

**ANÁLISIS DEL NIVEL LOGÍSTICO DE LOS NODOS DE COSECHA Y
TRANSFORMACIÓN DE LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES CAFETEROS
DE LA PROVINCIA DE LENGUPÁ - BOYACÁ.**

**BRAYAN FERNANDO GIRALDO CHAPARRO
GABRIEL VARGAS ARIAS**

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO SEDE DUITAMA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DUITAMA-BOYACÁ**

2020

**ANÁLISIS DEL NIVEL LOGÍSTICO DE LOS NODOS DE COSECHA Y
TRANSFORMACIÓN DE LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES CAFETEROS
DE LA PROVINCIA DE LENGUPÁ - BOYACÁ.**

**BRAYAN FERNANDO GIRALDO CHAPARRO
GABRIEL VARGAS ARIAS**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO
DE PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Director del trabajo:
JAIMER TRUJILLO MANRIQUE**

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO SEDE DUITAMA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DUITAMA-BOYACÁ**

2020

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Duitama

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, a mis padres, Jesús Fernando Giraldo y Nelly Maritza Chaparro, por ser ese apoyo incondicional durante este camino de aprendizaje, de pruebas y dificultades, por estar presentes y permitirme evolucionar académica y personalmente, cada paso en mi vida será siempre gracias a ellos.

Brayan Giraldo

Dedico este trabajo a Dios en primer lugar por las bendiciones que he recibido, por darme la oportunidad de poder culminar este largo camino para la mejora y evolución de mi vida académica, a mi madre Elisenia Arias, por ser mi pilar, mi apoyo, mi norte en este tan difícil camino, por ser mi luz y mi apoyo, por ser siempre mi razón más importante para seguir adelante y ser quien más lucho por mi futuro, todo siempre será gracias a ella.

Gabriel Vargas

AGRADECIMIENTOS

Como autores de este proyecto de investigación agradecemos primero a Dios por guiarnos y bendecirnos en este camino y en nuestro proceso como profesionales, a las personas que con mucha fraternidad nos dieron su tiempo y ayuda para poder avanzar en este proyecto, especiales agradecimientos a Don Richard y Don Héctor, quienes con amabilidad nos aportaron vital información y nos dieron un poco de su tiempo para generar conocimiento en el tema y el arte de ser caficultor, a nuestras familias que siempre nos acompañaron y nos apoyaron de la mejor manera cuando las cosas se veían con dificultades, a ingenieros y profesores que nos brindaron su ayuda y asesoría para corregirnos y guiarnos por el mejor camino y a nuestros compañeros, amigos y colegas que estuvieron con nosotros en todo este tiempo y los cuales compartieron con nosotros momentos valiosos. A la universidad Antonio Nariño por brindarnos ese espacio de conocimiento, de conocer gente tan espectacular, personas de las que aprendimos el arte de ser un gran profesional, y un buen ingeniero industrial.

TABLA DE CONTENIDO

1. ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO	20
1.1. CONTEXTO.....	20
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	26
2.2. JUSTIFICACIÓN.....	26
3. OBJETIVOS	28
3.1. GENERAL	28
3.2. ESPECIFICIOS	28
4. MARCO TEÓRICO.....	29
4.1. CADENA DE SUMINISTRO	29
4.2. LOGÍSTICA	31
4.3. GAMS (GENERAL ALGEBRAIC MODELING SYSTEM).....	32
4.4. MARCO CONCEPTUAL.....	34
5. METODOLOGÍA.....	35
5.1. TIPO DE ESTUDIO.....	35
5.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN – FASES.....	36
5.3. FUENTES DE INFORMACIÓN	37
6. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS LOGÍSTICO DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE LOS NODOS DE COSECHA Y TRANSFORMACIÓN DE PEQUEÑOS PRODUCTORES	38

6.1. PROCESO PRODUCTIVO.....	38
6.2. FLUJO DE PROCESO (COSECHA)	42
6.3. FLUJO DE PROCESO (TRANSFORMACIÓN)	43
6.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE LA CADENA DE SUMINISTRO.....	44
6.4.1. Producción en campo	44
6.4.2. Etapa de cosecha y transformación.....	46
6.4.3. Procesos internos externo que afectan el producto	55
6.5. CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS LOGÍSTICOS DE LOS NODOS DE COSECHA Y TRANSFORMACIÓN DE PEQUEÑOS PRODUCTORES	60
6.5.1. información general de la cadena de suministro del café	60
7. RECOLECCIÓN DEL CAFÉ, ACTORES INVOLUCRADOS EN LA LOGÍSTICA DEL CAFÉ.....	64
7.1. PRONOSTICOS	64
7.1.1. Fuente de la información.....	65
7.1.2. Métodos de pronostico.....	66
7.1.3. Pronósticos para cosecha.....	69
7.2. DISTRIBUCIÓN DE LA COSECHA.....	81
7.3. PRODUCCIÓN DE CAFÉ POR LOTE	84
7.4. RECOLECTORES POR ÁRBOL.....	84
7.4.1. En que consiste el método mejorado.....	86
7.5. IMPLEMENTOS DE RECOLECCIÓN	92

7.6. RECOLECCIÓN	97
7.7. TRANSPORTE	98
8. PROPUESTA DE MODELO PARA LOS NODOS DE COSECHA Y TRANSFORMACIÓN.....	99
8.1. METODOLOGÍA DE MODELACIÓN	99
8.2. DISTRIBUCIÓN LOGÍSTICA.....	99
8.3. IDENTIFICACIÓN DE IMPLEMENTOS LOGÍSTICOS DENTRO DE LOS NODOS DE COSECHA Y TRANSFORMACIÓN	102
8.3.1. Materiales directos e indirectos nodos de cosecha y transformación.	103
8.4. ETAPAS DENTRO DEL PROCESO	104
8.4.1. Germinador y almacigo	104
8.4.2. Etapa de siembra	108
8.4.3. Etapa de crecimiento y producción	109
8.4.4. Etapa de cosecha	110
8.4.5. Tablas de costos de implementos y mano de obra actuales.....	111
8.5. FORMULACIÓN MODELO GENERAL.....	117
8.5.1. Censo de fincas y muestreo del modelo inicial.	119
8.5.2. Rutas entre centros de acopio interno y externo	121
8.5.3. Modelado en GAMS para distancia mínima.....	127
8.5.4. Análisis de resultados actuales.	129
8.6. PROPUESTA A PARTIR DE EVALUACIÓN DE ESCENARIOS.....	132
8.6.1. Escenarios de producción.....	134

8.6.2.	Modelación con vehículo estándar y vehículo propuesto.....	136
8.6.3.	Modelación de escenarios de producción.....	137
8.7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS PROPUESTOS	139
8.7.1.	Análisis de desempeño del transporte	140
8.7.2.	Análisis de resultados a partir de la cadena de suministro	141
9.	CONCLUSIONES.....	143
10.	RECOMENDACIONES	146
11.	BIBLIOGRAFIA.....	147

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Cuadro de control comité de Boyacá.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 2. Nivel de riesgo y opción de manejo.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 3. Principales cultivos área sembrada en el departamento de Boyacá.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 4. Principales municipios por área sembrada en Boyacá</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 5. Estadística descriptiva café cosechado</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 6. Cantidad de variedad de café en la cosecha final</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 7. Estadística descriptiva cantidad por variedad en cosecha final.</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 8. Gastos de transporte</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 9. Estadística descriptiva gastos de transporte.</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 10. Estadística descriptiva salario del jornalero</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 11. Estadística descriptiva para entrada de cargas</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 12. Constantes durante el proceso.</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 13. Distribución maduración de café</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 14. Métodos de recolección por hectárea</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 15. Ciclos básicos de movimientos de las manos</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 16. Número de costales propuestos por hectárea</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 17. Ficha técnica costal cafetero</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 18. Ficha técnica coco recolector cafetero</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 19. Ficha técnica “manga” recolector</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 20. Condiciones de vías provincia de Lengupa</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 21. Materiales directos e indirectos usados en la fabricación del germinador.</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 22. Materiales usados en la siembra de cultivos de café</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 23. Materiales utilizados en el crecimiento y producción de café.....</i>	<i>110</i>

<i>Tabla 24. Materiales usados en la cosecha de café</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 25. Costos etapa de cultivo</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 26. Costos etapa de transformación</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 27. Costos para control sanitario.....</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 28. Costos durante la cosecha</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 29. Número de caficultores y hectáreas sembradas de café en Lengupa.</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 30. Mapeo de rutas a centros de acopio</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 31. Promedio de producción</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 32. Solución del modelo orígenes y destinos</i>	<i>130</i>
<i>Tabla 33. Escenarios de producción y numero de sacos posible</i>	<i>135</i>
<i>Tabla 34. Resumen modelo de escenarios de producción con alternativa</i>	<i>137</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Balance cafetero mundial</i>	20
<i>Figura 2. Cuadro de producción principal</i>	23
<i>Figura 3. Proceso productivo – cosecha, transformación, distribución.</i>	23
<i>Figura 4. Problemas logísticos</i>	25
<i>Figura 5. Etapas de la cadena de suministro</i>	29
<i>Figura 6. Tipos de relaciones en cadenas de suministro</i>	30
<i>Figura 7. Logística en la cadena de suministro</i>	31
<i>Figura 8. Riesgos proceso productivo y comercialización</i>	55
<i>Figura 9. Municipios en Boyacá con área sembrada de café</i>	63
<i>Figura 10. Función de distribución para la cosecha</i>	70
<i>Figura 11. Conversión café cereza a café pergamino</i>	78
<i>Figura 12. Mapa de cosechas en Colombia</i>	82
<i>Figura 13. Recolección por surco</i>	86
<i>Figura 14. Movimientos descendentes en el árbol</i>	87
<i>Figura 15: Inicio de recolección en árbol</i>	87
<i>Figura 16. Movimiento estándar de recolección por rama.</i>	88
<i>Figura 17. Movimientos de recolección con base en madures del grano.</i>	89
<i>Figura 18. Posturas adecuadas para la recolección</i>	90
<i>Figura 19. Zonas de desplazamiento del cuerpo.</i>	90
<i>Figura 20. Evolución de maduración del grano</i>	97
<i>Figura 21. Distribución logística puntos de acopio interno y externo</i>	100
<i>Figura 22. Distribución de rutas centro de acopio interno – externo – procesamiento</i>	102

<i>Figura 23. Escenarios posibles</i>	127
<i>Figura 24. Asignación de cargas promedio a centros de acopio</i>	129
<i>Figura 25. Resultados escenario actual</i>	131
<i>Figura 26. Distribución de probabilidad perfil de producción</i>	132
<i>Figura 27. Comportamiento general histórico en Colombia</i>	133
<i>Figura 28. Densidad de probabilidad bajo simulación de Montecarlo</i>	134
<i>Figura 29. Comparación de costos de vehículos</i>	139

LISTA DE DIAGRAMAS

<i>Diagrama 1. Flujo de proceso</i>	40
<i>Diagrama 2. Actividades con simbología ASME.</i>	41
<i>Diagrama 3. Flujo de proceso (cosecha)</i>	42
<i>Diagrama 4. Flujo de proceso (transformación)</i>	43

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación	Descripción
1	<i>Termino para la ponderación en el periodo t.....66</i>
2	<i>Ponderación para la tendencia en el periodo t.....66</i>
3	<i>Componente estacional en el periodo t66</i>
4	<i>Valor ajustado de un periodo adelante en el tiempo t.....66</i>
5	<i>Pronostico suavizado exponencialmente con la serie.....68</i>
6	<i>Pronostico de la demanda con tendencia.....68</i>

ANEXOS

Anexo A. Calculo de pronósticos cantidad cosechada por hectárea

Anexo B. Calculo de pronósticos gastos de transporte

Anexo B. Calculo de pronósticos salario del jornalero

Anexo D. Calculo de pronósticos entrada de cargas a centros de acopio

Anexo E. Encuesta pequeños productores entregada por semillero

RESUMEN

El café a lo largo de la historia nacional ha sido fuente de ingresos y de los principales indicadores de exportación del país, conocido por su aroma, sabor y variedad, (Gutiérrez, 2015) ahora bien, la producción de este grano se ha vuelto un motor de desarrollo para la provincia de Lengupá y los municipios que la conforman, siendo de las primeras zonas en impulsar los cultivos de café en el departamento, sin embargo, presenta una gran deficiencia como lo es la poca generación de utilidad para sus cultivadores, y los altos costos inmersos en el proceso para la generación de resultado (Hernández, 2018), esta investigación tiene como objetivo el diseñar y probar un modelo logístico para los dos primeros nodos del proceso (Cosecha y transformación), un modelo que permita integrar la capacidad de producción de la región, verificando sus procesos así como condiciones clave en el proceso. Para la construcción del modelo se realizará la caracterización de sus procesos logísticos, identificando la estructura de la cadena conformada por proveedores, cultivadores y productores, evaluando los procesos que van desde la siembra, tratamiento y posterior entrega a centros de acopio, (suministros, transporte, capacidad de almacenamiento, métodos de cultivo y tratamiento, especialmente de café tradicional, Se usarán herramientas como GAMS, así como métodos de costeo de proceso y herramientas matemáticas para de analizar la situación, esto con el fin de diseñar, evaluar y probar el modelo, esperando conseguir mejoras como la reducción de costos y una nivelación adecuada de su proceso productivo, además de poder brindar una herramienta de guía y orientación para los interesados en este sector.

Palabras clave: Modelo logístico, cadena de suministro, café, provincia de Lengupá

SUMMARY

Throughout national history, coffee has been a source of income and of the country's main export indicators, known for its aroma, flavor and variety (Gutiérrez, 2015), however, the production of this bean has become a Development engine for the province of Lengupa and the municipalities that comprise it, being one of the first areas to promote coffee crops in the department, however, it presents a great deficiency, this being the little generation of utility for its growers, and the high costs immersed in the process for the generation of results (Hernández, 2018); This research aims to design and test a logistics model for the first two nodes of the process (Harvest and transformation), a model that allows integrating the production capacity of the region, verifying its processes as well as key conditions in the process such as it is the weather. For the construction of the model, the characterization of its logistics will be executed, identifying the structure of the chain made up of suppliers, growers and producers, evaluating the processes that go from planting, treatment and subsequent delivery to collection centers, (supplies, capacities of suppliers, transport, storage capacity, cultivation and treatment methods, both organic and traditional coffee). Tools such as GAMS or SCOR will be used, as well as process costing methods and mathematical tools capable of analyzing the situation, this in order to design, evaluate and test the model, hoping to achieve improvements such as cost reduction and adequate leveling of its production process, in addition to being able to provide a guide and orientation tool for those interested in this sector.

Keywords: Logistic model, supply chain, coffee, Lengupa province

INTRODUCCIÓN

Ante la evolución en el desarrollo, las prácticas de mejora continua y la implementación de la calidad, nace la logística, esta actividad que requería habilidades y conocimientos específicos para ser mejor que la competencia (TRANSEOP, 2019). ella aplicada en diversos escenarios, permite analizar variables y mejorar su cadena de suministro.

El cultivo de café es una actividad de importancia económica y cultural en la provincia de Lengua, esta zona tiene poca exploración en cuanto al análisis y diseño de modelos que mejoren su proceso, para efectuar el reconocimiento logístico, se requiere estudiar la zona e identificar el proceso general del café, se realizó un trabajo desde cero a partir de una metodología propia para la región, iniciando un análisis por observación directa y trabajo de campo para recolección de información, debido a la complejidad del sector.

Para la provincia de Lengua y los municipios que la conforman, la logística es una materia poco estudiada, esta zona presenta dificultades, especialmente para los pequeños productores, quienes tienen poca generación de utilidad, esto principalmente por el costo de la mano de obra, (fundamental para el proceso), insumos y suministros así como el transporte del grano por vías en malas condiciones, a partir de caracterizar su proceso, identificar actores y flujos presentes en su producción durante los nodos de cosecha y transformación, se pudo realizar un diagnóstico y modelo de prueba, que nos permite contemplar que es posible realizar mejoras en su proceso, disminuyendo en parte sus costos para la etapa de transporte brindando, un modelo estándar que puede ser susceptible a mejoras e incorporaciones.

1. ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO

Esta investigación tiene como objetivo principal realizar un análisis de los niveles logísticos presentes en el proceso productivo del café, esto con el fin de diseñar un modelo óptimo que sea capaz de dar solución a algunos de sus problemas, dicho esto, es necesaria la revisión teórica de, investigaciones, conceptos, modelos, metodologías entre otros temas relacionados con este estudio, que sirvan de guía y fundamento para el desarrollo del proyecto.

1.1. CONTEXTO

El café es uno de los productos característicos colombianos, el cual ha llevado a posicionar a Colombia como uno de sus principales exportadores como se evidencia en la **figura 1** su producción y consumo. Conociendo la importancia de este en el mercado mundial.

Figura 1. Balance cafetero mundial



Fuente: ANIF con base en OIC y USDA (2019)

Colombia principalmente se caracteriza por ser el principal productor de café arábica (ICO, *internacional coffee organization*), su producción alcanzó los 13.8 millones de sacos al año cafetero 2018-2019, produciéndose un aproximado de 19.1 sacos/hectárea (ICO, 2019), y una constante alza en su precio, dada la situación económica mundial entre 2019-2020 la producción cafetera en Colombia aumento hasta los 14.3 millones de sacos, producto de las favorables condiciones climáticas. El valor de esa producción podría rondar los \$7.1 billones en 2019-2020 (vs. \$6.4 billones en 2018-2019), equivalente al 0.7% del PIB, siempre y cuando se tenga un repunte del precio internacional hacia los US\$1.1/libra. (Clavijo, 2020), Sin embargo, es importante recalcar los costos de producción en la caficultura colombiana, que producen limitaciones competitivas a lo largo de todo el país, costos concentrados principalmente en, la recolección (39% del total de los costos); la fertilización del cultivo (14%); y el plantado (12%). Costos que afectan en pago a mano de obra e insumos y disminuyen su productividad. (ANIF, 2018)

La provincia de Lengupá está conformada por los municipios de Zetaquirá, Berbeo, San Eduardo, Rondon, Miraflores y Páez todos ellos dedicados a labores de agricultura y ganadería principalmente, según la gobernación de Boyacá, el sector cafetero ha sido gran fuente de impulso para esta región, con cerca de 11.000 caficultores y 2690 hectáreas sembradas, siendo la caficultura la actividad que obtuvo el mayor crecimiento entre 2010-2016, este con un incremento porcentual del (58%) para la provincia de Lengupá. (DANE, 2018). De los caficultores en la provincia, no todos están en convenio con el comité nacional de caficultores, como se muestra en la **Tabla 1**, en revisión de estos pequeños caficultores fuera de la asociación, los cuales pierden una serie de beneficios, que afecta aún más su rentabilidad y sostenibilidad a la hora de entrar en producción.

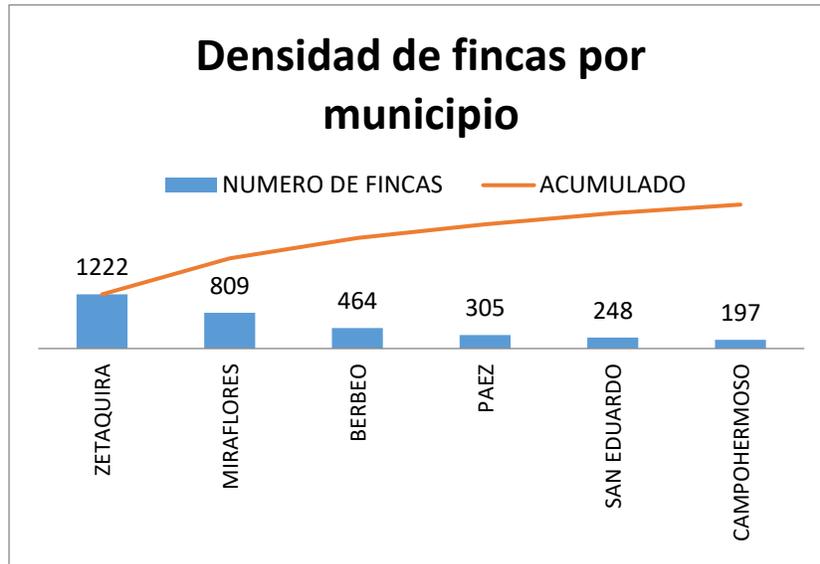
Tabla 1. Cuadro de control comité de Boyacá

CIRCUNSCRIPCIO	MUNICIPIO	CAFICULTORES	NUMERO DE FINCAS	TECNIFICADO ENVEJECIDO (Ha)	TECNIFICADO JOVEN (Ha)	TRADICIONAL (Ha)	TOTAL HECTAREAS	RESISTENTE (HA)	SUSCEPTIBLE (HA)
3	ZETAQUIRA	911	1222	140,76	903,74	112,09	1156,59	808,05	348,54
3	BERBEO	389	464	88,23	309,63	54,82	452,68	258,29	194,39
3	SAN EDUARDO	215	248	33,82	202,14	12,42	248,38	183,39	64,99
3	RONDON	132	149	7,41	113,12	6,72	127,25	99,07	28,18
4	MIRAFLORES	665	809	120,2	637,01	24,38	781,59	520,31	261,28
4	PAEZ	288	305	61,59	252,02	10,35	323,96	203,45	120,51

Fuente: Federación nacional de caficultores (2020)

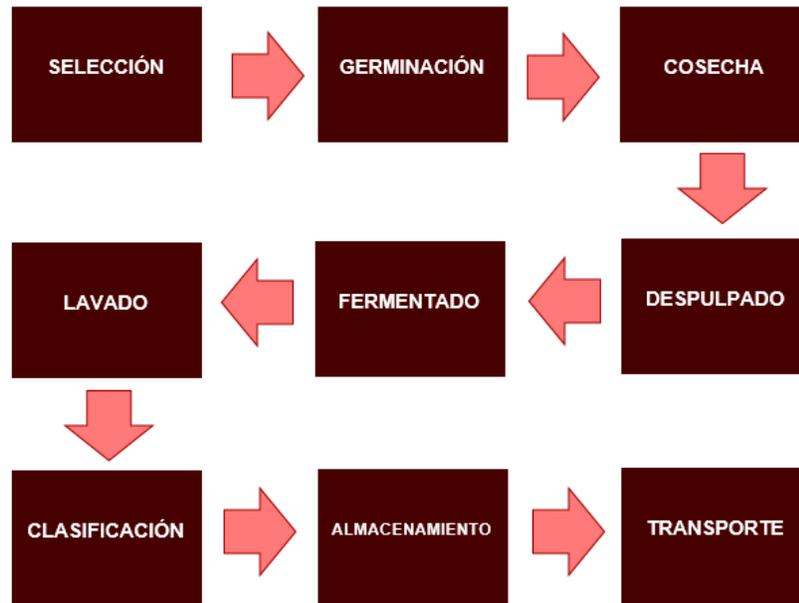
Una vez mencionada la zona de estudio, en la **figura 2** se muestra la densidad de fincas por municipio con el fin de identificar sus mayores representantes, de igual forma en la **figura 3** se desglosa el proceso productivo con el fin de entrar en contexto acerca de la actividad, esta empieza al momento de la selección del grano hasta que este se traslada a centros de acopio para su almacenamiento y posterior distribución.

Figura 2. Cuadro de producción principal



Fuente: Federación nacional de caficultores (2020)

Figura 3. Proceso productivo – cosecha, transformación, distribución.



