500
Producto_2	Productor_14	CentroAcopio_3	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
Producto_2	Productor_15	CentroAcopio_3	2100	2100	2100	2100	2100	2100		2100	2100	2100	2100	2100	2100
Producto_2	Productor_17	CentroAcopio_3	3840	3840	3840	3840	3840	3840	3840	3840	3840	3840	3840	3840	3840
Producto_2	Productor_18	CentroAcopio_3	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	542,7	2400	2001	
Producto_2	Productor_19	CentroAcopio_3	1260	1260	1260	1260	1260	1260	1260	1260		1260	1260	1260	
Producto_2	Productor_21	CentroAcopio_3	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Producto_2	Productor_22	CentroAcopio_3	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
Producto_2	Productor_23	CentroAcopio_3		2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
Producto_2	Productor_24	CentroAcopio_3		1450	1450	1450	1320,12	1450	300,9	1450	1450	1450	1450	1450	1450

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

Por otra parte, el flujo enviado desde cada uno de los centros de acopio hacia su respectivo cliente, se configuro de la siguiente manera:

Acopio-Cliente			t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_10	t_11	t_12
Producto_1	CentroAcopio_2	Cliente_1	17399	18241	21443	20028	20432	19657	19589	22656	21106	22387	23836	25318
Producto_1	CentroAcopio_3	Cliente_1	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000
Producto_2	CentroAcopio_3	Cliente_1	33536	33955	35548	34844	35045	34659	34626	36152	35380	36018	36739	37476

## CAPITULO V. Conclusiones

En el marco de este proyecto, hemos abordado el diseño de la cadena de suministro mediante modelos de optimización con el objetivo principal de minimizar los costos logísticos. Durante el desarrollo de la investigación, se ha propuesto un modelo de programación lineal

## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

entera mixta (MILP) que considera tanto el flujo de productos a lo largo de la cadena en cada nodo como el nivel de inventario en cada periodo de tiempo.

Los resultados obtenidos a través de la implementación del modelo MILP han demostrado su efectividad para abordar el problema de asignación de cantidades a entregar en una red que involucra a productores, centros de acopio y clientes. La consideración de múltiples periodos en el horizonte de planeación permite un análisis más exhaustivo y una mejor planificación estratégica.

La aplicación del enfoque orientado al escenario de mejora proporciona una visión realista de las posibles situaciones y permite orientar las decisiones hacia la optimización de la cadena de suministro. Los resultados obtenidos muestran cómo ajustar las cantidades a entregar en cada periodo para alcanzar una reducción significativa en los costos logísticos.

Es importante destacar que la utilización de modelos de optimización en el diseño de la cadena de suministro ha demostrado ser una herramienta poderosa y versátil. La capacidad para considerar múltiples variables y restricciones complejas ha llevado a la obtención de soluciones más eficientes desde el punto de vista económico.



El conocimiento  
es de todos

Minciencias



## FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Fortalecimiento de la capacidad productiva y comercial de la cadena de suministro del Queso Costeño en las Subregiones del Caribe colombiano (departamentos del Magdalena, Córdoba y La Guajira)**

### INSUMO TÉCNICO: INFORME DE ACTIVIDADES Y DE GESTIÓN

En síntesis , los resultados obtenidos a través del modelo MILP aplicado a nuestro escenario específico brindan una base sólida para la toma de decisiones informadas y estratégicas en la gestión de la cadena de suministro. A medida que se continúa investigando y refinando estos modelos, podemos esperar mejoras continuas en la eficiencia y la rentabilidad de la cadena de suministro, lo que se traduce en beneficios significativos para las partes interesadas