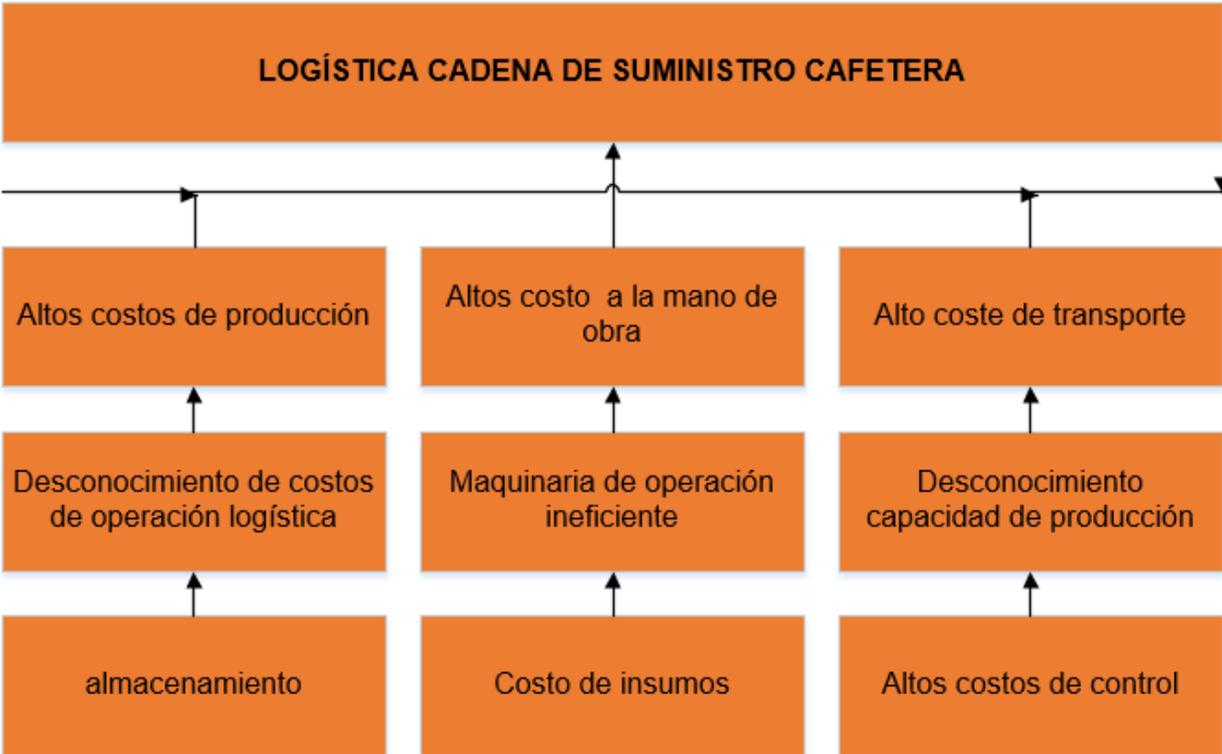
Fuente: Elaboración propia

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la provincia de Lengupa, se identificó por medio de observaciones iniciales, que predominan cultivos con tecnificado joven en un porcentaje superior al 77% (comité departamental de Zetaquirá, 2020), inadecuado manejo de recursos, bajo desarrollo social y profesional de los campesinos, se evidencia baja sostenibilidad de los cultivadores y sobre todo baja rentabilidad, muy poca de la producción del departamento sufre un proceso de transformación y/o de valor agregado, especialmente, el café. La mayoría de las tierras están ubicadas en áreas descuidadas que impiden el trabajo mecanizado y hacen el cultivo excesivamente laborioso, elevando así costos logísticos y obstaculizando la productividad y la rentabilidad, como se observa en la **figura 4** existen problemas en su cadena de suministro, sumado a esto, más del 70% del costo final del café es pago a la mano de obra (Gutiérrez, 2015). En la provincia están presentes dos corrientes de cultivadores, aquellos asociados al comité y otros independientes principalmente en la siembra de café variedad castillo sin embargo también presente variedad caturro, esto genera diferencias de productividad y resistencia a enfermedades, así como un precio de compra distinto en base al factor de rendimiento, En esta zona se maneja el proceso de sembrado, tratamiento, recolectado y secado de manera empírica por sus cultivadores, esta diferencia respecto a otras regiones supone niveles de crecimiento económico diferentes, que afectan directamente a estos pequeños productores, sin embargo, el punto fuerte del café cosechado en Lengupa no es competir en volumen, si no en variedad, elaborar diferentes tipos de café únicos y especiales provenientes de la zona, como es el caso del café bicentenario de Juan Valdez, conmemoración 200 años a los caficultores de Boyacá, una bebida con sabor balanceado, acidez media y cuerpo medio con sabor residual, agradable y prolongado (FNC, 2019), no obstante, esto no favorece a sus cultivadores quienes

invierten en diferentes fertilizantes, abonos, herramientas, personal, insumos y demás equipo necesario para completar su producción, y que al final del ciclo no logran recuperar estos costos y mucho menos generar ganancia (Salazar y Becerra, 2015). Se ve pertinente realizar un análisis de sus niveles logísticos hasta su etapa final de producción y entrega a centros de acopio, con el fin de identificar todas aquellas variables, que intervienen directamente en su configuración y hacen su proceso poco eficiente; Proponer mejoras mediante el diseño de un modelo como herramienta guía, que se espere, brinde una línea logística adecuada, una correcta gestión de sus recursos y más importante aún, una mejor retribución al bolsillo del caficultor.

Figura 4. Problemas logísticos



Fuente: Elaboración propia

2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo el análisis y diseño de un modelo logístico para los nodos de cosecha y transformación reducirá los costos de producción de los pequeños productores cafeteros en la provincia de Lengupa-Boyacá?

2.2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto nace a partir de reconocer la logística como parte fundamental en los procesos productivos siendo un determinante de éxito para las empresas, (Bossio, 2016) al planificar y coordinar la recolección, transformación y venta de un producto, optimizando la utilización de recursos en toda la cadena de suministro llegando a la reducción de costos, un buen manejo logístico puede llegar a convertirse en un aliado imprescindible del sector donde se aplique otorgando múltiples beneficios.

El sector cafetero ha permitido al país tener una presencia permanente en los mercados internacionales, siendo la columna vertebral del comercio exterior colombiano, su producción genero 13.8 millones de sacos para el año cafetero 2017-2018 (Clavijo, 2018), el valor de la cosecha bordeó los \$6.5 billones (0.7% del PIB), el precio interno repuntó a niveles de \$800.000/carga en octubre de 2018, representa casi el 23.4% del PIB agropecuario, aun hoy el café es el principal generador neto de divisas (Gutiérrez, 2017), es la principal fuente de empleo rural, con una demanda de 800 mil empleos directos permanentes (en labores agrícolas) que equivale al 40% del empleo agropecuario. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019) además de actividades como comercialización, trilla, transporte, industrialización y exportación, lo que se traduce en cerca de 1,6 millones de empleos indirectos (MADR, 2019). en Lengupa-Boyacá hay cerca de 2690

hectáreas sembradas de café entre todos sus municipios con cerca de 11.000 caficultores, La actividad representa los ingresos principales para las familias cafeteras y las personas que se vinculan al proceso en épocas de recolección generando dinámica social y económica en la provincia.

Según (Burnson, 2015), Está surgiendo una tendencia prometedora en la cadena mundial de suministro de café que merece reconocimiento, y ya que la provincia de Lengupá es el principal exponente cafetero en el departamento, y una zona en frío sin estudios integrales o modelos aplicados respecto a este sector, el análisis y diseño de un modelo ajustado específicamente a ellos se espera, reduzca en cierta medida los costos dentro del proceso mejorando la utilidad al bolsillo campesino y sirva como herramienta de referencia para la correcta gestión y planificación de actividades respecto al manejo de proveedores, cultivos y tratamiento del café.

3. OBJETIVOS

3.1. GENERAL

Establecer un modelo logístico en los nodos de cosecha y transformación para los pequeños productores cafeteros de la provincia de Lengupa-Boyacá, a partir del análisis de su proceso productivo.

3.2. ESPECIFICIOS

- Caracterizar los procesos logísticos en los nodos de cosecha y transformación para los pequeños productores cafeteros de la provincia de Lengupá- Boyacá.
- Identificar los actores y flujos presentes en la cadena de suministro de los pequeños productores de Lengupa- Boyacá.
- Proponer un modelo aplicable a los pequeños productores cafeteros de la provincia de Lengupa que presente una mejora en los niveles logísticos de cosecha y transformación.

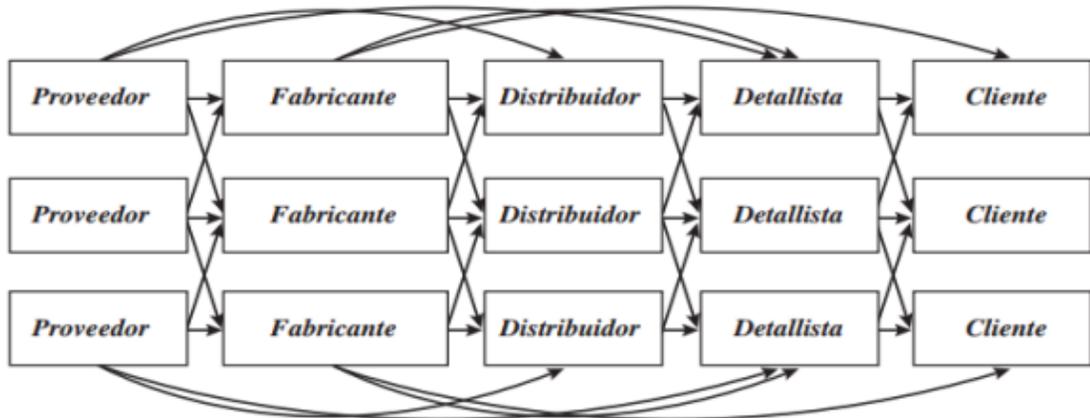
4. MARCO TEÓRICO

4.1. CADENA DE SUMINISTRO

Una cadena de suministro es la que involucra los procesos de manera directa o indirecta la cual lleva a la satisfacción del cliente por parte de una demanda producida, la cual también hace parte la información de todo el proceso, canales de comunicación, canales de distribución, los proveedores designados, como se observa en la **figura 5** las etapas desde el inicio de la cadena hasta el cliente final. (Layden, 2004).

Las cadenas de suministro generan el valor agregado en los flujos de proceso que sufre la materia prima desde su llegada hasta su transformación final.

Figura 5. Etapas de la cadena de suministro.



Fuente. Chopra y Mendel (2008).

No necesariamente tendrá esa configuración, se debe tomar en cuenta el flujo de procesó como se observa en la **figura 6**, que se debe estar manejando en la cadena en cuestión, tomando en cuenta eso, se conocen tres formas de cadena de suministro que se adecuan a los flujos mencionados.

Figura 6. Tipos de relaciones en cadenas de suministro



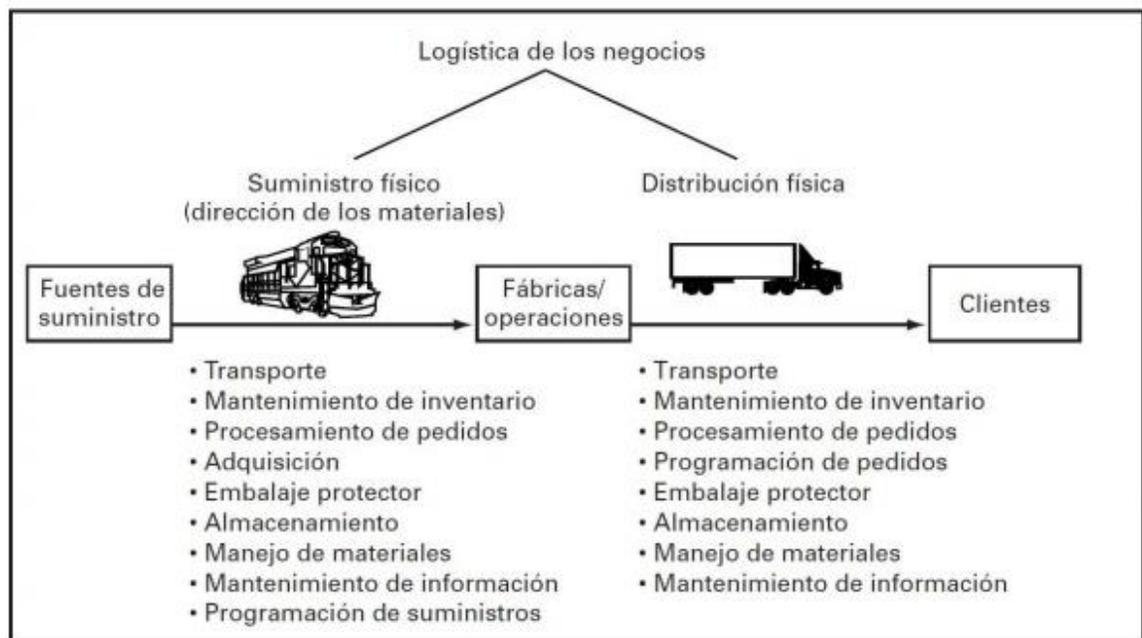
Fuente: Pabón (2018)

Al querer realizar un análisis de la cadena de suministro de los nodos de cosecha y transformación de los pequeños productores de la provincia de Lengupa, no tomamos en cuenta el nodo final el cual es el nodo de clientes, podemos observar con más precisión lo procesos que llevan a cabo con el manejo del café

4.2. LOGÍSTICA

La logística es el valor de operación que se le da a las cadenas de suministro, es decir, los movimientos, la eficiencia, la efectividad y los flujos que se llevan a cabo en la cadena de suministro para darle un valor agregado y asegurar el cumplimiento de todos los procesos, desde su inicio el cual se puede tomar como ejemplo la llegada de la materia prima como se observa en la **figura 7**, el suministro de materia prima hasta su último punto conocido como entrega al cliente, en otros campos y más nombrados a través de la historia, la cual fue la logística en la guerra, para ser más específicos, la segunda guerra mundial (1939-1945) con la invasión de los aliados a Europa, pero se mencione mucho tiempo atrás con los costos de transporte e inventarios, (Pabón, 2018).

Figura 7. Logística en la cadena de suministro



Fuente: Ballou (2004)

4.3. GAMS (GENERAL ALGEBRAIC MODELING SYSTEM)

GAMS (general algebraic modeling system) es un programa creado y desarrollado por A, Brooke, D, Kendrick y A, Meerus a diferencia de otros softwares que usan algoritmos matemáticos, permite dar solución a problemas de optimización, el programa GAMS, permite ofrecer una ventaja de proponer un lenguaje de modelar que permite escribir en un editor la formulación matemática del problema o lenguaje basado en un estilo informático que permite ayudar a resolver un problema matemático (Mocholí, 2015), independientemente de los métodos de soluciones convencional que se relacionan o se asocian con este, los problemas en cuestión son de carácter algebraico al no poder aclarar o especificar problemas de optimización con ecuaciones diferenciales de forma directa, apoyando y visualizando una forma eficaz de obtener una solución más viable a optima a un problema matemático el cual se pueden tener múltiples soluciones donde se debe buscar las mejor solución entre todas ellas.

El software GAMS describe el problema matemático de interés y puede llamar al programa encargado para resolver el caso, siempre teniendo en cuenta y verificando que este en su lista de solucionadores disponibles y teniendo en cuenta que las variables en cuestión tengan solución y que esta solución sea la esperada al problema planteado en principio.

La metodología de uso en GAMS es la de encapsular o enfocar la fase o variable de descripción del problema, dejándola aparte o aislada de la fase de resolución del problema, mientras se resuelvan partes secundarias, estos pueden ser añadidos al entorno GAMS como nuevos tipos de problemas (Mar, 2000), Para poder ejecutar el programa GAMS, se requiere una serie de pasos o etapas.

El primer paso es la búsqueda y la determinación de las variables, datos numéricos y ecuaciones que nos permitan formular nuestro modelo, cuando se estructura el programa se toma en cuenta a los diferentes tipos de variables y relaciones entre ellas para que se pueda relacionar y así se logre desarrollar los principales pasos para poder ejecutar el modelo son las siguientes.

- **Programación Lineal (LP)**, todas las variables son de tipo continuo y solamente se permiten relaciones lineales entre las mismas.
- **Programación Lineal Entera Mixta (MILP)**, las variables pueden ser de tipo continuo o discreto y solamente se permiten relaciones lineales entre las mismas.
- **Programación No Lineal (NLP)**, todas las variables son de tipo continuo y se permiten relaciones lineales y no lineales entre las mismas.
- **Programación No Lineal Entera Mixta (MINLP)**, las variables pueden ser de tipo continuo o discreto y se permiten relaciones lineales y no lineales entre las mismas.

Estas formas de programación se toman en base al requerimiento del modelo, como línea de solución.

4.4. MARCO CONCEPTUAL.

- **PROGRAMACIÓN LINEAL:** “este es un algoritmo en el que se pueden resolver situaciones reales en las que se pretende identificar y resolver problemas para aumentar la productividad respecto a los recursos que son limitados y más costosos, aumentando así los beneficios”. (Salazar, 2019).
- **PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA:** las variables únicamente pueden tomar valores de números enteros. se distinguen dentro de estos los problemas enteros como aquellos en que las variables como todos los coeficientes que están presentes en el problema han de ser enteros. (Rodríguez, 2016).
- **PROGRAMACIÓN LINEAL MIXTA:** Son aquellos en los que hay al mismo tiempo tanto variables continuas y variables fijas que sólo pueden tomar valores enteros. (Rodríguez, 2016).
- **PROGRAMACIÓN NO LINEAL:** es la resolución de un sistema de igualdades y desigualdades que están sujetas a restricciones sobre unas algunas variables reales que son desconocidas, tiene una función objetivo que se desea maximizar, cuando algunas de las restricciones o la función objetivo no presentan linealidad (Taha, 2012).

5. METODOLOGÍA

5.1. TIPO DE ESTUDIO

Este proyecto tendrá una metodología mixta, la cual cuenta con un análisis de datos de forma cuantitativa y datos de forma cualitativa, para desarrollarlo se tomó en cuenta el entorno en el cual debe realizarse el análisis logístico para las etapas productivas y de transporte, así como las características que pueden ser tomadas en cuenta, las cuales pueden ser particulares para la cadena de suministro de los nodos que se están estudiando. Esta metodología es cualitativa por las encuestas, entrevistas, formas en que el café es producido, las formas en que se cuida, se trata y se transporta, de igual el comportamiento de la cadena de suministro para llevar a cabo los procesos productivos de café, identificando su producción y demanda.

Se manejarán datos cuantitativos, ya que se pretende conocer la cantidad de insumos que se usan y son aprovechados, costos que se emplean y que son tomados en cuenta para la producción del café.

La información primaria que se usó es la obtenida de primera mano de modo investigativo en terreno o trabajo de campo, en la cual veremos y seremos testigos del proceso de producción, cómo es el uso y ejecución de la cadena de suministro que están utilizando, los costos actuales que esta presenta y las mejoras que puede obtener.

La información Secundaria que se empleó, es la obtenida de trabajos de investigación relacionados con el tema de producción y cadenas de suministros de café, teniendo bases concretas y de cómo se puede encaminar la investigación con datos verídicos con resultados de investigaciones similares a la nuestra.

5.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN – FASES

- Fase 1: Comprender el problema

La primera parte se analizó a partir de reconocer los dos nodos que serán investigados, los cuales son los nodos de cosecha y transformación, a partir de su método de funcionamiento se buscarán las falencias que esta tiene, primero caracterizando el proceso en los dos nodos reconociendo implementos y materiales para realizar el proceso.

- Fase 2: Solución a partir de la construcción.

En esta fase se analizará el sistema, estructura y organización, así mediante el estudio que se quiere proponer, se podrá organizar la manera en que el modelo se acople de forma eficiente a los requerimientos logísticos que usan los productores de la región de Lengupa, el entorno y las características de esta nos permiten tener una mejor visión para mejorar el proceso y obtener también con este, una reducción en los costos de operación, tal y como lo menciona (Chandra C y Grabis J, 2008) para tener una mejor explicación de la fase se toman los siguientes criterios.

- ✓ Proceso de configuración, en el cual se analiza la información de general de la cadena.
- ✓ Alcance del modelo, es decir ámbito de aplicación.
- ✓ Modelado de la Información, representar el problema de configuración.
- ✓ Disponibilidad de los datos.
- ✓ Plan de toma de decisiones. Situaciones a evaluar y criterios de aceptación.
- ✓ Selección e implementación del modelo.

- ✓ Análisis de los datos de salida.

- Fase 3: Conformación del modelo logístico

De acuerdo a la información analizada y recolectada, la configuración identificada en la fase 2, se usarán herramientas de modelación como la herramienta GAMS, para diseño del modelo que permitan establecer métodos para el transporte de grano principalmente que podrían adoptarse a nivel logístico en su cadena de suministro, esto con el fin de mejorarla y solventar algunos problemas presentes.

5.3. FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la primera fase de investigación se utilizaron fuentes de información secundarias, esto con el fin de conocer el proceso productivo estándar, así como la teoría básica sobre cadenas productivas, cadenas de suministro y modelos logísticos, se utilizaron fuentes reconocidas como URPA – unidad regional de planificación, con el fin de conocer los futuros planes sobre este territorio, MADR- ministerio de agricultura y desarrollo rural, para observar el estado actual de los municipios cafeteros involucrados en el estudio, CENICAFE – centro nacional de investigación de café, este con el fin de caracterizar el proceso y conocer la adopción de técnicas óptimas que se pueden implementar en cualquier cultivo. Así mismo para caracterizar el proceso se recurrirá a fuentes primarias para identificación de capacidades y métodos locales, esto por medio de encuestas (**Anexo E**) y entrevistas a productores, así como observación directa del entorno, esto aplicado a una premuestra especialmente en el municipio de Miraflores esto para conocer términos de calidad, precio y referencia frente al resto del país.

6. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS LOGÍSTICO DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE LOS NODOS DE COSECHA Y TRANSFORMACIÓN DE PEQUEÑOS PRODUCTORES

A continuación, se realizará la identificación de información necesaria para realizar una correcta caracterización de los procesos y actividades que conforman la cadena de suministro del café en sus primeros dos nodos.

6.1. PROCESO PRODUCTIVO

Con el fin de realizar una identificación logística de la cadena de suministro del café en la provincia de Lengupá - Boyacá, es necesario conocer el proceso que corresponde a la cosecha y transformación del grano, todo previo a su distribución y comercialización, se identificaran las actividades como se observa en el **Diagrama 2**, éstas haciendo referencia a cada uno de los procesos presentes en los nodos empezando desde la selección de las mejores semillas, estas preparadas para plantarse y formar el almacigo, (cuadrante de plantación de arboles jóvenes), de estos pequeños arboles depende una producción sana y eficiente, una vez el almacigo está listo tras un tiempo de espera casi exacto, se pasa a la plantación en lugares de siembra previamente preparados, teniendo en cuenta la distancia optima de cada planta de café (siendo esta de un metro), con base a la variedad de café que se quiere conseguir, de igual forma si se quiere conseguir árboles de aspecto alto, bajo o frondoso, lo óptimo considerado según el comité nacional de caficultores es manejar entre 3.300 y 5000 plantas por hectárea.

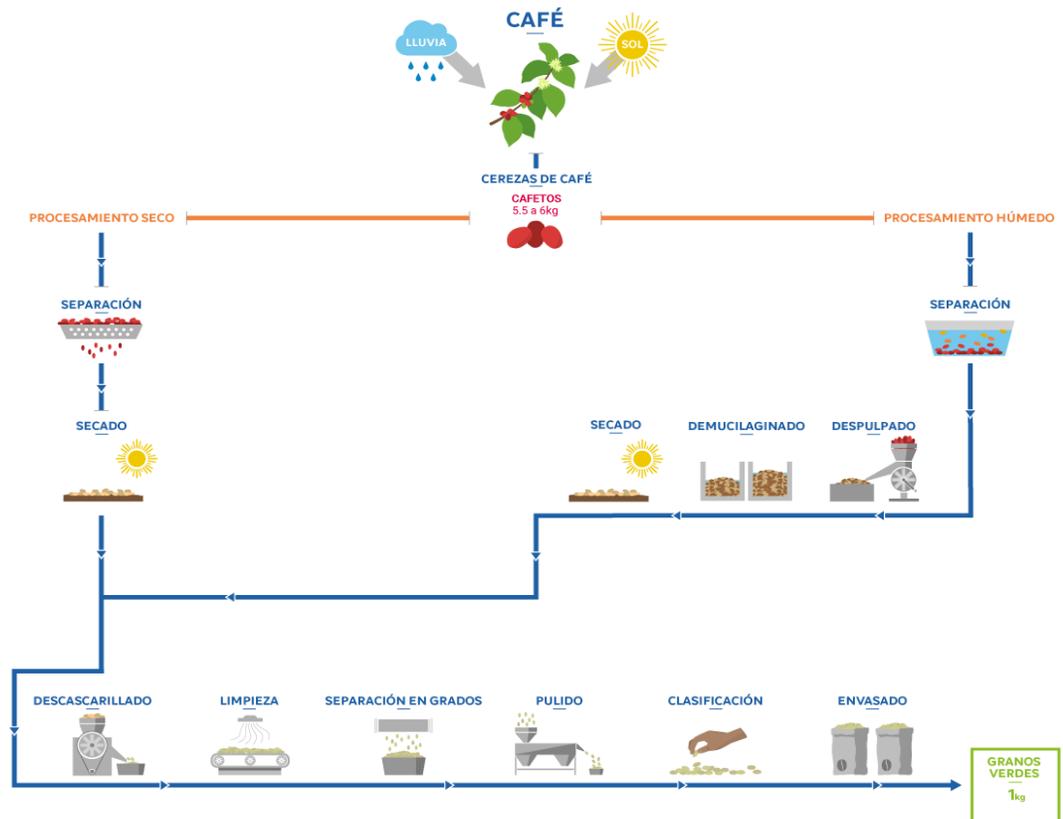
Tras un control estricto de fertilización y nutrición las plantas a los 17-18 meses aproximadamente dan sus primeros granos (cosecha), y su capacidad de

producción suele ser de 3 años a partir de ser sembrado (esto varía con base a condiciones climáticas, suelo y cuidado). La recolección del café se hace de manera manual, seleccionando solo los granos que alcanzaron su punto de maduración óptimo, reconocidos por su característico color para el caso de Boyacá, Antioquia, Eje cafetero y Magdalena la época de cosecha suele estar entre los meses de octubre y enero (CENICAFE, 2019).

En la provincia de Lengupá al igual que en la mayoría de las regiones cafeteras colombianas, sus caficultores usan el beneficiadero tradicional de la despulpadora de tambor, esta debe mantenerse en óptimas condiciones con el fin de obtener un grano de café correctamente despulpado, luego se realiza el proceso de fermentación del café, llevado a cabo en grandes tanques donde se introduce el café despulpado con agua limpia, esto con el fin de descomponer la “miel” o mucilago que recubre el café, este es el proceso clave para lograr la calidad del café y obtener su sabor especial.

Cuando se logra obtener el fruto en la consistencia adecuada se lava inmediatamente, (cada caficultor maneja la forma de lavado diferente, comúnmente frotar los granos entre sí), posterior a eso se seca el café, esto se hace de manera uniforme regándolo sobre una superficie plana, revolviéndolo completamente unas 4 veces al día, secándolo al sol durante 30 horas aproximadamente y dándose por completado su proceso de transformación, a continuación se mostrara el diagrama de flujo de proceso **Diagrama 3** y diagrama de actividades **Diagrama 4** que desglosan el proceso a fácil entendimiento.

Diagrama 1. Flujo de proceso.



Fuente. Sucden, (2019)

Solo algunos pequeños productores cuentan con máquinas de procesado de café, las cuales permiten obtener el producto en su forma final de comercialización, todo en menor escala pero siendo un proceso similar al mostrado en el **diagrama 1**.

Diagrama 2. Actividades con simbología ASME.

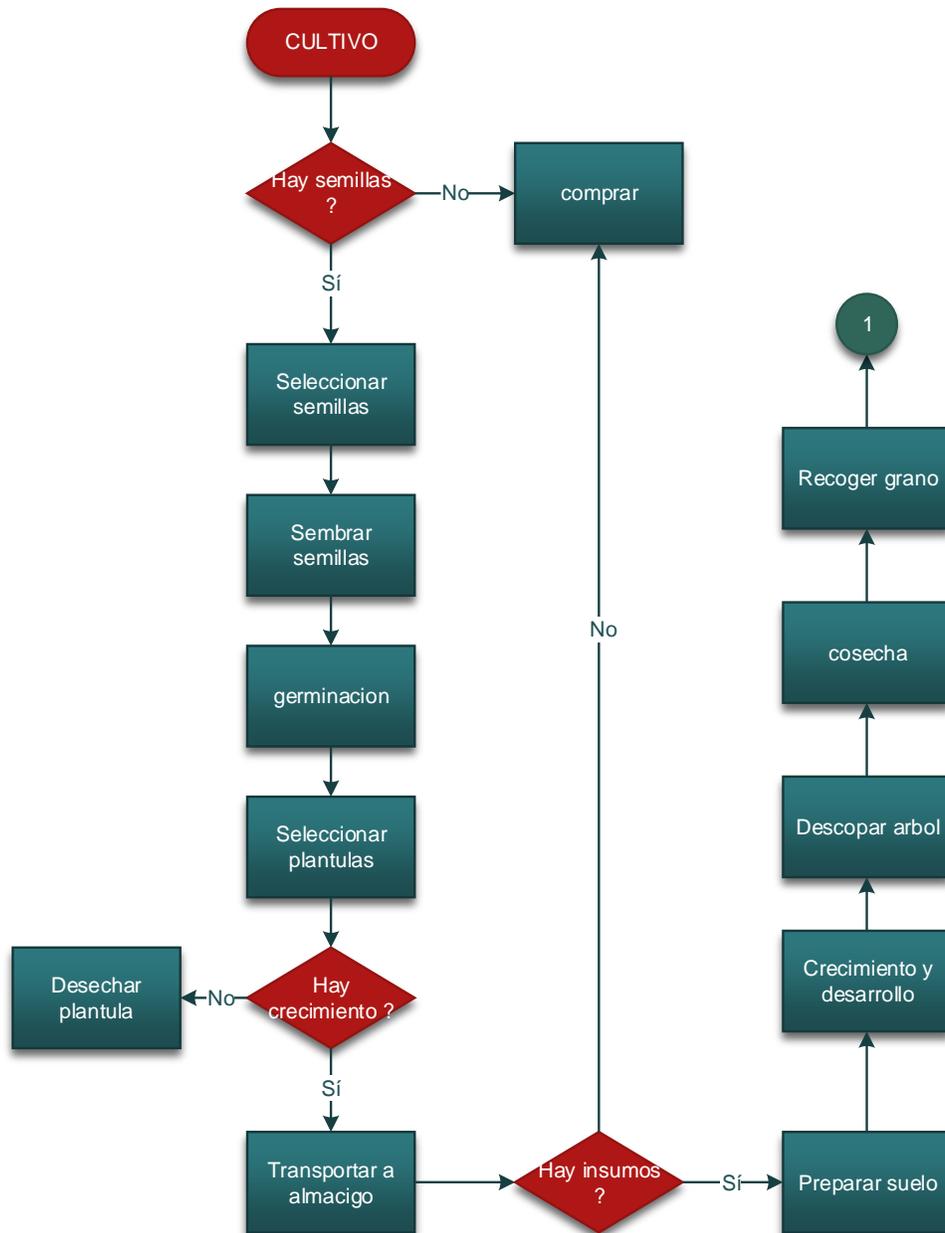
PROCESO PRODUCTIVO DEL CAFÉ (COSECHA-TRANSFORMACIÓN)		○	➡	□	▽	⊐
Nº	DESCRIPCIÓN					
1	adquisición de semillas				●	
2	selección de semillas	●				
3	inspección de calidad			●		
4	transporte de semillas -germinador		●			
5	siembra de semillas	●				
6	crecimiento de la semilla					●
7	selección de planta	●				
8	control de calidad			●		
9	transporte de planta a almacigo		●			
10	siembra de planta (almacigo)	●				
11	desarrollo de planta (aprox 15 cm)					●
12	control de calidad			●		
13	preparación de terreno	●				
14	transporte árbol de café a terreno de cultivo		●			
15	plantación de árbol	●				
16	crecimiento y desarrollo del árbol					●
17	descope del árbol (poda)	●				
18	control de calidad			●		
19	espera de grano					●
20	cosecha	●				
21	transporte de cosecha a beneficiadero		●			
22	despulpado	●				
23	fermentación	●				
24	lavado	●				
25	secado	●				
26	selección de grano	●				
27	control de calidad			●		
28	transporte de grano a empaque		●			
29	almacenamiento de costales (empaque)					●
30	transporte de empaques a vehículo		●			
31	transporte de carga		●			
32	entrega a cooperativa	●				
33	pesado de café	●				
34	clasificación de café	●				
35	aprobación	●				
36	almacenamiento en acopio					●

Fuente: Elaboración propia.

6.2. FLUJO DE PROCESO (COSECHA)

Una vez identificadas las actividades presentes durante el proceso productivo cafetero es necesaria la realización de su diagrama de proceso en la que se evidencien los procesos y respectivas decisiones lógicas a lo largo de la cadena.

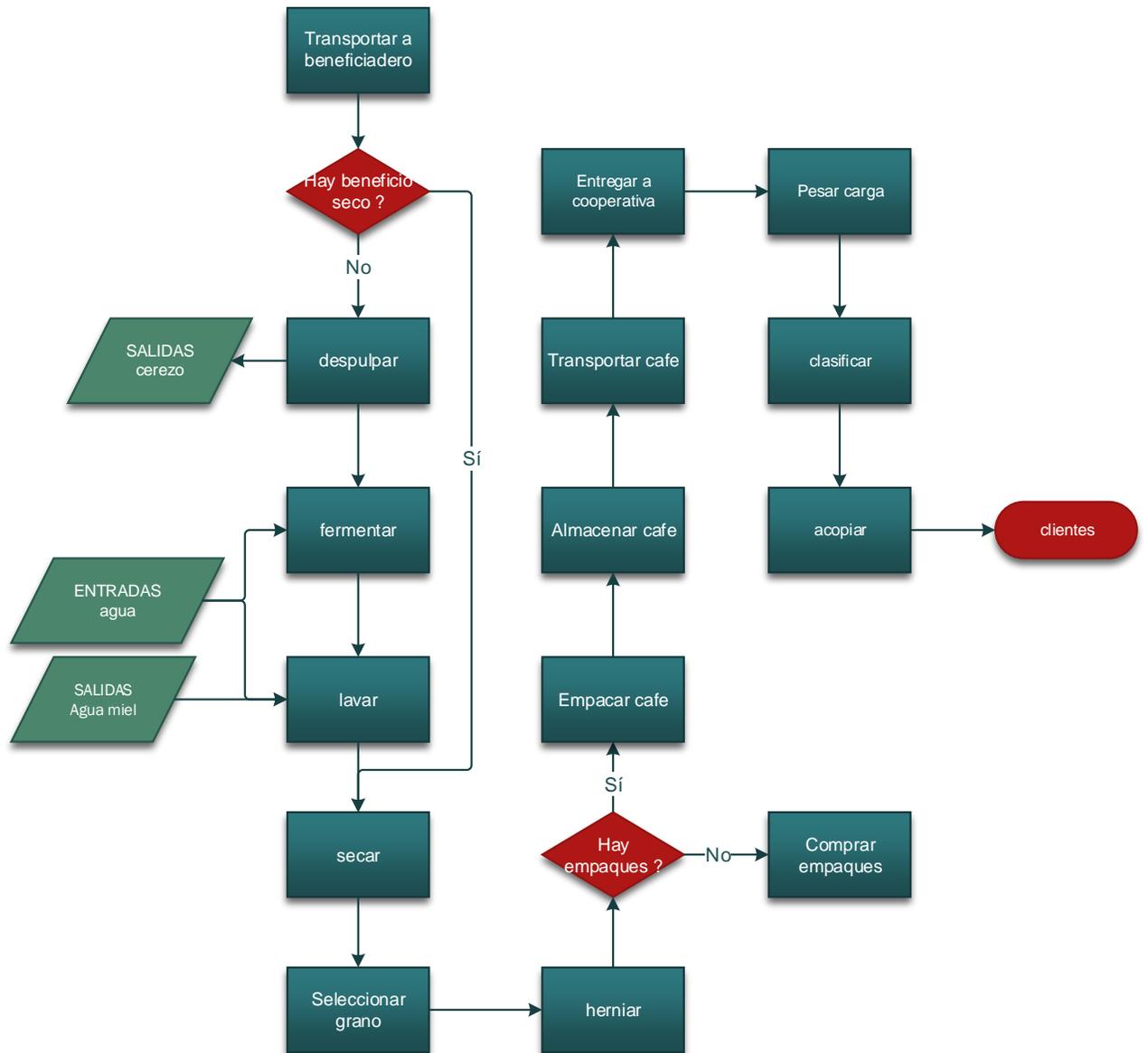
Diagrama 3. Flujo de proceso (cosecha)



Fuente: Elaboración propia

6.3. FLUJO DE PROCESO (TRANSFORMACIÓN)

Diagrama 4. Diagrama de flujo de proceso- transformación



Fuente: Elaboración propia

6.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Compra de materiales: es el proceso mediante el cual se hace la adquisición de todos los materiales, insumos, equipo y herramienta necesaria para iniciar la labor, esto se hace a través de la negociación con terceros.

Recepción de materiales: al momento de recibir los materiales estos son entregados en la finca del caficultor, coste que va a cargo del dueño de cada finca al momento de transportar dicho material.

6.4.1. Producción en campo

Es aquí donde se realizan todo el conjunto de actividades agropecuarias llevadas a cabo por los productores campesinos para la obtención de semilla seca o café castillo, la cual comprende las siguientes actividades:

Adquisición de la semilla: “Aquí inicia el proceso de producción en campo, parte en la que se selecciona la semilla dentro de la variedad de café que existe en (arábigo, caturro, borbón, entre otras), una vez identificado la variedad de la zona (castillo), se buscan los árboles de este tipo y dentro de los árboles más productivos se seleccionan las semillas de las ramas medias del árbol de café.

Siembra: En este proceso, una vez obtenida las semillas se colocan en un germinador, hasta que la semilla se convierta en plántula.

Germinación: En este proceso la semilla crece, hasta convertirse en una pequeña plántula de dos (2) o (3) hojas, esto sucede en un periodo de tiempo de 2 meses y medio aproximadamente (entre 60 - 75 días) de haber sido sembrada la semilla.

Selección plántula: en el momento en que ya puede ser observada la chapola (planta bebe del café), se pasa al proceso de selección, solo se trasplantan las que tengan dos (2) hojas para dar paso a la siguiente actividad terminado su proceso en el germinador.

Trasplante – almacigo: Una vez seleccionada la plántula, se traslada del germinador al almacigo, en esta actividad de re-siembra, se trasladada la planta a una bolsa negra, esta bolsa sirve como protección para la planta, esta persiste entre 150 - 180 días desde la siembra.

Preparación del suelo: la preparación del suelo, se compone de varias actividades, primero se realiza el ahoyado de 30 cm de ancho, 30 cm de largo y, 40 cm de profundidad, luego se agrega el abono correspondiente en cantidades previamente estipuladas, además del arreglo de árboles circundantes dadores de sombra, en caso de que este sea escaso se siembran más árboles como el plátano principalmente, todo esto con el único fin de generar o propiciar las condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas.

Plantación del árbol: Una vez el terreno este en óptimas condiciones es trasladada la planta de café que debe estar entre los 10 – 30 cm de alto, esto debe hacerse antes que la raíz se tope con el fondo de la bolsa del almacigo, puesto que, si esta toca fondo, la raíz se enrolla y tendría que ser desechada, una vez verificado que la

planta cumple con las condiciones se retira la bolsa, para luego hacer la correcta siembra de la planta, esta debe ir en el centro del hoyo cavado, luego se rellena con tierra y se aprieta para lograr un buen anclaje de la planta y así mismo se evita el encharcamiento, y así tener más seguridad en el crecimiento del árbol; en producción convencional se siembran hasta 10.000 plantas por hectárea, es decir de 1 metro por un metro.

Crecimiento y desarrollo: Este proceso tiene dos actividades el descope y el graneado, siendo el descope una actividad que se hace cuando el árbol está en desarrollo y corresponde a cortar la copa del árbol, para que este no siga su crecimiento en altura, sino que empiece a ancharse y de un fruto de mejor calidad, seguido de esto viene el graneado y esta actividad tiene como objetivo la recolección de granos maduros.

6.4.2. Etapa de cosecha y transformación

Cosecha: consiste en recoger solo los granos maduros de las plantas de café, en canastas o recipientes plásticos durante la época de cosecha, también son recogidos los granos que caen de los árboles al suelo para evitar la propagación de plagas.

Despulpado: Esta actividad se realiza, casi de manera inmediata al terminar la recolección de la cosecha, y consiste en la separación de la pulpa del cerezo a través de la despulpadora, esto con el fin de dividir en espacios diferentes las dos cosas, la pulpa va directamente a la alberca para dar paso a otro proceso llamado fermentación y el mucílago o cereza es recolectado y destinado posteriormente para la preparación de abono orgánico seco.

Fermentación: Este proceso es realizado casi al mismo tiempo que el despulpado, dado que, una vez la pulpa o semilla es separada del cerezo, esta cae en un tanque donde se deja fermentar durante determinado tiempo, para dar paso al proceso siguiente que es lavado.

Lavado: Una vez pasada la fermentación que tiene una duración aproximada de 18 a 30 horas, se realiza el lavado que consiste en remojar los granos de café, agregando cantidades estipuladas de agua limpia y abundante, aproximadamente tres veces la proporción de café contenido en la alberca, pasando a ser movidos constantemente por una pala que mezcla los granos llevando el mucilago (capa gelatinosa que se desprende del grano) a desprenderse de la pulpa. Este proceso se realiza de dos (2) a tres (3) veces para garantizar la calidad del café. La duración de cada lavado es de 24 horas.

Recolección de aguas miel: Una vez lavada la pulpa, la miel o melaza de café que desprende es el producto de la extracción y concentración de los jugos azucarados. Esto depende de cada caficultor se decide recogerlas o no, pero es conocido que pueden ser destinadas a la preparación de fertilizantes y humedecedores de cultivos.

Secado: A través de este proceso se retira la humedad de los granos de café provenientes del beneficio húmedo usando la radiación solar, en la provincia de Lengua esto se hace en terrazas o comúnmente en el suelo extendido a lo largo de una lona, son esparcidos los granos de café al aire libre para ser volteados hasta que estén secos por completo y cubriéndolos de la lluvia y la humedad.

Filtro en harnero: es común emplear un instrumento para cernir el grano de café seco mediante un marco de madera, cuya base está adaptada a una malla, la cual permite una clasificación mucho más rigurosa de los granos y la eliminación de impurezas (hojas secas, basura), obteniendo así un café de mejor calidad.

Empaquetado en fique: los productores empaacan el café arábigo seco en costales de fique de 50 kg, almacenándolos de manera parcial en las bodegas de sus propias fincas.

Almacenamiento de Café: una vez terminado el proceso de producción en campo, si no necesitan vender el café de manera inmediata, lo ubican en cuartos vacíos, cabe aclarar que no cuentan con las condiciones de almacenamiento para café arábigo, todo esto con el fin de acumular una cantidad considerada de café al momento de venderlo.

Transporte: Una vez empacado el café en costales de fique, estos son transportados por medio de tracto mula a las cooperativas, donde se hace la comprobación de la humedad, calidad y variedad de café que se entrega, si se acepta, este se pesa, se da el dinero a su propietario y se acumula en el acopio”.



PROCESO DE GESTIÓN LOGÍSTICA

CARACTERIZACIÓN DE PROCESO PRODUCTIVO CAFETERO - LENGUPÁ

Código: LOG - LGPA

Versión: 03

Fecha: 01 agosto de 2020

Página: 1 de 6

OBJETIVO DEL PROCESO:

Administrar, gestionar y supervisar de manera eficiente los insumos, recursos físicos y servicios de apoyo necesarios para el efectivo y normal funcionamiento del proceso productivo.

ALCANCE:

Inicia con la identificación de necesidades, la necesidad de planeación de recursos y requerimientos materiales, seguimiento de actividades hasta el transporte y entrega del producto

RESPONSABLE:

Cafetero en jefe

NOMBRE DEL PROCESO:

Nodo de cosecha y transformación

PROVEEDOR	INTERNO	EXTERNO	INSUMO/ ENTRADAS	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	PRODUCTO/ SALIDA	USUARIO	INTERNO	EXTERNO
Sede federación nacional de cafeteros		X	Necesidades de insumos, equipo, herramienta.	P Identificar necesidades de bienes y servicios internos, recursos físicos y criterios de cada servicio.	Cafetero en jefe	Consolidado de necesidades internas	Cafetero en jefe (proveedores)	X	
Cafetero en jefe	X		Necesidades de materias primas	P Definir plan de adquisición de materia prima (semillas, abono)	Cafetero en jefe	Plan de Inventario actualizado	Cafetero en jefe	X	
Comité nacional de cafeteros		X	Consolidado de necesidades logísticas	P Definir plan estratégico de producción con base en indicaciones del c.	Comité nacional	Plan de producción	Cafetero en jefe	X	



PROCESO DE GESTIÓN LOGÍSTICA

CARACTERIZACIÓN DE PROCESO PRODUCTIVO CAFETERO - LENGUPÁ

Código: LOG - LGPA

Versión: 03

Fecha: 01 agosto de 2020

Página: 2 de 6

PROVEEDOR	INTERNO	EXTERNO	INSUMO/ ENTRADAS	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	PRODUCTO/ SALIDA	USUARIO	INTERNO	EXTERNO
Proceso de gestión	X		Plan de manejo de área en producción	H Gestión de los procesos de adquisición de semillas, sea de los árboles más productivos o las proporcionadas por el comité	Cafetero en jefe	Plan de germinación	Cafetero en jefe	X	
Todos los procesos	X		Directrices de siembra	H Fabricación y control de germinador de semillas de café	Cafetero en jefe	Germinador de plántulas de café	Cafetero en jefe	X	
Todos los procesos	X		Plántulas	H Control de plántulas germinadas entre 2 o 3 hojas para posterior re siembra.	Cafetero en jefe	Almacigo	Cafetero interno	X	



PROCESO DE GESTIÓN LOGÍSTICA

CARACTERIZACIÓN DE PROCESO PRODUCTIVO CAFETERO - LENGUPÁ

Código: LOG - LGPA

Versión: 03

Fecha: 01 agosto de 2020

Página: 3 de 6

PROVEEDOR	INTERNO	EXTERN	INSUMO/ ENTRADAS	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	PRODUCTO/ SALIDA	USUARIO	INTERNO	EXTERN
Todos los procesos	X		Almacigo de 150 – 180 días	H Realizar preparación del suelo y área en producción, con base en inventario previamente recibido se maneja el insumo en cantidades antes establecidas, así como un control de la zona circundante.	Cafetero en jefe Mano de obra contratada	Levantamiento físico de área	Cafetero en jefe Mano de obra	X	
Mano de obra contratada	X		Terreno de producción y levante	H Crecimiento y desarrollo bajo trabajos de mantenimiento donde se atiende y solicita información de requerimientos para manejo del cultivo	Cafetero en jefe Mano de obra contratada	Producción lista para cosecha	Mano de obra contratada	X	
Área de producción	X		Árboles en maduración	H Realizar la adquisición de granos maduros bajo el periodo de cosecha	Mano de obra	Café maduro	Mano de obra	X	



PROCESO DE GESTIÓN LOGÍSTICA

CARACTERIZACIÓN DE PROCESO PRODUCTIVO CAFETERO - LENGUPÁ

Código: LOG - LGPA

Versión: 03

Fecha: 01 agosto de 2020

Página: 4 de 6

PROVEEDOR	INTERNO	EXTERN	INSUMO/ ENTRADAS	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	PRODUCTO/ SALIDA	USUARIO	INTERNO	EXTERN
cultivo	X		Total, de grano en área productiva	H Realizar el tratamiento a partir de varias actividades, despulpado, fermentado, lavado, secado, filtrado y empaquetado	Cafetero en jefe Experto en tratamiento bajo estipulaciones del comité	Sacos de café	Cafetero en jefe	X	
Finca productora	X		producción total en costales de fique	H Transporte en vehículos de las cargas de café	Conductor contratado	Sacos de fique	comercialización		X
normativa		X	Inspección externa	V Evaluación independiente del producto evaluando características fisicoquímicas del mismo	Encargado cooperativa	Informe hablado de rendimiento	Cafetero en jefe	X	
Cooperativa		X	Estado de rendimiento	V Verificar actividades planeadas y efectuadas	Cafetero en jefe	Acciones de mejora	Cafetero en jefe Mano de obra	X	



PROCESO DE GESTIÓN LOGÍSTICA

CARACTERIZACIÓN DE PROCESO PRODUCTIVO CAFETERO - LENGUPÁ

Código: LOG - LGPA

Versión: 03

Fecha: 01 agosto de 2020

Página: 5 de 6

PROVEEDOR	INTERNO	EXTERNO	INSUMO/ ENTRADAS	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	PRODUCTO/ SALIDA	USUARIO	INTERNO	EXTERNO	
										Normativa
REQUISITOS LEGALES				RECURSOS			SEGUIMIENTO			
<ul style="list-style-type: none"> Resolución 4819 de 2005 bajo superintendencia de industria y comercio 				Humanos: Mano de obra		Tecnológicos: N/A		Acciones de mejoramiento Indicadores de rendimiento		



PROCESO DE GESTIÓN LOGÍSTICA

CARACTERIZACIÓN DE PROCESO PRODUCTIVO CAFETERO - LENGUPÁ

Código: LOG - LGPA

Versión: 03

Fecha: 01 agosto de 2020

Página: 6 de 6

REQUISITOS LEGALES	RECURSOS		SEGUIMIENTO
<ul style="list-style-type: none"> • Resolución 4819 de 2005 • Café de Colombia radicación número 04125786 • Denominación de origen bajo centro de investigación (CENICAFE) • Decisión 486 de la comunidad andina <ul style="list-style-type: none"> ○ Factores naturales ○ Factores agro-climáticos ○ Factores de genotipo y variedad 	<p>Físicos:</p> <p>Infraestructura</p> <p>Palas, picas Cosechadora Despulpadora Tanque Silo</p> <p>Material y equipo Fuente de agua Fuente de energía</p>	<p>Técnicos:</p> <p>N/A</p>	<p>pronósticos</p>
	<p>Financieros:</p> <p>presupuesto establecido</p> <p>proyecto de inversión</p>	<p>Virtuales y de información:</p> <p>Comité nacional de cafeteros</p>	
DOCUMENTOS	REGISTROS		RIESGOS
<p>Procedimientos y documentos asociados</p>	<p>Activos de información</p>		<p>Ver matriz de riesgos (figura 8)</p>

6.4.3. Procesos internos externo que afectan el producto

Figura 8. Riesgos proceso productivo y comercialización

ORIGEN	CAUSA	RIESGO
Fincas: cultivo	Se identifica alta presencia de broca e insecticidas	Se presenta granos dañados por broca, puede haber presencia de moho y decoloración
Fincas: Operarios	Inadecuada capacitación de los operarios en cuanto a tratamiento del grano	El pergamino o cascara puede estar manchado, se presenta decoloración, bebida agria
Fincas: Higiene	inadecuadas condiciones de higiene para el manejo del café	Bebida contaminada con presencia de moho u otras sustancias que lo afectan
Fincas: Calidad del agua	Se pueden encontrar coliformes o materia fecal en el grano	Las cascara del grano puede mancharse y afecta en su sabor
Fincas: Control de operaciones	No hay instrumentos para la medición del café, no hay un control de las operaciones y cada uno de los procesos, revisión empírica y artesanal	Bebida con la presencia de defectos, manchas, sabor sucio o contaminado, presencia de moho

ORIGEN	CAUSA	RIESGO
Fincas: Recolección	Se mezclan frutos sanos y maduros con los recogidos del suelo Se cosecha alto porcentaje de café verde y sobre maduro Se usan empaques sucios que contaminan los frutos, todo bajo intervención del factor humano. No se realiza correcta planificación de las actividades	Puede haber vinagre, producto contaminado, exceso de químico y presencia de moho en el producto final
Fincas: Recibo de cereza en el beneficiadero	Falta de control en el recibo de la cereza No se hace inspección del grado de madurez de la cereza o grano rojo del café No se separan los flotes, los frutos dañados por la broca, brutos con presencia de impurezas	Granos con el pergamino manchado efecto de fermento en el grano final, presencia química y contaminada del grano
Fincas: Despulpado	Se demora el inicio del despulpado: se deja la cereza por más de 12 horas o incluso durante la noche, en tanques de lavado especialmente No se usa el filtro para separar los granos despulpados después de este proceso	Al igual que en fases anteriores se puede producir contaminación del grano, por entes propios del procesos anteriores, grano manchado con suciedad y moho entre otros
Fincas: Fermentación	En los tanques se dejan los granos despulpados limpios, en fermentación por más de 24 horas Se mezclan los granos de café de diferentes días y cosechas Los granos que ya estas lavados y sin lavar, lo que afecta la condición general	La almendra del grano se contamina, no consigue el grado de humedad adecuado, bebida con acidez inconsistente, presencia de moho

ORIGEN	CAUSA	RIESGO
Fincas: Lavado	Debido a la mala instrucción de la mano de obra se dejan restos de mucilago y pulpa en el empaque final, el cual se trasporta y afecta el pago del café	Granos manchados con presencia de agentes externos, afecta el sabor y calidad, de igual forma el pago al producto
Fincas: Secado	Hay pocas instalaciones para el secado Retrasos en el inicio del secado, los granos no se dejan al sol el tiempo adecuado, antes de su transporte y secado No se hace seguimiento de la trazabilidad de procesos del producto a causa de la mala instrucción de mano de obra	Sabor extraño del producto final, presencia de moho y suciedad, el pergamino se mancha y la almendra se ve afectada
Fincas y comercialización: Empaque	Los empaques de fique están en malas condiciones, sucios o húmedos, a causa de mano de obra o factores externos	El grano y el producto final se ven contaminados por pequeños organismo o suciedad en general
Comercialización: Transporte	Falta de higiene en los medios de transporte, suciedad dentro del vehículo, exceso de partículas	Contaminación por organismos, tierra y materia fecal en el producto final, exceso de humedad
Comercialización: Condiciones de comercialización del café húmedo	El grano presenta una humedad superior al 12% por el mal manejo en procesos anteriores	Presencia de ota, granos sucios y manchados, la bebida está contaminada o con el nivel de acidez inadecuado

<p>Comercialización: Controles en el recibo del café húmedo</p>	<p>Mal control en lugar de compra, acopio o cooperativa donde se vende el café tipo pergamino</p>	<p>Presencia de tierra, decoloración, moho y suciedad, además la bebida no cumple con las condiciones de sabor adecuadas</p>
--	---	--

Fuente: Elaboración propia con base en CENICAFE, (2019)

Con base en la información mostrada en la **figura 8**, la cual muestra los riesgos presentes en durante el proceso y a la hora de comercializarlo, es posible evaluar actividades críticas que se miden en su probabilidad de ocurrencia y el impacto o gravedad que estas representan, en la **tabla 2** se muestran los riesgos principales estos evaluados en números de 1 a 5 siendo uno el menor grado y cinco el mayor, de igual forma ordenados para mejor entendimiento, con base al trabajo en campo, la identificación por observación directa y la contrastación con información teórica fue posible analizar cada uno de los riesgos, su impacto y la forma en como este riesgo debe tratarse.

Se realizó la matriz teniendo en cuenta:

- ✓ Probabilidad de ocurrencia
- ✓ Gravedad de impacto

Tabla 2. Nivel de riesgo y opción de manejo

RIESGO	causa (externa, interna)	probabilidad (ocurrencia)	gravedad (impacto)	valor del riesgo	nivel del riesgo	opción de manejo
Empaques de fique sucios	interna	1	1	1	Marginal	asumir
Moho, bebida con efecto a sucio	interna	1	2	2	Marginal	asumir
Presencia de bacterias como coliformes fecales	externa	1	2	2	Marginal	asumir
Presencia de microorganismos	externa	1	3	3	Apreciable	asumir
Grano contaminado químico y fenol	interna	2	2	4	Apreciable	mitigar
Falta de higiene en los medios de transporte	externa	2	2	4	Apreciable	asumir
Granos manchados, grano vinagre o decolorado	interna	2	3	6	Apreciable	mitigar
Grano con el pergamino manchado	interna	2	3	6	Apreciable	mitigar
Altos niveles de infestación por broca	externa	2	4	8	Apreciable	evitar
Despulpado, se deja la cereza por más de 12 horas	interna	2	4	8	Apreciable	evitar
Prolongada permanencia de granos con humedad superior al 12 %	interna	2	4	8	Apreciable	evitar
Fermentación, se dejan los granos por más de 24 horas	interna	2	5	10	Importante	evitar
Restos de pulpa y mucilago en granos lavados	interna	2	5	10	Importante	mitigar
Mezcla de frutos sanos y frutos recogidos del suelo	interna	4	3	12	Importante	mitigar
Cosecha de café verde y no maduro	interna	3	4	12	Importante	evitar

Fuente: Elaboración propia a partir de CENICAFE

6.5. CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS LOGÍSTICOS DE LOS NODOS DE COSECHA Y TRANSFORMACIÓN DE PEQUEÑOS PRODUCTORES

Al momento de analizar un proceso productivo es necesaria la identificación de todos aquellos factores que intervienen y son parte fundamental para la calidad de este, dentro de los factores relevantes a la hora de conseguir un producto en óptimas condiciones son las condiciones de producción, manejo de cultivos y la correcta interpretación y seguimiento de la normatividad impuesta, esto garantiza la calidad y sanidad del producto esto con el fin de que sea comercializado fácilmente.

6.5.1. información general de la cadena de suministro del café

El café es un árbol natural que crece comúnmente en territorio con climatología templada, este posee entre uno y tres metros de alto, sus hojas son de tonalidad verduzca, flores blancas y frutos que muestran una baya roja, el café suele medir cerca de un centímetro, siendo plano por una parte y convexo por la otra (cafesaula, 2014), en la provincia de Lengupá se produce el café denominado como variedad Lengupá, este crece entre los 500 y 2400 metros de altura, representa el 56% de la producción mundial y posee una concentración de cafeína del 1.7% como máximo.

El café es el tercer cultivo más importante para la economía boyacense, en términos de área sembrada- área cosechada. A términos del año 2017 se cosecharon 10.568 hectáreas de las 11.445 sembradas, alcanzando una producción de 7.639 toneladas (AGRONET, 2017) ver **Tabla 3**.

Tabla 3. Principales cultivos área sembrada en el departamento de Boyacá

CULTIVOS	Área sembrada (ha)		Variación (%)	Participación (%)
	2016	2017		
Total	159130	152799	4,0	100,0
Papa	52589	47866	9	31,3
Caña panelera	21526	21882	1,2	14,3
Café	11445	10568	7,7	6,9
Maíz tradicional	10037	8733	13	5,7
Cacao	5459	5426	0,6	3,6
Cebolla de bulbo	6496	5222	19,6	3,4
Arveja	4315	5002	16	3,3
Frijol	4426	4540	2,6	3
Plátano	4748	4334	8,7	2,8
Caña de miel	3351	3707	10,6	2,4
Otros cultivos	34639	35518	2,5	23,2

Fuente: Ministerio de agricultura y desarrollo rural, (2014)

En Boyacá, son cerca de 10 municipios principales encargados a la producción y rendimiento de café como se observa en la **tabla 4**, entre ellos Zetaquirá, Miraflores, Berbeo, pertenecientes a la provincia de Lengupá, según la federación nacional de cafeteros, Boyacá cuenta con 10,5 mil ha de café con una edad promedio de 10.3 años, una densidad aproximada de 4.354 árboles por hectárea, de las cuales 71% en variedades residentes.

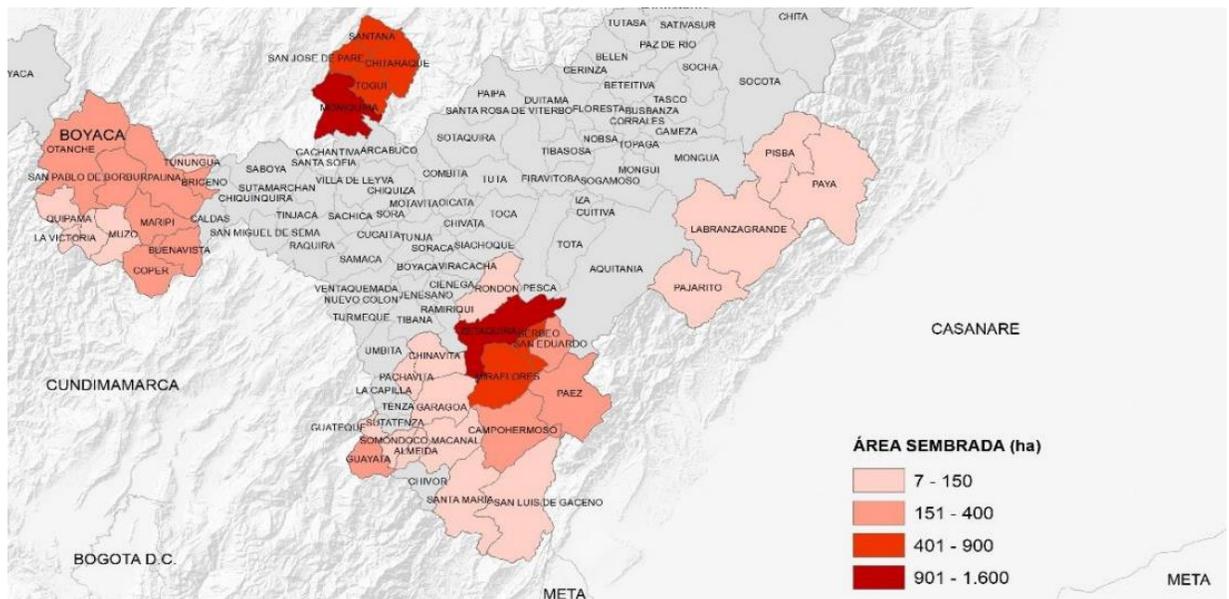
Tabla 4. Principales municipios por área sembrada en Boyacá

Municipio	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (t)*	Rendimiento (t/ha)
Total	10568	9598	7639	0,8
Moniquira	1521	1342	1131	0,8
Zetaquirá	1164	1047	882	0,7
Miraflores	839	796	524	0,8
San José de Pare	737	674	568	0,8
Togüí	597	536	451	0,8
Santana	513	458	386	0,8
Berbeo	470	435	367	0,8
Chitaraque	447	389	328	0,8
Pauna	373	347	228	0,7
Buenavista	327	287	274	0,1
Otros municipios	3579	3288	2500	0,8

Fuente. Elaboración propia con base en SICA – MADR, (2014)

Para este proyecto de investigación se tomó como sitio de análisis principal el municipio de Miraflores, segundo mayor exponente en la provincia de Lengupá, en el sector cafetero seguido de Zetaquirá ver **Tabla 1**.

Figura 9. Municipios en Boyacá con área sembrada de café



Fuente. Agronet con base en ministerio de agricultura, (2019)

Con base a las estadísticas de producción cafetera ver **Tabla 1**, es necesario realizar el análisis de los eslabones o nodos de producción que se van a tratar, para la provincia de Lengupá, la cadena productiva del café se conforma por los nodos de cosecha, transformación y clientes (cosecha y transformación para el proyecto), en el caso de nuestras zonas de análisis (Miraflores, Zetaquirá, Berbeo) importantes para el panorama en Lengupá, como se observa en la **figura 9**, siendo Miraflores la principal, esta tuvo una producción de 524 toneladas con un rendimiento tonelada / hectárea de 0.7 (Agronet, 2019).

7. RECOLECCIÓN DEL CAFÉ, ACTORES INVOLUCRADOS EN LA LOGÍSTICA DEL CAFÉ

La recolección del café es uno de los procesos más importantes en la cadena logística del café, debido a que es un proceso artesanal, donde la experiencia, los años de trabajo, y el conocer su cultivo crea ese vínculo del caficultor y la cosecha, estas personas se encargan de recolectar el grano de café de la manera más óptima, para al final del proceso tener el mejor café, conocer cuáles y como son los granos que se deben recolectar, cuando se debe y de qué manera para que este no se vea afectado, no obstante debido a que es un proceso artesanal, la recolección no es 100% optima, no todos los granos recolectados son óptimos para el proceso de transformación o todos óptimos no quedan en los “Cocos” o “Mangas” de recolección.

7.1. PRONOSTICOS

Al momento de realizar un trabajo de investigación en el que se proporcionan datos actuales del funcionamiento y rendimiento del proceso, es importante realizar una planeación de las actividades operativas, y la forma como estas se podrían relacionar con el futuro, estas estimaciones nos ayudan a saber el posible comportamiento de una variable en un tiempo cercano.

Ahora bien, por lo general toda actividad de planeación en una empresa o compañía, depende de las necesidades futuras de los clientes, es por ello que la organización se basara en los pronósticos de ventas, por lo general para saber qué materia se debe adquirir, cuantos elementos comprar, y sobre todo cuanto hacer de pedido.

Para el proceso productivo del café en la provincia de Lengupá (y en general para el proceso cafetero en Colombia), no existe una demanda que guie las cantidades a producir, ya que lo que se genere en cada finca se vende sin importar factores externos, el rechazo del producto solo se condiciona a su manejo y tratamiento antes de entregarlo. La necesidad de pronosticar radica en minimizar el azar, esto con el fin de ser más preciso a la hora de tomar decisiones, o en el caso cafetero prever escenarios y anticiparse a ellos.

7.1.1. Fuente de la información.

Para el cálculo de los pronósticos es necesaria información histórica de años anteriores para conocer el comportamiento de la producción o demanda de un producto, por medio del trabajo de campo realizado en la provincia de Lengupá especialmente en los municipios de Miraflores y Zetaquirá, fue posible conseguir datos históricos entregados por el comité departamental de cafeteros de Boyacá, con antecedentes de los últimos 5 años en materia de:

- ✓ Cantidad de café cosechada por hectárea
- ✓ Cantidad de variedad en café en la cosecha final
- ✓ Número de plantas por variedad en hectárea
- ✓ Rendimiento porcentual del café en su tratamiento.
- ✓ Gastos de transporte
- ✓ Cantidad total de cargas que ingresaron a centro de acopio
- ✓ Porcentaje de ingreso de cargas por variedad
- ✓ Salario del jornalero

7.1.2. Métodos de pronóstico

Cuando se dispone de datos cuantitativos, es necesario comprender la información que estos nos suministran, y de que forma el resultado que vamos a calcular encaja dentro del contexto del proceso. Se recurrió a realizar el pronóstico de la cosecha mediante suavización exponencial triple o método de winters ya que este analiza los datos que se tienen disponibles y establece un alfa, delta y gamma en base a la tendencia actual sabiendo si esta tiene una estacionalidad o no, las fórmulas para su cálculo son las siguientes.

$$A_t = \alpha \frac{Y_t}{S_t - L} + (1 + \alpha)(A_{t-1} + T_t - 1) \quad (1)$$

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (2)$$

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{A_t} + (1 - \gamma)S_{t-1} \quad (3)$$

$$Y_{t+p} = (A_t - PT_t)S_{t-L+P} \quad (4)$$

Donde:

α = constante de atenuación del promedio de los datos ($0 < \alpha < 1$)

β = constante de atenuación de la estimación de la tendencia ($0 < \beta < 1$)

γ = constante de atenuación de la estacionalidad ($0 < \gamma < 1$)

A_t = valor atenuado en el periodo t

T_t = estimación de la tendencia del periodo t

S_t = estimación de la estacionalidad del periodo t

L = longitud de la estacionalidad

P = numero de periodos a pronosticar en el futuro

Una vez identificado el método de cálculo de pronóstico para la cosecha de café, se decidió revisar la información recolectada en esta investigación, con el fin de identificar los datos disponibles, ya que se requiere un alfa, beta y gamma con los que no se cuenta, se manejaran valores correspondientes a, $\alpha = 0.33$, $\beta = 0.33$, $\gamma = 0.50$, el criterio para seleccionar estos valores fue tomado del libro, *análisis de series temporales financieras* de (Tsay, 2005), quien afirma que si estos valores se desconocen se tomaran los antes mencionados.

Ya que la producción de café y su cosecha final cuenta con una distribución estacional se analizaron los datos y se calculó la tendencia de los mismos, ahora bien, para realizar el pronóstico correspondiente a gastos de transporte, salario del jornalero y entrada de cargas a centro de acopio, se recurrió a el método de suavización exponencial doble, ya que estos datos no presentan una estacionalidad, pero si una tendencia marcada, las fórmulas para calcularse son las siguientes:

- SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE

$$A_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5)$$

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (6)$$

$$F_{t+1} = A_t + T_t \quad (7)$$

Donde:

A_t = es el promedio suavizado exponencialmente en el periodo t

T_t = es el promedio suavizado exponencialmente de la tendencia t

F_{t+1} = es el pronóstico para el periodo t + 1

Para la elaboración de los pronósticos se tomarán los 5 años anteriores presentes entre 2015 – 2019, tomando en cuenta un índice de confiabilidad del 95%, de igual forma se detallará cada uno para conocer su tendencia definitiva, se usará easyfit profesional, así como la herramienta Excel para realizar el cálculo del pronóstico usando las formulas antes mencionadas, el paso a paso de los cálculos para cantidad de cosecha por hectárea sembrada se encuentra en el **anexo a** realizado con método winters, de igual forma la realización de pronósticos para gastos de transporte se encuentra en el **anexo b**, salario del jornalero en el **anexo c** y entrada de cargas a centro de acopio se encuentra en el **anexo d**, realizados con suavización exponencial doble, en cada uno se observa la línea de tendencia y la ecuación de la recta que lo representa..

7.1.3. Pronósticos para cosecha

En cuanto a la cantidad de café cosechada por hectárea contamos con valores proporcionados por el comité departamental de cafeteros de Boyacá, estos referentes a los 5 años anteriores a la fecha, se realizaron los cálculos de cada uno de los ítems como se muestra en la **tabla 5**, tomando un nivel de confianza del 95%. Aunque la producción cafetera toma un periodo de estacionalidad debido a la renovación de los lotes de producción cada 7 años (CENICAFE, 2016), su producción se reduce e incrementa en este periodo, sin embargo, por la disponibilidad de datos se ajustó la estacionalidad de acuerdo a la tendencia para el pronóstico del año 2020, el dominio de datos fue de carácter continuo.

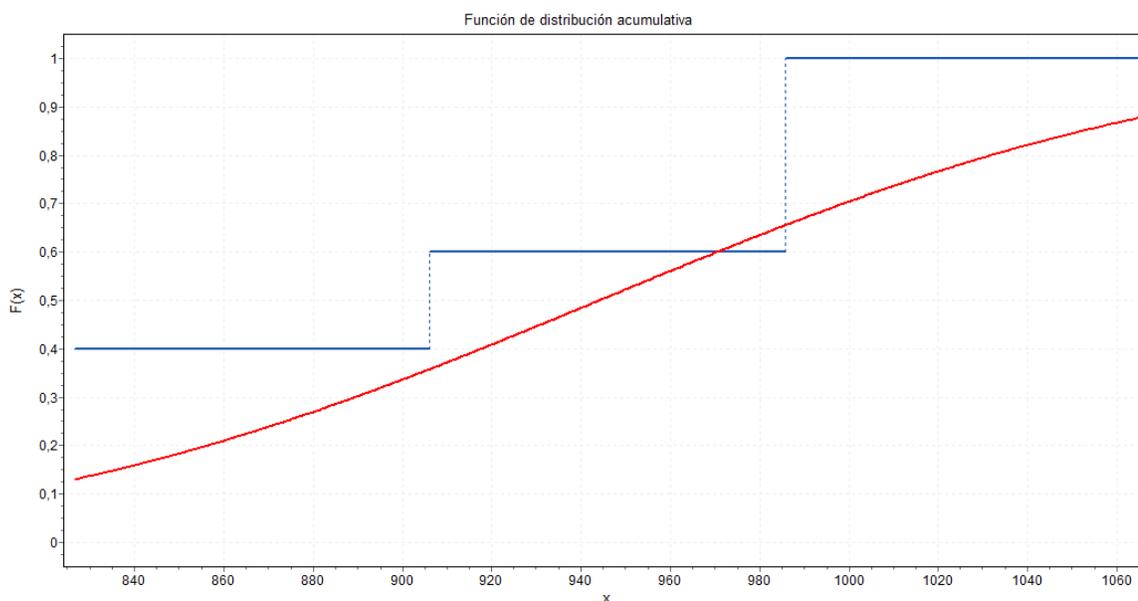
Tabla 5. Estadística descriptiva café cosechado

CANTIDAD DE CAFÉ COSECHADA POR HECTÁREA SEMBRADA					
2015	2016	2017	2018	2019	
826,5	862	931,8	1034,3	1065,3	
ESTADÍSTICA	VALOR			PERCENTIL	VALOR
Tamaño de la muestra	5			Min	826,5
Rango	238,8			5%	826,5
Media	943,98			10%	826,5
Varianza	10.887			25% (Q1)	844,25
Desviación estándar	104,34			50% (Mediana)	931,8
Coef. de variación	0,11053			75% (Q3)	1049,8
Error estándar	46,662			90%	1065,3
Asimetría	0,12775			95%	1065,3
Curtosis	-2,5278			Max	1065,3
previsión año 2020	pronostico				
	1067,55				

Fuente: Elaboración propia a partir de comité departamental de cafeteros

Al observar los datos en la **figura 10** es posible notar en la función acumulativa, que los datos tienen una tendencia creciente. Desde el año 2015 a 2019.

Figura 10. Función de distribución acumulativa para la cosecha



Fuente: Elaboración propia a partir de easyfit

- CANTIDAD DE VARIEDAD EN LA COSECHA FINAL

A través de encuestas realizadas en esta investigación, fue notable encontrar las variedades presentes y de favoritismo por los caficultores, siendo estas la variedad castilla, típica, caturra y borbón, información que fue contrastada con la proporcionada por el comité departamental de cafeteros, para el pronóstico se toma en cuenta esta información como se muestra en la **tabla 6**, de igual forma de los 5 años anteriores a la fecha incluyendo una variable que se muestra como otras (*dentro de esta, las demás variedades posibles sembradas en la región pero poco comunes*).

Tabla 6. Cantidad de variedad de café en la cosecha final

Cantidad en variedad de café en la cosecha final					
V	2015	2016	2017	2018	2019
Castilla	32,12%	39,22%	39,20%	43,75%	46,65%
Típica	22,65%	18,15%	20,50%	18,75%	16,84%
Caturra	21,56%	15,11%	13,89%	12,50%	17,25%
Otra	23,67%	27,52%	26,41%	25,00%	19,26%

Fuente: Comité departamental de cafeteros

Se realizó el pronóstico de los datos mostrados en la **tabla 6**, sabiendo que estos hacen referencia al porcentaje de dicha variedad presente en la cosecha final, con el fin de conocer la previsión estimada para el año 2020, se tomó un nivel de confianza del 95%, como se observa, el histórico de datos no tiene una tendencia definitiva esto debido a que constantemente se adecuan los lotes de producción con base en la nueva semilla que de mejor rendimiento cada año, por tanto, su distribución de probabilidad puede ajustar a uno u otra forma. Este pronóstico para cada una de las variedades se observa en la **tabla 7**. Donde se detalla la media, desviación, error estándar de la información, entre las otras variedades se encuentran

- ✓ Borbón
- ✓ Tabí
- ✓ R6
- ✓ COLOMBIA
- ✓ ARABICA

Presentes en algunos cultivos de la región, pero frecuentemente poco usados.

Tabla 7. Estadística descriptiva cantidad por variedad en cosecha final.

CANTIDAD DE CAFÉ COSECHADA POR HECTÁREA SEMBRADA							
		2015	2016	2017	2018	2019	
		32,12%	39,22%	39,20%	43,75%	46,65%	
CASTILLA	ESTADÍSTICA	VALOR		PERCENTIL		VALOR	
	Tamaño de la muestra	5		Min		32,12	
	Rango	14,53		5%		32,12	
	Media	40,188		10%		32,12	
	Varianza	30,363		25% (Q1)		35,66	
	Desviación estándar	5,5102		50% (Mediana)		39,22	
	Coef. de variación	0,1371		75% (Q3)		45,2	
	Error estándar	2,4643		90%		46,65	
	Asimetría	-0,528		95%		46,65	
	Curtosis	0,33		Max		46,65	
	PREVISIÓN AÑO 2020	pronostico					44,83%
	CANTIDAD DE CAFÉ COSECHADA POR HECTÁREA SEMBRADA						
		2015	2016	2017	2018	2019	
		22,65%	18,15%	20,50%	18,75%	16,84%	
TÍPICA	ESTADÍSTICA	VALOR		PERCENTIL		VALOR	
	Tamaño de la muestra	5		Min		16,84	
	Rango	5,81		5%		16,84	
	Media	19,378		10%		16,84	
	Varianza	5,0772		25% (Q1)		17,495	
	Desviación estándar	2,2533		50% (Mediana)		18,75	
	Coef. de variación	0,1163		75% (Q3)		21,575	
	Error estándar	1,0077		90%		22,65	
	Asimetría	0,6554		95%		22,65	
	Curtosis	-0,2353		Max		22,65	
	PREVISIÓN AÑO 2020	pronostico					16.36%

		CANTIDAD DE CAFÉ COSECHADA POR HECTÁREA SEMBRADA						
		2015	2016	2017	2018	2019		
CATURRA		21,56%	15,11%	13,89%	12,50%	17,25%		
		ESTADÍSTICA		VALOR		PERCENTIL		VALOR
		Tamaño de la muestra	5		Min	12,5		
		Rango	9,06		5%	12,5		
		Media	16,062		10%	12,5		
		Varianza	12,488		25% (Q1)	13,195		
		Desviación estándar	3,5338		50% (Mediana)	15,11		
		Coef. de variación	0,22		75% (Q3)	19,405		
		Error estándar	1,5804		90%	21,56		
		Asimetría	1,0534		95%	21,56		
		Curtosis	0,8155		Max	21,56		
		PREVISIÓN AÑO 2020		pronostico				
				18,83%				
OTRA		CANTIDAD DE CAFÉ COSECHADA POR HECTÁREA SEMBRADA						
		2015	2016	2017	2018	2019		
		23,67%	27,52%	26,41%	25,00%	19,26%		
		ESTADÍSTICA		VALOR		PERCENTIL		VALOR
		Tamaño de la muestra	5		Min	19,26		
		Rango	8,26		5%	19,26		
		Media	24,372		10%	19,26		
		Varianza	10,271		25% (Q1)	21,465		
		Desviación estándar	3,2048		50% (Mediana)	25		
		Coef. de variación	0,1315		75% (Q3)	26,965		
		Error estándar	1,4332		90%	27,52		
		Asimetría	-1,1902		95%	27,52		
		Curtosis	1,4651		Max	27,52		
PREVISIÓN AÑO 2020 =		pronostico						
		19,85%						

Fuente: Elaboración propia a partir del comité departamental de cafeteros

- GASTOS DE TRANSPORTE

Como parte fundamental del análisis logístico para el proceso cafetero, está el transporte, esta actividad y su costo se ve afectada cada año debido a aumentos de combustible, tipo de vehículo, estado de vías que a su vez generan mantenimientos en el automotor. Por medio del comité departamental de cafeteros fue posible reunir información histórica de los 5 años anteriores, en materia de transporte para la provincia de Lengua, es importante aclarar que este servicio es contratado, (sin embargo, se presentan cafeteros que cuentan con su propio vehículo), esto se pudo corroborar en los municipios visitados durante esta investigación, al igual que en las encuestas realizadas a personas independientes, a las fincas y sus propietarios. Por tanto, este costo de transporte lo define el dueño del vehículo.

Este proceso al ser contratado va a cargo de terceros y se puede considerar como un pequeño intermediario de la cadena de suministro para la entrega del café a centros de acopio, estos valores se muestran en la **tabla 8** con registro de costo desde el año 2015 a 2019.

Tabla 8. Gastos de transporte

Gastos de Transporte				
2015	2016	2017	2018	2019
\$ 40.000	\$ 42.000	\$ 45.000	\$ 47.000	\$ 48.000

Fuente: Comité departamental de cafeteros

Para el pronóstico de transporte del año 2020 se tomaron los 5 años anteriores como se muestra en la **tabla 9**, este costo ha tenido un aumento con el pasar de los años, y mediante esta investigación se puede conocer el costo de transporte a la fecha, siendo este de 50.000 pesos colombianos (vehículo tipo camioneta de “platón”) como base mínima para contratarlo.

Tabla 9. Estadística descriptiva gastos de transporte.

GASTOS DE TRANSPORTE				
2015	2016	2017	2018	2019
\$ 40.000	\$ 42.000	\$ 45.000	\$ 47.000	\$ 48.000
ESTADÍSTICA	VALOR		PERCENTIL	VALOR
Tamaño de la muestra	5		Min	40000
Rango	8000		5%	40000
Media	44400		10%	40000
Varianza	11.300.000		25% (Q1)	41000
Desviación estándar	3361,5		50% (Mediana)	45000
Coef. de variación	0,07571		75% (Q3)	47500
Error estándar	1503,3		90%	48000
Asimetría	-0,37909		95%	48000
Curtosis	-1,9132		Max	48000
PREVISIÓN AÑO 2020	pronostico			
	\$ 49.638			

Fuente: Elaboración propia a partir de comité departamental de cafeteros

El pronóstico para transporte del año 2020 nos arrojó un resultado de \$ 49.638 pesos colombianos con un índice de confiabilidad del 95%, una diferencia de 362 pesos respecto al valor que se maneja en la actualidad para contratar a un vehículo tipo “camioneta de plantón” en los municipios en estudio.

- SALARIO DE LOS JORNALEROS

Para explicar este apartado es necesario comprender a que hace referencia un jornalero, siendo este una persona, hombre o mujer que cobra a razón de una jornada laboral o jornal que a su vez es sinónimo de día. Es decir, la cantidad de dinero que recibe por un día de trabajo (López, 2018). Cuando hablamos de un jornalero, habitualmente hacemos referencia a una persona que trabaja en el sector de la agricultura.

Por medio de esta investigación, de igual forma se conoció el jornal promedio pagado a trabajadores en la zona de estudio (Miraflores, Zetaquirá, Berbeo), con un valor cercano a la media de 27.500 pesos colombianos, valor promediado a razón de las encuestas obtenidas, en la **tabla 10** se observan los valores promedio proporcionados por el comité departamental de cafeteros, con censo para las fincas ubicadas en Miraflores para los años 2015 – 2019 respectivamente. De igual forma en esta tabla se observa el pronóstico para el año 2020 con un índice de confiabilidad del 95%.

En adición a esto, para los municipios estudiados, y a partir de la muestra obtenida en la investigación, es posible identificar que se establece un estándar de días laborados, se trabaja de lunes a viernes, 5 días a la semana, es decir, entre 20 y 21 días al mes.

Tabla 10. Estadística descriptiva salario del jornalero

SALARIO DEL JORNALERO				
2015	2016	2017	2018	2019
\$25.000	\$ 26.000	\$ 27.000	\$ 28.000	\$ 29.000
ESTADÍSTICA	VALOR		PERCENTIL	VALOR
Tamaño de la muestra	5		Min	25.000
Rango	4000		5%	25.000
Media	27.000		10%	25.000
Varianza	2.500.000		25% (Q1)	25.500
Desviación estándar	1581,1		50% (Mediana)	27.000
Coef. de variación	0,05856		75% (Q3)	28.500
Error estándar	707,11		90%	29.000
Asimetría	0		95%	29.000
Curtosis	-1,2		Max	29.000
PREVISIÓN AÑO 2020	pronostico			
	\$ 30.000			

Fuente: Elaboración propia a partir de comité departamental de cafeteros.

- **CANTIDAD DE CARGAS QUE INGRESAN AL CENTRO DE ACOPIO**

En este apartado se analiza la cantidad de cargas que entran en un centro de acopio al final de cada periodo o año, esta entrada puede variar dependiendo de la producción que tuvo cada zona, además de las dificultades que se hayan presentado a lo largo de este, ya sea por factores de clima o económicos principalmente.

Ya que se menciona el concepto de cargas es importante conocer a que hace referencia haciendo una correcta relación desde siembra – cosecha – entrega.

- CASO EJEMPLO CON BASE EN CENICAFE:

De forma óptima y estandarizada se considera un lote de 5.000 árboles / hectárea, Se toman diez árboles y de estos se obtienen 15 kilogramos, 1.5 kilogramos de café cereza por árbol, es decir:

$1.5 \text{ kilos} \times 5.000 \text{ árboles / hectárea} = 7500 \text{ kilogramos de café cereza.}$

“Se sabe que un caficultor tiene una conversión normal de café, cuando por cada 62.5 kilogramos de café cereza beneficiados obtienen 12.5 kilogramos de café pergamino seco, es decir, una relación 5:1 como se muestra en la **figura 11**, (CENICAFE, 2014).

Figura 11. Conversión café cereza a café pergamino



Fuente: Cartilla cafetera 19 (2014)

Si tomamos esta conversión al caso antes mencionado, por 7.500 kilogramos de café cereza se obtienen 1.500 kilogramos de café pergamino seco, esta cantidad es la que se entrega en centros de acopio, un total de 24 bultos, sabiendo que 1 carga equivale a 125 kilogramos es decir dos bultos de café de 62.5 kg. (FNC, 2019).

Por medio de la información suministrada a esta investigación por el comité departamental de cafeteros, fue posible conocer la entrada total de cargas a centros de acopio a fin de cada año desde 2015 a 2019, esta se observa en la **tabla 11**, en la que es notable observar una tendencia exponencial de entrada de cargas, se realizó el pronóstico para el año 2020 teniendo como base estos 5 años anteriores, tomando un índice de confiabilidad del 95 %.

Tabla 11. Estadística descriptiva para entrada de cargas

CANTIDAD TOTAL DE CARGAS A CENTRO DE ACOPIO					
2015	2016	2017	2018	2019	
51468	54000	55147	56283	59200	
ESTADÍSTICA	VALOR			PERCENTIL	VALOR
Tamaño de la muestra	5			Min	51468
Rango	7732			5%	51468
Media	55220			10%	51468
Varianza	8.135.400			25% (Q1)	52734
Desviación estándar	2852,3			50% (Mediana)	55147
Coef. de variación	0,05165			75% (Q3)	57742
Error estándar	1275,6			90%	59200
Asimetría	0,17328			95%	59200
Curtosis	0,54808			Max	59200
PREVISIÓN AÑO 2020	pronostico				
	\$			59.823	

Fuente: Elaboración propia a partir del comité departamental de cafeteros.

- **CONSTANTES DURANTE EL PROCESO**

Con el pasar de los años se ha venido recopilando información, acerca de las actividades presentes durante el proceso productivo cafetero, de igual forma identificando todas aquellas que no se ven afectadas en el tiempo, en la **tabla 12** podemos observar aquellas constantes promediadas por el comité departamental de cafeteros, estas mostradas en números óptimos para manejo de una hectárea (1/ ha) en fincas para el municipio de Miraflores, sin embargo dado el manejo, la observación directa y notable tendencia de toda la región los números sean iguales para toda la provincia.

Tabla 12. Constantes durante el proceso.

COSNTANTES				
Cantidad de plantas sembradas por hectárea				
2015	2016	2017	2018	2019
5000				
Número de variedades estandarizadas en la provincia				
2015	2016	2017	2018	2019
3				
Cantidad de personal requerido para preparación de suelo y siembra				
2015	2016	2017	2018	2019
5				
Cantidad de personas requerido para cosecha				
2015	2016	2017	2018	2019
10				

Fuente: Comité departamental de cafeteros

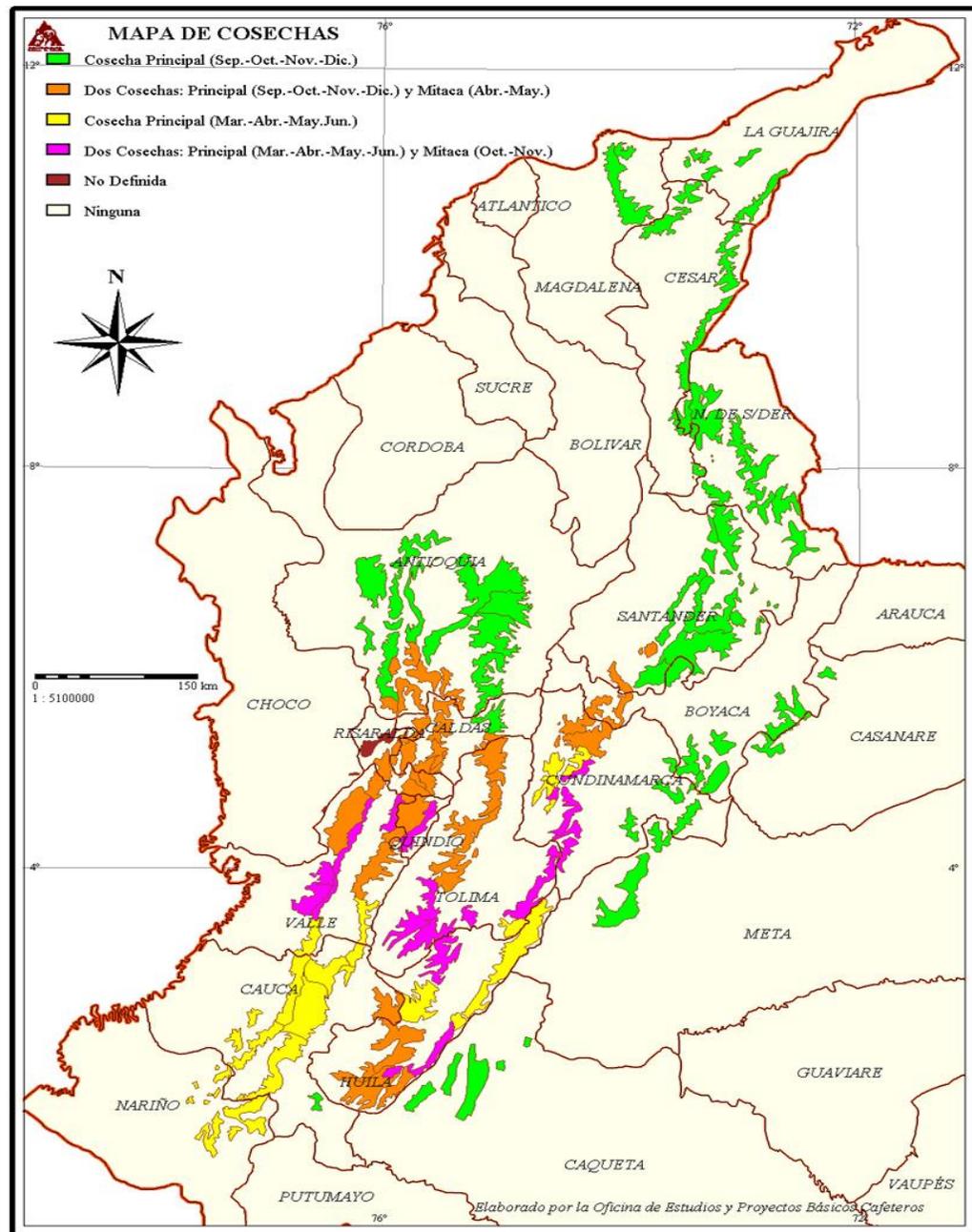
7.2. DISTRIBUCIÓN DE LA COSECHA

El país, tiene dos periodos de cosecha, dos temporadas cruciales para la cosecha y recolección del café teniendo en cuenta las condiciones climáticas y de ubicación de las zonas, estas dos temporadas son definidas en las dos mitades del año, la primera se ubica entre los meses de abril y junio, la segunda se sitúa entre septiembre y diciembre, teniendo en cuenta estas dos fechas de cosechas, se tienen definidas cuando la cosecha es débil o es una muy buena cosecha, la cosecha débil o baja se le denomina “Cosecha mitaca o traviesa” ya que es de menor volumen al que se espera la cosecha y la buena y gran cosecha se le denomina “Cosecha principal” la que tiene ese volumen esperado. (FNC & Cenicafé, 2018, p8).

Es importante aclarar que esta condición se manifiesta en las principales zonas cafeteras del país, sin embargo, para la provincia de Lengupa, por condiciones climáticas y de terreno principalmente (CENICAFE, 2018), solo hay una cosecha principal dada entre los meses de septiembre y enero como se muestra en la **figura 12**. Y que representa la mayor cantidad de cosecha en el año, para esta investigación solo se contemplara este periodo

- Zonas con “Cosecha principal” en la primera mitad del año y “mitaca” en el segundo son (Cundinamarca, Nariño, Cauca, Tolima, Huila, Quindío, Valle)
- Zonas con “Cosecha principal” en la segunda parte del año y “mitaca” en el primero (Antioquia, Caldas, Risaralda, Valle, Norte de Santander, Boyacá, Huila)

Figura 12. Mapa de cosechas en Colombia



Fuente: FNC (2010)

Como se observó en la **figura 10** la provincia de Lengupá presente en el departamento de Boyacá, pasa por condiciones climáticas que solo ofrecen una cosecha principal para productores cafeteros, por medio de la investigación y el trabajo de campo fue posible conocer esta situación, y se observó para los meses septiembre y octubre las condiciones de maduración del grano que se pueden observar en la **tabla 13** corroborando lo antes mencionado.

Tabla 13. Distribución maduración de café

ZETAQUIRA – BOYACA, MADURACIÓN DEL GRANO	
SEPTIEMBRE	OCTUBRE
	

Fuente: Elaboración propia

Esta limitante respecto al clima, supone niveles de producción diferentes a las demás regiones del país, esto se confirma con el rendimiento al final del periodo mencionado por los cafeteros a través de encuestas y entrevistas.

7.3. PRODUCCIÓN DE CAFÉ POR LOTE

La producción del café se puede calcular de forma que se sepa una cifra aproximada y a partir de ahí determinar si es una buena cosecha, para realizar este cálculo se deben escoger al azar un par de los árboles que estén en el cultivo (máximo 10) (FNC & Cenicafé, 2005, p9), al tener ya los árboles seleccionados, se hace la respectiva recolección de los frutos para luego pesarlos, en el momento de tener el peso total de los frutos cosechados, estos se dividen en el número de árboles que se seleccionó, así se saca un promedio de kilogramos que tendrá cada árbol al momento de la cosecha total, al momento de tener este promedio de peso, se hace el cálculo multiplicando ese peso con el número de árboles estimados que se encuentran en todo el cultivo, estos cálculos también son relevantes para poder determinar el número de recolectores que se necesita para poder cubrir todo el cultivo a cabalidad, se deben hacer los cálculos con 4 días de anticipación, para poder coordinar, la mano de obra ya mencionada, la cantidad de cocos que se utilizaran y los costales en los cuales ira el café recolectado.

7.4. RECOLECTORES POR ÁRBOL

La cantidad de recolectores requeridos depende del tiempo que se utiliza en la recolección total del fruto de un árbol, del número de árboles que allá en el lote y también del método de recolección que se emplea al momento de la cosecha. (FNC & Cenicafé, 2005,p11).

En la **tabla 14** se puede notar la descripción de como conocer el número de recolectores según el número de árboles para método tradicional y mejorado.

Tabla 14. Métodos de recolección por hectárea

MÉTODO TRADICIONAL			
KILOGRAMOS DE CAFÉ POR COSECHA DE ÁRBOL	NUMERO DE PLANTAS POR HECTAREA		
	2.500	5.000	10.000
	NÚMERO DE RECOLECTORES		
Menos de 0,5 kg	2	4	8
Entre 0,5 y 1 kg	3 , 4	7	14
Entre 1 y 1,5 kg	5	10 , 11	20 , 21
Entre 1,5 y 2 kg	6	12	24
Más de 2 kg	6 , 7	12 , 13	25 , 26
MÉTODO MEJORADO			
KILOGRAMOS DE CAFÉ POR COSECHA DE ÁRBOL	NUMERO DE PLANTAS POR HECTAREA		
	2.500	5.000	10.000
	NÚMERO DE RECOLECTORES		
Menos de 0,5 kg	1 , 2	3	5
Entre 0,5 y 1 kg	3	5 , 6	11
Entre 1 y 1,5 kg	4	8	15
Entre 1,5 y 2 kg	5	10 , 11	21
Más de 2 kg	7 , 8	15	30

Fuente: FNC Y CENICAFE (2014)

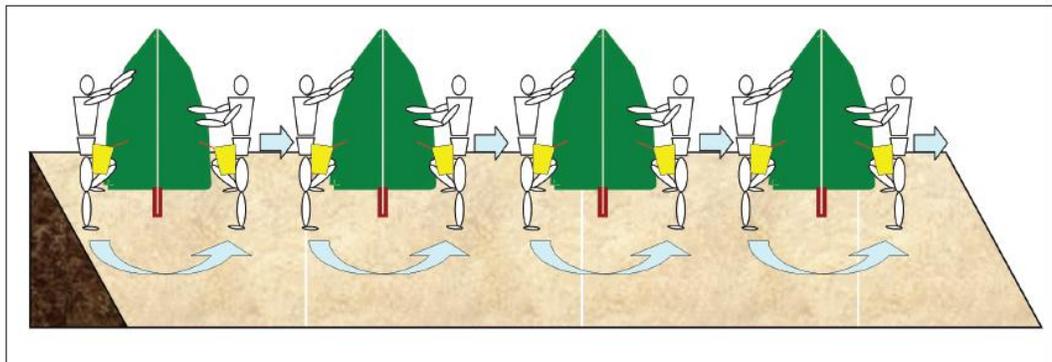
7.4.1. En que consiste el método mejorado

Esta investigación se propone con el fin de optimizar el modo de funcionamiento logístico dentro de los nodos de cosecha y transformación, para esto se han mencionado actividades clave que pueden ser sujetas a mejoras sin afectar su productividad. Tomando en cuenta lo anterior se puede tomar el método de recolección mejorado, propuesto por CENICAFE para el eje cafetero, que puede ser llevado a cabo para pequeños y grandes cafeteros en la provincia de Lengua, adecuándose a las necesidades y condiciones de ellos, este sistema se desglosa en 5 movimientos principales como lo son:

- MOVIMIENTO EN EL SURCO.

Se entiende por surco cada línea de árboles plantados a una distancia estandarizada de un metro, este movimiento como se observa en la **figura 13**, debe ser en un solo sentido, primero recolectando por una cara y luego la otra, las plantas deben ser cosechadas una por una con base en el lado que se esté trabajando.

Figura 13. Recolección por surco

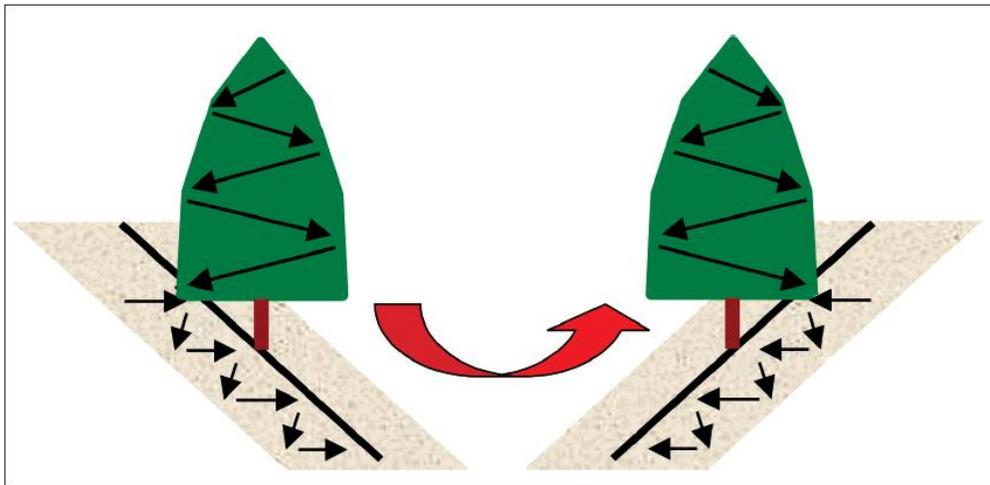


Fuente: Elaboración propia a partir de CENICAFE.

- MOVIMIENTOS EN EL ARBOL

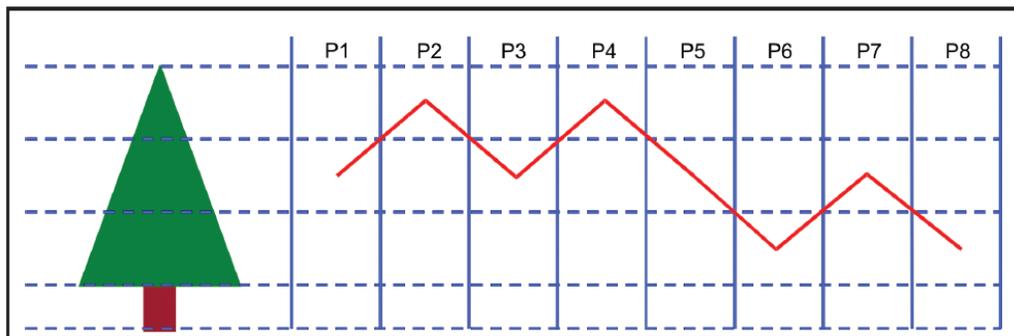
En el método estándar el trabajador considera recolectar las ramas a simple vista sin tomar un orden o secuencia, el método mejorado propone recolectar en forma descendente en forma de zigzag como se observa en la **figura 14**, abarcando toda la planta llegando a la parte inferior con la recolección de granos del suelo, se toma en cuenta una altura promedio a nivel de las manos para el inicio de la recolección como se observa en la **figura 15**.

Figura 14. Movimientos descendentes en el árbol



Fuente: Elaboración propia a partir de CENICAFE.

Figura 15. Inicio de recolección en árbol

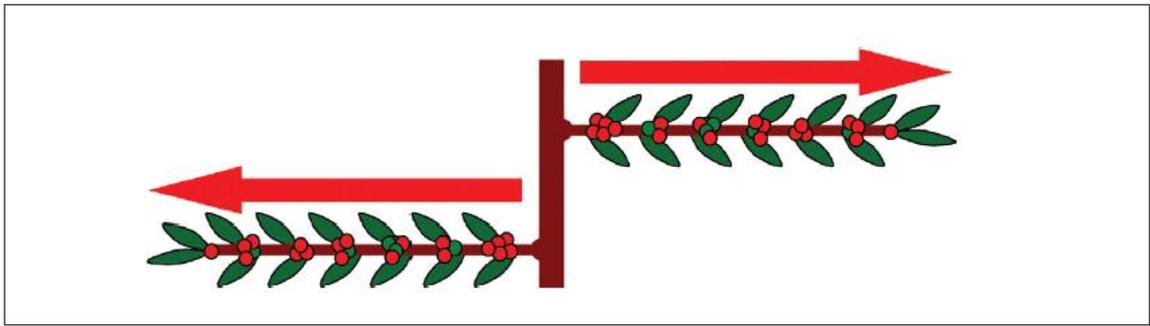


Fuente: Elaboración propia a partir de CENICAFE.

- MOVIMIENTOS EN LA RAMAS

El movimiento en las ramas como se observa en la **figura 16** debe realizarse de manera descendente, para tener acceso a toda la rama con grano disponible, el movimiento no debe ser muy fuerte para no fracturarla, la rama debe tomarse desde la base hasta la punta, sin embargo, como se observa en la **figura 17** la rama no siempre estará con el total de granos disponibles para cosechar, por lo que se consideran todas las posibilidades de movimientos de recolección (MR de 1 a 17).

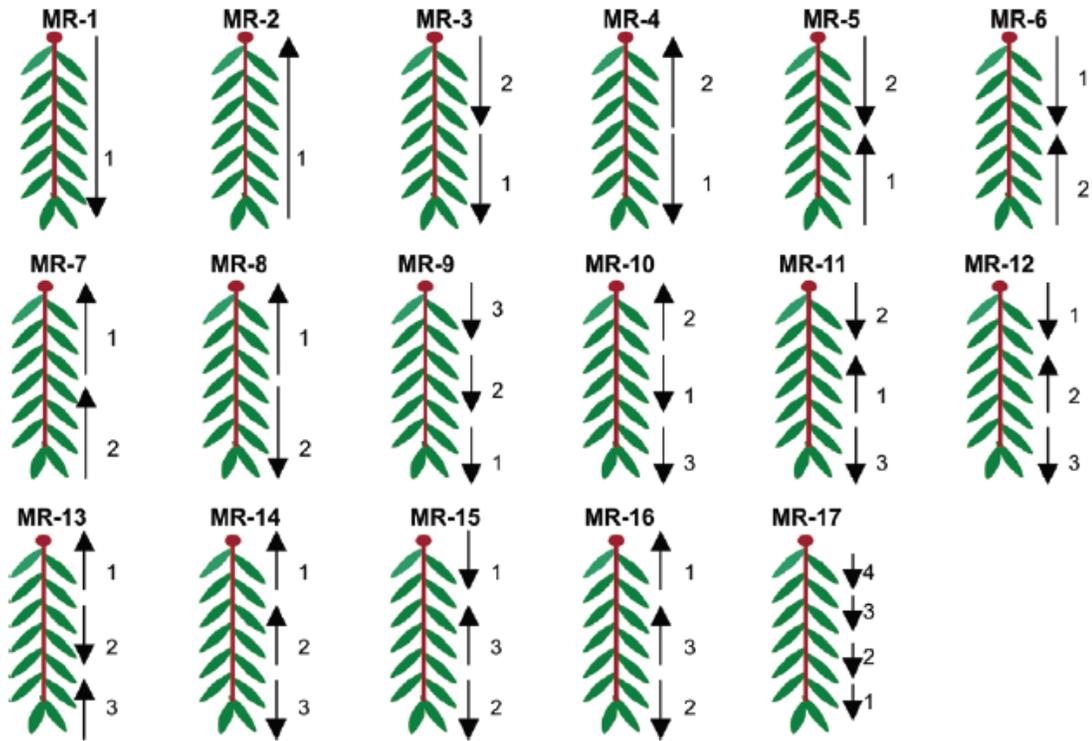
Figura 16. Movimiento estándar de recolección por rama.



Fuente: Elaboración propia a partir de CENICAFE.

Como se menciona anteriormente no siempre se tendrá una cosecha total del grano, en la **figura 17** se muestra las diferentes combinaciones, siendo cada flecha los movimientos posibles de recolección, y de toma de la rama sabiendo la ubicación de granos maduros.

Figura 17. Movimientos de recolección con base en madures del grano.

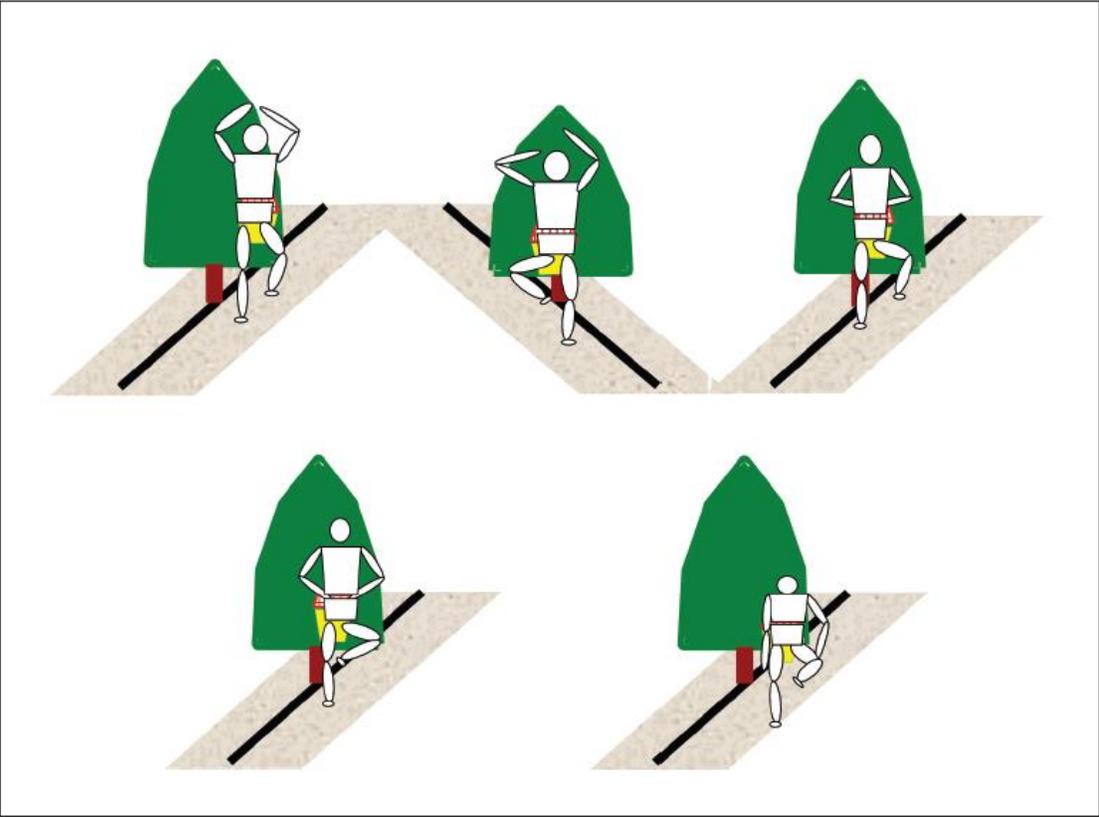


Fuente: Elaboración propia a partir de CENICAFE.

- MOVIMIENTO DEL CUERPO

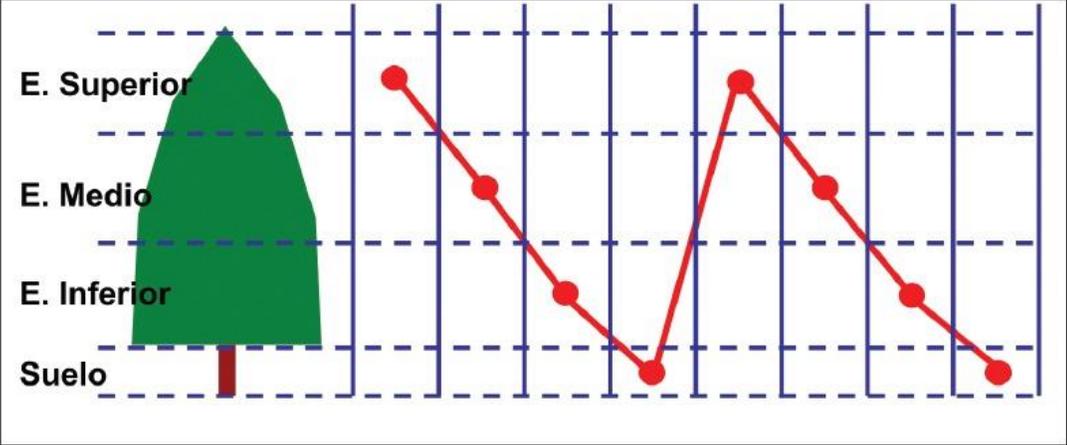
Para el aspecto de movimientos del cuerpo se analizó el perfil ergonómico del trabajador, en el que se observaba para largas jornadas de trabajo dolores de espalda y piernas constantes en un método de recolección tradicional o empírico (CENICAFE, 2014), es por ello, que como se observa en la **figura 18** se plantean 5 posturas principales durante el proceso de recolección, considerando la zanja e inclinación del terreno, en las que se lleva el correcto apoyo de piernas, sabiendo que se tiene un peso en la cintura de 12 kg promedio durante la jornada, De igual forma en la **figura 19** describiendo las zonas de desplazamiento del cuerpo por cara del árbol.

Figura 18. Posturas adecuadas para la recolección



Fuente: Elaboración propia a partir de CENICAFE

Figura 19. Zonas de desplazamiento del cuerpo.



Fuente: Elaboración propia a partir de CENICAFE.

- MOVIMIENTOS DE LAS MANOS

Los movimientos de las manos son la parte principal de mejora de este método, en el que se plantean cinco movimientos reflejados en therbligs, estos movimientos como se muestra en la **tabla 15**, se identificaron para el método de recolección tradicional y el método mejorado, en el que se logra reducir los movimientos optimizando la recolección por árbol hasta en un 36%, esto se comprobó en la zona en estudio, con el fin de comprobar si es posible la reducción de mano de obra básica necesaria para completar el proceso.

Tabla 15. Ciclos básicos de movimientos de las manos

THERBLIGS O MICROMOVIMIENTOS	
METODO DE RECOLECCIÓN TRADICIONAL	METODO DE RECOLECCIÓN MEJORADO
<p>TvB: transportar / buscar So: Sostener Ar: Arrancar TrPalm: Transportar a la palma Vo: Volver TcDc: Transportar con carga y dejar carga</p>	<p>TvB: transportar / buscar So: Sostener Ar: Arrancar Dc: dejar caer</p>

Fuente: Vélez (2016)

7.5. IMPLEMENTOS DE RECOLECCIÓN

Los implementos más importantes a la hora de recolectar café tipo cereza, son los “cocos” de recolección y los costales de fibra sintética o cabuya, estos han sido los implementos más importantes para el recolector en la etapa de cosecha, herramientas útiles y que se han usado por varios años y que a través el tiempo se ha mejorado para facilitar este trabajo pensando de igual forma en optimizar su recolección.

Dentro de estos implementos de igual forma encontramos “la manga” de recolección, una cangurera que de forma más sencilla permite la recolección del grano café cereza, disminuye movimientos de la persona que está cosechando y permite que la persona se fatigue menos en esa jornada tan larga de trabajo, estos son implementos innovadores que asociaciones quieren implementar para mejorar la calidad de vida de los recolectores, pensando de igual forma en optimizar las actividades, desde las más pequeñas a las más complejas. (Ramirez, Buenaventura, Oliveros y Sanz, 2013).

La cantidad de cocos y costales depende del tamaño del lote y la cantidad de árboles que están disponibles para ser cosechados, en la **tabla 16** podemos observar el número óptimo de costales requeridos para el proceso en base a la condición más pesimista, media y optimista propuesto por cenicafe y que se ha conservado en el transcurso de los años.

Tabla 16. Número de costales propuestos por hectárea

NÚMERO DE COSTALES REQUERIDOS A DIARIO POR LOS RECOLECTORES PARA COSECHAR UNA HECTÁREA DE CAFÉ			
KILOGRAMOS DE CAFÉ POR COSECHA DE ÁRBOL	2500 plantas por hectárea	5000 plantas por hectárea	10000 plantas por hectárea
	NÚMERO DE RECOLECTORES		
Menos de 0,5 kg	6	12	24
Entre 0,5 y 1 kg	6 , 12	12 , 21	24 , 42
Entre 1 y 1,5 kg	12 , 15	21 , 23	42 , 63
Entre 1,5 y 2 kg	15 , 20	33 , 40	63 , 80
Más de 2 kg	20	40	80

Fuente: FNC y Cenicafé, (2019)

A partir de la información antes mencionada, es importante conocer cada implemento a detalle, sus características y dimensiones, así como capacidades de almacenamiento estas se muestran en la **tabla 17** para el costal de entrega a centros de acopio, **tabla 18** para cocos recolectores dentro del nodo de cosecha, así como en la **tabla 19** un instrumento conocido como manga recolectora usada de igual forma en esta etapa, esto con el fin de brindar contexto dentro las actividades logísticas, de recolección y movimiento del grano.

Tabla 17. Ficha técnica costal cafetero

COSTAL	Versión: 1
	Página:1
DESCRIPCIÓN	
	<p>Son utilizados para la recolección, empaque, almacenamiento, transporte y comercialización de productos; se usan principalmente en el sector (café, tubérculos, cacao), construcción (recolección de materiales, empaque de materias primas, fabricación de trincheras, cunetas y estructuras de contención, entre otros).</p>
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Alto	95 cm
Ancho	70 cm
Largo	95 cm
Peso	600 gr
Capacidad	62,5 kg
CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES	
Biodegradables	
Facilidad a momento del arrume	
No altera las propiedades del producto	
Permite un fácil muestreo del producto	
Permite la aeración del producto (respiración)	
Resistentes	

Fuente: CIAMPAQUES (2016)

Tabla 18. Ficha técnica coco recolector cafetero

COCO RECOLECTOR DE CAFÉ		Versión: 1
		Página: 1
DESCRIPCIÓN		
		<p>El coco recolector de café, es un recipiente de plástico con una lengüeta la cual ayuda y permite que la mayoría del grano del café caiga en este, cuenta con una correa o canguro que cuelga de la cintura de los caficultores para más comodidad y movilidad entre los cultivos, es una de las herramientas más importantes en el momento de la recolección.</p>
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
Alto		28 cm
Ancho		24,5 cm
Largo		34,5 cm
Peso		820 gr
Capacidad		18 kg
CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES		
Fabricado en polietileno de alta densidad		
Resistente al impacto		
Material amigable con el medio ambiente después de cumplir su ciclo de vida		
Agujeros laterales para la graduación del canguro o correa		
Lengüeta plegable para mejor eficacia a la hora de recolectar		
Amplio espacio para los granos de café		
Fácil limpieza para nuevos usos		

Fuente: Salgado (2018)

Tabla 19. Ficha técnica “manga” recolector

MANGA RECOLECTORA DE CAFÉ		Versión: 1
		Página: 1
DESCRIPCIÓN		
	<p>La manga recolectora de café es una cargadera fabricada de una tela impermeable para la protección del grano, posee una cremallera en la parte inferior para descargar los granos recolectados en que se ubica en los brazos del recolector dejando las manos libres de manera que el grano solo caiga entre los agujeros que están en las muñecas, la cargadera se sujeta en la cintura, proporcionando el peso y permitiendo recolectar una cantidad mayor de grano de café.</p>	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
Alto	N/A	
Ancho	10 cm	
Largo	100 cm	
Peso	N/A	
Capacidad	30 kg	
CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES		
Fabricado en tela impermeable		
Fácil instalación al caficultor		
Ergonómico al momento de tener un peso considerable en la manga		
Agujeros laterales ubicados en las muñecas para mejor recolección		
Se eliminan dos movimientos los cuales fatigan al recolector		
Amplio espacio para los granos de café		

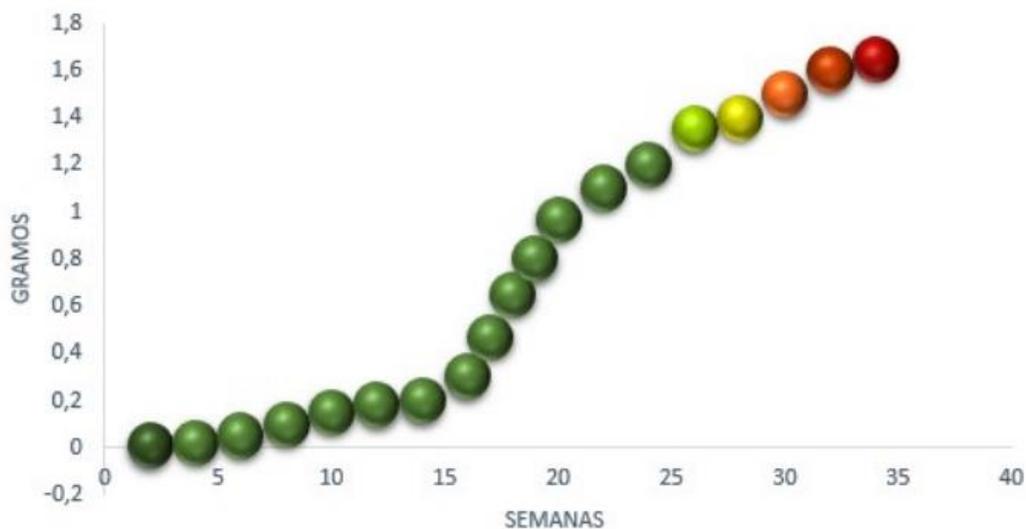
Fuente: Ramírez (2013)

7.6. RECOLECCIÓN

El grano de café cereza debe recolectarse en su mejor punto de maduración, la recolección oportuna se realiza para evitar que el fruto se quede en la planta, se sobre maduren o sequen (guayaba) (FNC & Cenicafé, 2005,p14) o que estas se caigan al suelo madurándose de forma que se conviertan en broca la cual puede perjudicar al árbol y su producción a futuro.

Teniendo en cuenta las temporadas de maduración, se sabe la edad de los frutos a la hora de ser cosechados los frutos verdes con edades inferiores a 30 semanas como muestra la **figura 20** o frutos sobre maduros y casi secos de 34 a 36 semanas no tienen el peso adecuado de recolección (FNC & Cenicafé, 2005,p14), si se llegan a recolectar podría variar o cambiar la calidad del café ya que no están en las óptimas condiciones de cosecha.

Figura 20. Evolución de maduración del grano



Fuente: Borrero (2016)

7.7. TRANSPORTE

Una vez concluido el proceso de cosecha y transformación interna del producto, se debe enviar el café a centros de distribución pertinentes, dada la ubicación de la fincas cafeteras que en su mayoría están apartadas a centros de acopio , las personas encargadas deben contratar un vehículo en el municipio más cercano, que es el caso común, aunque es también sabido que algunos cuentan con vehículo propio, sin embargo para las encuestas realizadas se suele contratar este servicio, estos vehículos son camionetas de doble transmisión o 4*4, los cuales son la mejor elección y la decisión más común por parte de ellos, por el tipo de carreteras presentes en la región que como se observa en la **tabla 20** son carreteras de gravilla en deplorables condiciones que dificultan el transporte del grano en un vehículo diferente a este, el vehículo también se usa debido a su capacidad de carga por el platón que presenta.

Tabla 20. Condiciones de vías - provincia de Lengupá



Fuente: Elaboración propia

8. PROPUESTA DE MODELO PARA LOS NODOS DE COSECHA Y TRANSFORMACIÓN

8.1. METODOLOGÍA DE MODELACIÓN

Con base en la información recolectada se realizarán dos partes, el modelo general de distribución entre fabricantes y puntos de acopio, se estudiarán los beneficios en términos de reducción de costos del método actual y el método propuesto, a partir de la simulación de diversos escenarios con base en producción, pesimista, más probable y optimista. Manejando el vehículo contratado actual de la zona y el propuesto con el fin de identificar la mejor opción en términos de eficiencia y reducción de costos. Para ello se analizará:

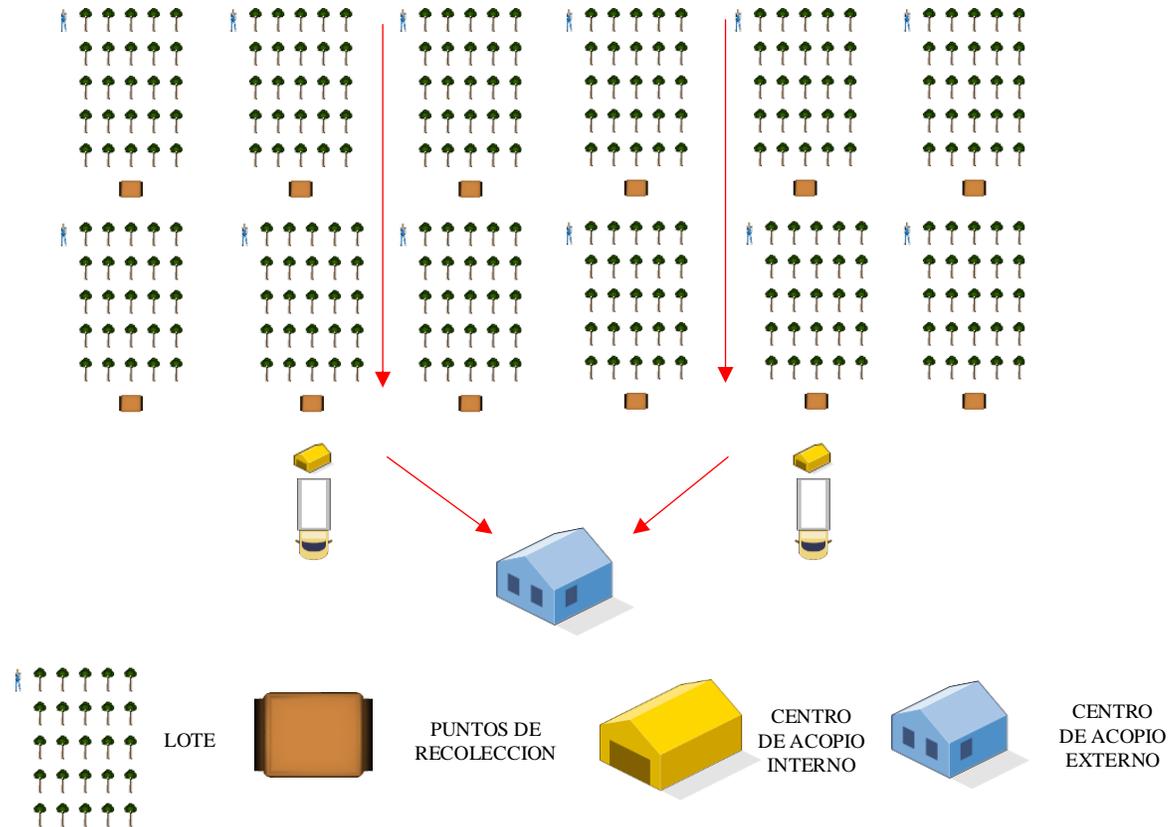
- Modos y medios de transporte
- Capacidad productiva (producción con comportamiento pesimista u optimista)
- Tiempos de transporte, de igual forma evaluando escenarios pesimista y optimista.
- Sistemas de comunicación y costos, entre otros.
- Evaluando una producción con comportamiento probabilístico

8.2. DISTRIBUCIÓN LOGÍSTICA

Como se observa en la **figura 21**, esta se inicia en los lotes de cosecha cuando la producción obtenida se deposita en los puntos de recolección dentro del lote, de allí se traslada al proceso de transformación, que una vez concluido se almacena en la bodega de cada finca (llamado en este caso punto interno o acopio interno **(i)**): allí un vehículo recoge los costales y los transporta a un punto de acopio externo **(j)**:

estos vehículos cuentan con una capacidad determinada. variable clave en el número de viajes y capacidad de transporte de cada uno, que incurrirá en costos de un tipo u otro.

Figura 21. Distribución logística puntos de acopio interno y externo



Fuente: Elaboración propia

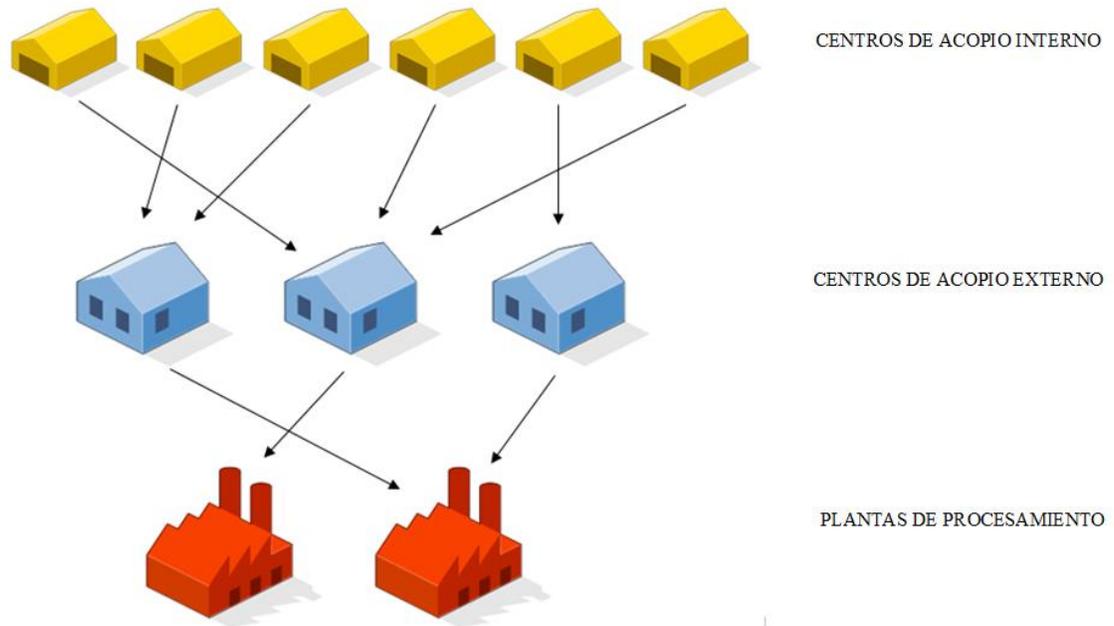
Dentro de la metodología se contempla evaluar por muestreo las fincas productoras de café, los rasgos y características en los medios de transporte, la variedad de medios, distinguidos por su capacidad de carga por viaje (o rendimiento), número de viajes por periodo (día), tiempos de cargue y descargue, número de viajes

máximo por periodo que puede realizar un camión o vehículo, el número de vehículos disponibles de cada tipo, costos unitarios de transporte (\$/km), (estos varían dependiendo el medio y la distancia), costo de desplazamiento y costo fijo por periodo de cada medio, esto puede permitir mayor eficiencia, según el tamaño del vehículo cuando las distancias son largas, trabajando las distancias en **km** desde cada punto interno **(i)** hasta cada punto externo **(j)**, velocidad por tipo de vehículo, la producción en kilogramos o número de cargas esperada de cada finca agrupada en el punto interno (i), el programa de cosecha por periodo (mensual), en cada punto interno **(i)**, la capacidad de los puntos externos **(j)**.

Por razones administrativas, técnicas y aspectos fisicoquímicos, solo en los puntos externos (j) se podrá combinar cargas provenientes de los puntos internos (i). El modelo se realizará analizando parámetros y factores relevantes de las zonas geográficas, teniendo la versatilidad de adecuarse a las particularidades en la demanda para la operación de transporte.

Es importante recalcar que el modelo no contemplara el transporte total hasta el nodo de procesamiento final como se muestra en la **figura 22**, solo se tomaran los ya antes mencionados acopio interno y externo, además partiendo del hecho que en la actualidad se maneja un tipo de vehículo estandarizado para la región, la investigación y modelación contemplará un vehículo número 2 de mayor capacidad, pero de mayor costo, esto con el fin de conocer su viabilidad y si este resulta más eficaz a la hora de transportar el grano, se medirá a partir de varias iteraciones y escenarios conociendo capacidades pesimistas y optimistas, así como tiempo total de transporte.

Figura 22. Distribución de rutas centro de acopio interno – externo - procesamiento



Fuente: Elaboración propia

8.3. IDENTIFICACIÓN DE IMPLEMENTOS LOGÍSTICOS DENTRO DE LOS NODOS DE COSECHA Y TRANSFORMACIÓN

Con el fin de encontrar un modelo óptimo de costos relacionado con los implementos logísticos necesarios para la ejecución de toda la etapa productiva cafetera, se analizaron todos aquellos elementos de costos que están directa o indirectamente involucrados como pueden ser mano de obra, materiales etc.

8.3.1. Materiales directos e indirectos nodos de cosecha y transformación.

Para la identificación y desarrollo de este segmento es necesario conocer las etapas de producción de café, desde sus proveedores hasta la cosecha y transformación así como cada uno de los subprocesos que están involucrados tal y como se mostraron previamente en el **diagrama 3** y **diagrama 4**, en esta etapa se tiene en cuenta todos los implementos logísticos y costos en los que se incurre para llevar el proceso, de tal manera para la identificación se clasificaron en 3 partes fundamentales, materiales directos, materiales indirectos y mano de obra.

Costos logísticos de materiales directos: en esta parte van involucrados todos aquellos materiales que se identifican en la fabricación del producto terminado, en este caso el café, representando así el principal costo.

Costos de materiales indirectos: son los materiales involucrados en la elaboración del producto, pero que no son materiales directos en el proceso, pueden identificarse como costos indirectos de fabricación.

Costos de mano de obra: es el trabajo que está directamente relacionado en la fabricación del producto, un producto terminado (café), este representa un importante costo en la elaboración del producto y durante toda la etapa productiva.

8.4. ETAPAS DENTRO DEL PROCESO

Existen 3 etapas fundamentales en las que se involucran los elementos mencionados anteriormente, cada una de ellas presenta una estructura en la que se involucran materiales directos, indirectos y mano de obra.

8.4.1. Germinador y almacigo

Partiendo desde el nodo de cosecha para la producción cafetera es necesaria la construcción de un cajón en el cual se plantan las semillas, este es conocido como germinador, en este las semillas, valga la redundancia germinan, estas permanecen en el cajón por un determinado tiempo hasta que aparezcan el primer par de hojas conocidas como chapolas, este germinador suele estar planeado con un tiempo de antelación, por lo regular 8 meses, esto con el fin de tenerlo listo al momento de empezar la siembra en el lote de la finca, el germinador se puede construir de manera artesanal con el conocimiento previo de su fabricación, por lo general se construye en tablas con una medida de un metro por un metro (1M X 1M), sin embargo esto es a gusto del caficultor, en su fabricación se requiere al menos 1 kilogramo de semilla que puede producir entre 3000 y 5000 chapolas.

En esta etapa de igual manera la siembra de la semilla es factor fundamental para la producción del germinador, tal y como se especifica en el documento, la semilla en este caso recibe el nombre de granos de café variedad Lengupa, que son los que serán sembrados, esta selección de la semilla es etapa fundamental, de esta dependerá la calidad de las nuevas plantas y de la futura cosecha.

La obtención de esta semilla puede realizarse de dos formas, se selecciona de los árboles de café más productivos de la finca, o bien se adquieren de las granjas o fincas experimentales de CENICAFE, que es la mejor opción, esta puede ser la base final de la producción como una inversión a largo plazo.

Estas semillas o granos de café deben ser despulpados, deben fermentarse y lavarse, su tratamiento debe ser de la mejor manera ya que de esto depende la producción, debe ser con agua limpia, esta semilla debe secarse a la sombra y con buenas condiciones de aire y ventilación, la semilla debe ser expuesta a calor con una temperatura no mayor a 37°C. al final del proceso, la semilla debe tener una humedad entre el 11 y 12%. Para las variedades mejoradas, como es la variedad castillo (propia de Lengupa - Miraflores), esta se obtiene a través del comité departamental o a través de CENICAFE.

Como ya lo hemos mencionado en repetidas ocasiones para la provincia de Lengupa y los municipios de muestreo que se han tomado en esta investigación, la variedad es castillo, esta fue desarrollada en cenicafe con programas de mejoramiento genético, con mejor calidad, precocidad y resistencia a la roya.

- Resistencia a la roya: esta ha sido una de las principales enfermedades del cultivo de café, esta se manifiesta en una especie de hongo o mancha presente en la hoja del café, en árboles de todas las edades, este hongo o mancha torna las hojas de un color naranja – amarillo la hoja se cae y no proporciona al fruto los nutrientes necesarios lo que se traduce en baja calidad.
- Distribución de cosecha: en base a la condición climática de la zona donde se encuentre los cultivos de café, puede variar la cosecha y el número de estas, para la provincia de Lengua se presenta solo una cosecha en el segundo semestre de cada año
- Manejo agronómico y producción: la calidad de la cosecha dependerá directamente de todo el manejo que se halla llevado a lo largo del año, así como la forma de recolección del fruto, para esto es necesario tener conocimiento en el manejo de arvenses (tratado de yerbas y maleza), esquemas de fertilización adecuados a las necesidades del cultivo y la zona geográfica donde se encuentre.

En beneficio del caficultor, es necesario realizar un control de calidad al germinador realizado, esto porque de este parte o etapa dependerá en gran medida la producción que se va a realizar, de igual forma, en el germinador se pueden presentar enfermedades, una de ellas conocida como volcamiento, un hongo que ataca la semilla y las chapolas de café en crecimiento, que se manifiesta de forma que la raíz atraviesa el fondo de la bolsa se produce un doblez en forma de L conocido arbitrariamente como cola de marrano, este defecto tendrá repercusión en el anclaje a plantas adultas en futuras reformas o zocas.

Como se observa en la **tabla 21** están los materiales directos e indirectos para su fabricación, el grado en el que se maneje un germinador adecuadamente, garantizara que en su Traslado a la siguiente etapa no haya inconvenientes, estando las chapolas listas, estas estando completamente abiertas, bien formada con su raíz suficientemente fuerte, se translada al almacigo donde se convierten en colinos y estarán a la espera.

Tabla 21. Materiales directos e indirectos usados en la fabricación del germinador

MATERIALES DIRECTOS	MATERIALES INDIRECTOS	MANO DE OBRA
Semillas de café	Carretilla	Jornales para la construcción del germinador. Riego para semilla. Fabricación del almacigo. Preparación de la tierra. Llenado y colocación de las bolsas
Arena de rio	Regadera	
Tierra negra	Alambre	
Madera	Puntillas	
Bolsas plásticas		
Fungicidas		
Bolsas negras		

Fuente: Elaboración propia

8.4.2. Etapa de siembra

Los materiales directos e indirectos en esta etapa se observan en la **tabla 22**, ahora bien al momento de realizar la siembra de las plántulas, en este caso los colinos de café se debe realizar un trazado sobre el terreno esto con el fin de distribuir las plantas adecuadamente, ordenarlas de tal manera que sea más fácil en un futuro realizar las labores de desyerbe, abono, fumigación y recolección por lo general un metro por un metro (1M X 1M), de igual manera es necesario saber si el cultivo será de sombra, de esta manera se encuentran colinos de plátano y se siembran en redondo de la hectárea o cerco de café, sin embargo la distancia de siembra varia y no hay una regla como tal, ya que depende de la forma geográfica.

Tabla 22. Materiales usados en la siembra de cultivos de café

MATERIALES DIRECTOS	MATERIALES INDIRECTOS	MANO DE OBRA
Palas y palines		Jornales para: trazado del terreno y ahoyado en el terreno
Abono orgánico		

Fuente: Elaboración propia

8.4.3. Etapa de crecimiento y producción

En la etapa de crecimiento y producción es necesario todo el control de arvenses, coloquialmente conocido como desyerbe o control de malezas, los materiales directos e indirectos para llevar a cabo esta actividad se muestran en la **tabla 23**, esta es una de las etapas complicadas ya que las moléculas de herbicidas, pueden tener impactos negativos en la producción del cultivo, así como daño al mismo, por eso es importante la combinación adecuada de manejo químico, mecánico, manual y biológico, un manejo adecuado es fundamental para que no se produzca erosión en el suelo y de esta manera no afecte el rendimiento en los cultivos, dependiendo la zona geográfica y la forma de producción (café orgánico o tradicional) que se quiere obtener, es importante conocer la importancia de la sombra, esta genera un cuidado sobre el cultivo pero tiene sus ventajas y desventajas, estas principalmente radican en que se reduce la producción pero aumenta la vida útil del cultivo considerablemente (CENICAFE, 2014), estos favorecen principalmente a las zonas cálidas, lluviosas o muy secas, evitando también la aparición de enfermedades.

En la etapa de crecimiento una de las actividades de mayor importancia es la fertilización, en esta práctica se les suministra a las plantas los nutrientes que el suelo no tiene, de esta forma se obtienen plantas más vigorosas, para una correcta fertilización la federación nacional recomienda un análisis de suelo, el cual se toma en la finca, se envía al laboratorio y en un mes aproximadamente se entregan los resultados con recomendaciones de fertilización.

Tabla 23. Materiales utilizados en el crecimiento y producción de café

MATERIALES DIRECTOS	MATERIALES INDERECTOS	MANO DE OBRA
Machetes	Gasolina	Jornales para: control de arvenses, (manual, mecánico, químico). Fertilización, control sanitario
Limas		
Guadaña		
Selector de arvenses		
Fertilizantes		
Fumigadora		
Insecticidas		
Plaguicidas		

Fuente. Elaboración propia.

8.4.4. Etapa de cosecha

En los cafetales la producción aumenta con el pasar de los años, cuando este crece en un promedio de 6 años, puede dar unas cuatro o 5 cosechas, a partir de este punto es necesaria la renovación de los lotes, los materiales directos e indirectos para este manejo se observan en la **tabla 24** así como la mano de obra para realizarla.

En la etapa de cosecha es donde se presentan la mayoría de costos en mano de obra a lo largo del proceso, y cada uno de los implementos mencionados en la tabla para el trabajador, deben adquirirse para cada uno de ellos, lo que aumenta el costo total, teniendo en cuenta un manejo estandarizado de 10 trabajadores por hectárea

Tabla 24. Materiales usados en la cosecha de café

MATERIALES DIRECTOS	MATERIALES INDERECTOS	MANO DE OBRA
Canastos recolectores		Jornales para la etapa de recolección o cosecha
Costales recolectores		
Lengüeta		
Correa		
Pesa		
Fumigadora		
Insecticidas		
Plaguicidas		

Fuente. Elaboración propia

Teniendo en cuenta lo anterior, es posible identificar todos los implementos necesarios para llevar a cabo el proceso, estos implementos, insumos y suministros se tomaron desde la parte inicial del nodo de cosecha, así como en el nodo de transformación, como se observa en la **Tabla 25** son todos los necesarios para llevar a cabo el proceso, se realizó una identificación de costos con cantidades necesarias, encontrando la inversión total que se realiza.

8.4.5. Tablas de costos de implementos y mano de obra actuales

Para el análisis y elaboración de la tabla de costos se tomaron cantidades necesarias en la siembra y tratamiento de plantas en un área de cafetal de 1 HA (una hectárea) con una media estimada de 5000 plantas por hectárea. Como se muestra en la **Tabla 25** los implementos necesarios para el nodo de cultivo son los siguientes.

Tabla 25. Costos etapa de cultivo

COSTOS NODO DE CULTIVO

GERMINADOR

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR UNITARIO (COP)	VALOR TOTAL (COP)
Semillas	2	KG	\$ 20.000	\$ 40.000
Arena de rio	4	MTS	\$ 12.000	\$ 48.000
Madera	4	METROS	\$ 10.000	\$ 40.000
Alambre de amarre	2	KG	\$ 4.000	\$ 8.000
Tierra negra	3	MTS	\$ 5.000	\$ 15.000
Mano de obra (ensamble)	2	JORNAL	\$ 30.000	\$ 60.000
Carretilla	1	UNIDAD	\$ 100.000	\$ 100.000
Puntillas	1	CAJA	\$ 5.000	\$5.000
Regadera	1	UNIDAD	\$ 15.000	\$ 15.000
Fungicida	1	FRASCO	\$ 20.000	\$ 20.000
TOTAL				\$ 351.000

COSTOS ALMACIGO

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR UNITARIO (COP)	VALOR TOTAL
Compra de bolsas	70	BOLSA	\$ 1.200	\$ 84.000
Tierra	50	MTS	\$ 5.000	\$ 250.000
Mano de obra bolsas	2	JORNALES	\$ 30.000	\$ 60.000
Mano de obra construcción	2	JORNALES	\$ 30.000	\$ 60.000
Puntillas	2	KG	\$ 4.000	\$ 8.000
Alambre		KG		-
Siembra de semillas (7000)	2	JORNALES	\$ 30.000	\$60.000
Mano de obra insecticidas		JORNALES	\$ 30.000	-
Mano de obra desyerbe		JORNALES	\$ 30.000	-
TOTAL				\$ 522.000

COSTOS SIEMBRA

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR UNITARIO (COP)	VALOR TOTAL (COP)
Adecuación del terreno	2	JORNALES	\$ 30.000	\$ 60.000
Trazado - ahoyado	3	JORNALES	\$ 30.000	\$ 180.000
Palines	1	PALIN	\$ 20.000	\$ 20.000
Abono		BULTO	\$ 10.000	-
TOTAL				\$ 260.000

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la **tabla 26** se presentan los materiales y mano de obra necesaria en la etapa de transformación, esta etapa inicia cuando el terreno queda preparado y una vez se realizó la plantación de las chapolas previamente conservadas en el almacigo, en esta etapa se considera una parte fundamental en el control del cultivo, esta es la mano de obra la cual necesita de diversos implementos para la realización de su labor.

Tabla 26. Costos etapa de transformación

COSTOS NODO TRANSFORMACIÓN CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN

CONTROL DE ARVENSES						
ACTIVIDAD	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	NUMERO DE VECES (AÑO)	CANTIDAD TOTAL	VALOR UNITARIO (COP)	VALOR TOTAL (COP)
MANO DE OBRA						
Trabajo manual (machete)	0	JORNALES	2	0	\$ 30.000	-

Trabajo mecánico (guadaña)	0	JORNALES	2	0	\$ 30.000	-
Trabajo de control químico	1	JORNALES	2	2	\$ 30.000	\$60.000
INSUMOS						
Limas	1	LIMA	1	1	\$ 5.000	\$ 5.000
Machetes	1	MACHETE	1	1	\$ 10.000	\$10.000
Herbicida	1	LITRO	2	2	\$ 15.000	\$30.000
Guadaña	0	UNIDAD	1	0	\$ 1.200.000	-
Gasolina	0	GALON	2	0	\$ 8.500	-
TOTAL						\$105.000

FERTILIZACIÓN

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	NUMERO DE VECES (AÑO)	CANTIDAD TOTAL	VALOR UNITARIO (COP)	VALOR TOTAL (COP)
MANO DE OBRA						
Mano de obra - fertilizante	3	JORNAL	2	6	\$ 30.000	\$180.000
INSUMOS						
Insumo - fertilizante	2	BULTO	2	4	\$ 95.000	\$380.000
Insumo - análisis de suelo	1	UNIDAD	1	1	\$ 150.000	\$150.000
Insumo - transporte fertilizante	2	VALOR BULTO	1	2	\$ 1.000	\$ 2.000
TOTAL						\$ 712.000

Fuente: Elaboración propia

El control sanitario es una etapa fundamental en la que están implícitos como se observa en la **tabla 27**, los distintos insecticidas, pesticidas, fertilizantes todos ellos se encargan de conservar el grano y prevenir las plagas, ya que estas son una de las causas principales que afectan el pago del grano en su etapa final.

Tabla 27. Costos para control sanitario.

CONTROL SANITARIO						
ACTIVIDAD	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	NUMERO DE VECES (AÑO)	CANTIDAD TOTAL	VALOR UNITARIO (COP)	VALOR TOTAL (COP)
CONTROL DE LA BROCA						
Mano de obra	1	JORNAL	2	2	\$ 30.000	\$ 60.000
Insumo - insecticida	1	LITRO	2	2	\$ 20.000	\$ 40.000
Fumigadora	1	UNIDAD	1	1	\$ 60.000	\$ 60.000
TOTAL						\$160.000

CONTROL DE ROYA Y OTROS						
Mano de obra	1	JORNALES	2	2	\$ 30.000	\$ 60.000
Insumo - fungicida	1	KILO	2	2	\$ 20.000	\$ 40.000
TOTAL						\$100.000

Fuente: Elaboración propia

En la etapa de cosecha como se observa en la **tabla 28** está presente la mayor parte de la mano de obra, esto se debe a que se necesita recolectar el grano lo más rápido posible cuando este está en su etapa de maduración más óptima, este periodo de cosecha se realiza, para la zona de Lengupa en inicios del mes de septiembre y va hasta finales de diciembre en la que se usa un promedio de 10 trabajadores.

Tabla 28. Costos durante la cosecha

COSECHA						
ACTIVIDAD	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	NUMERO DE VECES (AÑO)	CANTIDAD TOTAL	VALOR UNITARIO (COP)	VALOR TOTAL (COP)
Mano de obra - recolección	10	JORNALES	5	50	\$30.000	\$1.500.000
INSUMO						
Canastos recolectores	10	UNIDAD	1	10	\$30.000	\$300.000
Costales	50	UNIDAD	1	50	\$500	\$ 25.000
Pesa	1	UNIDAD	1	1	\$30.000	\$ 30.000
TOTAL						\$1.855.000

TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTAREA \$ 4.065.000.00

Fuente: Elaboración propia

Tras realizar la identificación de implementos, herramientas y mano de obra necesaria y presente en los nodos de cosecha y transformación se identifica un valor para la forma tradicional de manejo de los caficultores de 4.065.000.00 esto para un manejo estimado de una hectárea.

8.5. FORMULACIÓN MODELO GENERAL

Mediante el contexto colombiano de transporte de sacos de café en los diferentes sectores de Colombia, se describen situaciones estándar, en las que se evidencia las diversas características de modos y medios de transporte, se propone un modelo que tiene grado de mejora operativa y económica, esto evidenciado en un análisis de campo sobre parámetros y factores importantes en la zona geográfica atendida, este modelo será base y puede adecuarse a las condiciones cambiantes de demanda y operación de transporte, la formulación principal nos dice.

OBJETIVO: Determinar un plan de acopio de sacos de café en Lengupa (número de viajes y cantidad a transportar), que produzca el menor coste posible.

Función objetivo: MINZ

1. (i) = centro de acopio interno
2. (j) = centro de acopio externo

$$FO = \text{DIST}(i, j) * X(i, j) * \text{CPK}$$

o VARIABLES DE DECISIÓN

- X_{ij} : Cantidad de kg, para transportar desde el origen (punto de acopio interno), "i" al destino (punto de acopio externo), "j" en el medio de transporte "k" donde $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$ y $k = 1, 2, \dots, r$
- DT : Minimización de costos de transporte con base a la distancia recorrida donde, $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$ y $k = 1, 2, \dots, r$

□ PARAMETROS

- DEM_j : Demanda de los centros de acopio en número de sacos por finca donde $j=1,2, \dots, n$.
- CPI : Capacidad de producción de cada finca con almacén en centro de acopio donde $i = 1,2, \dots, m$.
- $DIST_{ij}$: Distancia en km desde el origen a centros de acopio donde $i = 1,2, \dots, m$; $j=1,2, \dots, n$.
- CPK : Costo por saco del vehículo transportador
- CAK : Costo por activación del vehículo

FUNCIÓN OBJETIVO: Mediante un análisis es posible construir una familia de restricciones que garantice el cumplimiento del sistema, a partir de esto, la condición 0 es la función objetivo para minimizar el costo total por saco para transportar, en los costos están asociados al viaje de cada vehículo dependiendo del costo por saco y la distancia recorrida.

□ SUJETO A LAS SIGUIENTES RESTRICCIONES

La restricción número 1 es aquella que nos permite asegurar que la cantidad que se recolecta en cada punto o centro de acopio interno dentro de las fincas cafeteras, sea igual a la cantidad de producto que se distribuye en los centros de acopio externos o cooperativas.

s.a.

$$\sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^n X_{ij} = DEM_j \quad \text{donde} \quad i = 1, 2, \dots, m, j=1,2, \dots, n \quad (1)$$

La restricción número dos nos asegura que la cantidad de sacos a entregar en los centros de acopio (j) sea menor o igual a la capacidad de producción de cada finca (i).

s.a.

$$X_{ij} \leq CP_i \quad \text{donde } i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

8.5.1. Censo de fincas y muestreo del modelo inicial.

Para la realización del modelo inicial es importante conocer el número de fincas cafeteras registradas para la provincia de Lengupa, esto a partir de saber el número de hectáreas sembradas, total de fincas y número de caficultores como se detalla en la **tabla 29**, sin embargo, como se planteó al inicio del proyecto, la investigación solo contemplaría a pequeños productores cafeteros que corresponden al 25.8 % del total presente (secretaría de fomento y desarrollo agropecuario, 2019), el alcance de la investigación se definió para los municipios de Miraflores y Zetaquirá principalmente, es por ello que se realizó un pre-muestreo en fincas en las que nos concedieron acceso a su infraestructura e información, recalcando el secretismo de datos y actitud de rechazo a proporcionarlos, se visitaron diez fincas de pequeños productores y se encuestaron personas ajenas pero conocedoras de la actividad, en los que se observaba un manejo de recursos similar, en cuanto a terreno, mano de obra, tipo de maquinaria, variedades, etc., es por ello que a partir de este pre – muestreo se puede notar una clara tendencia en el manejo de terrenos para pequeños productores, y dado que las fincas visitadas están ubicadas en un cuadrante compuesto por Miraflores – Zetaquirá – Berbeo, la aleatoriedad de las visitas y la clara tendencia observada nos permite inferir propiedades del total correspondiente a pequeños productores cafeteros con el fin de dar confiabilidad al modelo.

Sin embargo, dado que la muestra es reducida, la confiabilidad del modelo se reduce, pero no significa que no represente un escenario posible.

Tabla 29. Número de caficultores y hectáreas sembradas de café en Lengua.

PROVINCIA DE LENGUA					
MIRAFLORES		ZETAQUIRA		BERBEO	
CAFICULTORES	665	CAFICULTORES	911	CAFICULTORES	389
FINCAS	809	FINCAS	1222	FINCAS	464
HECTAREAS	781.59	HECTAREAS	1156.59	HECTAREAS	452.8
CAMPOHERMOSO		SAN EDUARDO		PAEZ	
CAFICULTORES	191	CAFICULTORES	215	CAFICULTORES	288
FINCAS	197	FINCAS	248	FINCAS	305
HECTAREAS	203.15	HECTAREAS	248.38	HECTAREAS	323.96

TOTAL					
CAFICULTORES	2659	FINCAS	3245	HECTÁREAS	3166.47

TOTAL PEQUEÑOS PRODUCTORES (MIRAFLORES – ZETAQUIRA)					
CAFICULTORES	406.6	FINCAS	523.99	HECTÁREAS	500.5

Fuente: Secretaria de fomento y desarrollo agropecuario, 2019.

8.5.2. Rutas entre centros de acopio interno y externo

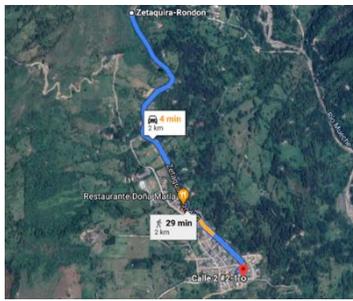
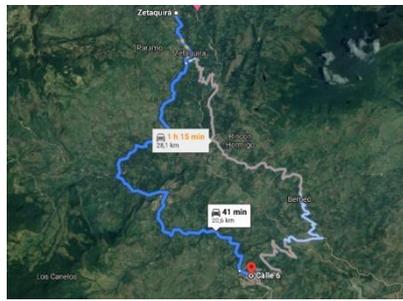
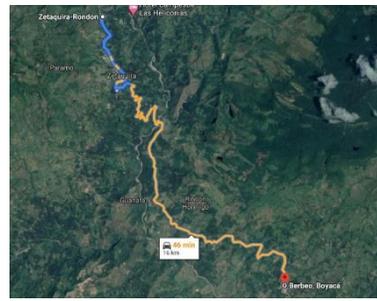
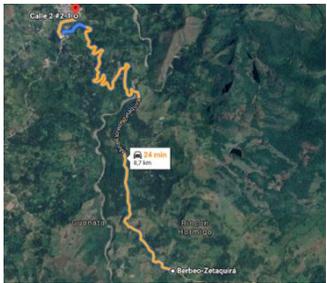
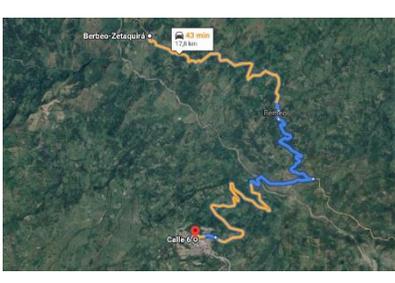
Se tomó la información de las 10 fincas mencionadas anteriormente que correspondían a terreno con extensión entre 1 y 3 hectáreas. Al momento de realizar la ubicación y trazado de rutas, se tendrá en cuenta la vía principal (de más rápido acceso), así como las rutas alternas que por observación directa se puede afirmar que presentan una condición deplorable, esta retrasa el tiempo de llegada, causa daños a largo plazo en el vehículo (más si este se encuentra cargado), además de daños en el grano que se transporta.

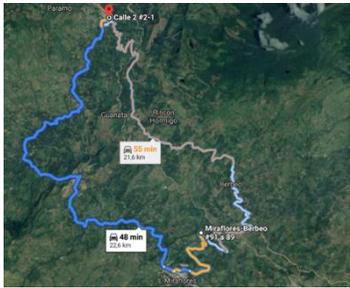
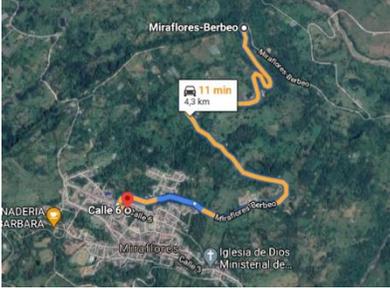
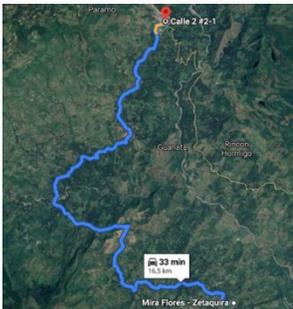
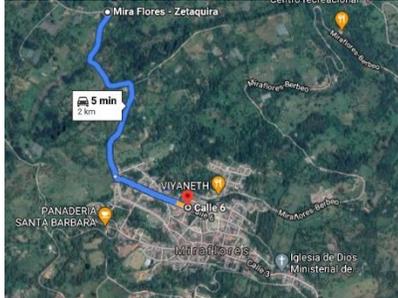
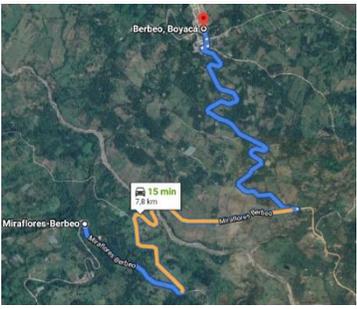
La georreferenciación de las vías de transporte nos muestra los tramos en el que la carretera es pavimentada o en su defecto, de tierra y gravilla, esta nos da un tiempo aproximado de llegada, con base a la velocidad de recorrido en kilómetros por el vehículo, con base en la velocidad permitida y segura de transitar.

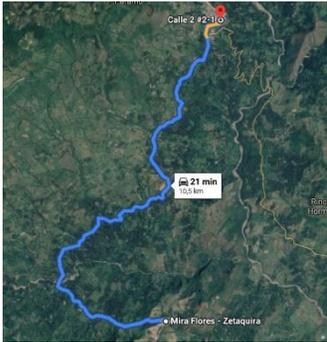
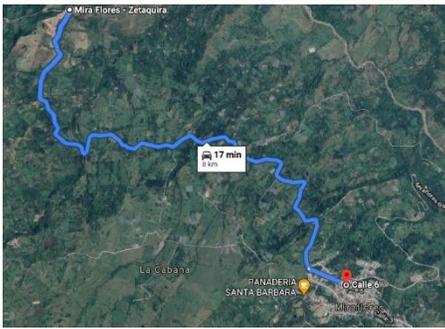
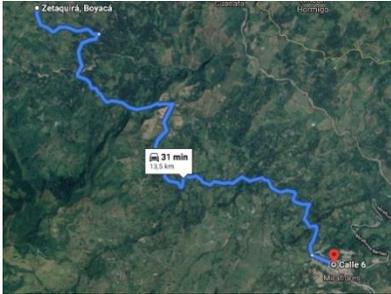
En la **tabla 30**, se detalla la información de cada finca incluyendo distancia, tiempo estimado de recorrido, condición de la vía y tramos de dificultad, además con base a las encuestas fue posible estimar una producción hallando una media de rendimiento en kilogramos por hectárea de cada finca, dado que la producción maneja un grado de incertidumbre.

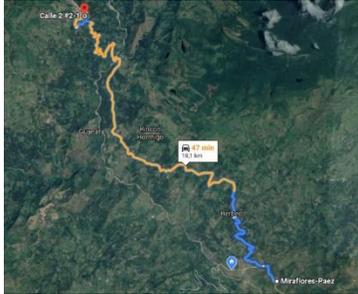
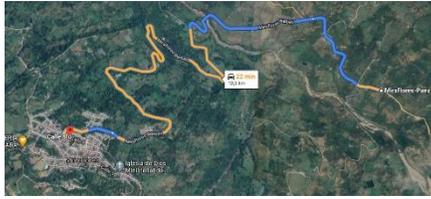
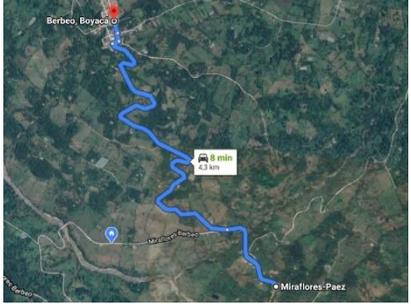
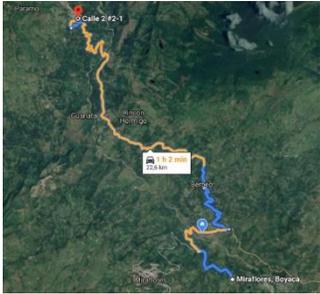
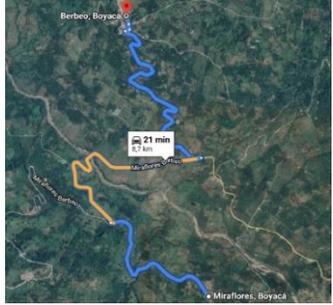
Se omitirá el nombre de la finca y su propietario por petición de la mayoría de los caficultores entrevistados.

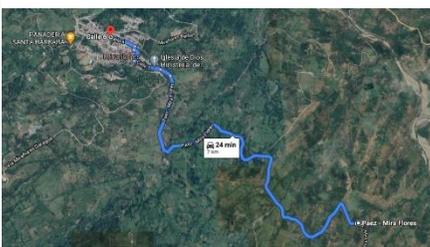
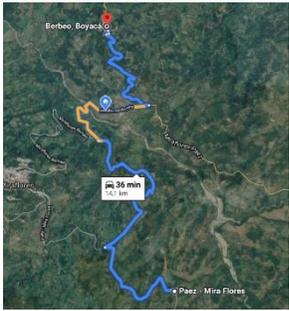
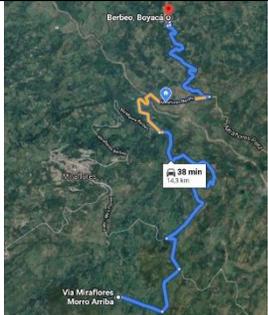
Tabla 30. Mapeo de rutas a centros de acopio

FINCA 1								
ZETAQUIRA			MIRAFLORES			BERBEO		
								
Distancia	2 km		Distancia	20.6 km		Distancia	16 km	
Tiempo estimado	4 minutos		Tiempo estimado	41 minutos		Tiempo estimado	46 minutos	
Condición vía	gravilla		Condición vía	gravilla		Condición vía	gravilla	
terreno	Producción (kg)			media	desviación	Escenario pesimista	Más probable	Escenario optimista
1 ha	2017	2018	2019	973.333	110.15	1087.03	1179.3	1271
	900	920	1100					
FINCA 2								
ZETAQUIRA			MIRAFLORES			BERBEO		
								
Distancia	8.7 km		Distancia	17.8 km		Distancia	5.4 km	
Tiempo estimado	24 minutos		Tiempo estimado	43 minutos		Tiempo estimado	17 minutos	
Condición vía	gravilla		Condición vía	gravilla		Condición vía	gravilla	
terreno	Producción (kg)			media	desviación	Escenario pesimista	Más probable	Escenario optimista
400 mt/2	2017	2018	2019	300	10	273.82	291.12	308.43
	310	290	300					

FINCA 3											
ZETAQUIRA			MIRAFLORES			BERBEO					
											
Distancia		22.6 km		Distancia		4.3 km		Distancia		7.8 km	
Tiempo estimado		48 minutos		Tiempo estimado		11 minutos		Tiempo estimado		15 minutos	
Condición vía		gravilla		Condición vía		gravilla		Condición vía		gravilla	
terreno	Producción (kg)			media	desviación	Escenario pesimista	Más probable	Escenario optimista			
2 ha	2017	2018	2019	1433.33	57.73	1479.39	1537.08	1594.77			
	1400	1400	1500								
FINCA 4											
ZETAQUIRA			MIRAFLORES			BERBEO					
											
Distancia		16.5 km		Distancia		2 km		Distancia		13.9 km	
Tiempo estimado		33 minutos		Tiempo estimado		5 minutos		Tiempo estimado		15 minutos	
Condición vía		gravilla		Condición vía		gravilla		Condición vía		gravilla	
terreno	Producción (kg)			media	desviación	Escenario pesimista	Más probable	Escenario optimista			
1.5 ha	2017	2018	2019	1750	50	1067.85	1694.38	1780.91			
	1750	1800	1700								

FINCA 5								
ZETAQUIRA			MIRAFLORES			BERBEO		
								
Distancia	10.5 km		Distancia	8 km		Distancia	14.6 km	
Tiempo estimado	21 minutos		Tiempo estimado	17 minutos		Tiempo estimado	34 minutos	
Condición vía	gravilla		Condición vía	gravilla		Condición vía	gravilla	
terreno	Producción (kg)			media	desviación	Escenario pesimista	Más probable	Escenario optimista
1 ha	2017 730	2018 700	2019 725	718.33	16.072	683.67	715.39	747.12
FINCA 6								
ZETAQUIRA			MIRAFLORES			BERBEO		
								
Distancia	7.4 km		Distancia	13.5 km		Distancia	20.2 km	
Tiempo estimado	18 minutos		Tiempo estimado	31 minutos		Tiempo estimado	47 minutos	
Condición vía	gravilla		Condición vía	gravilla		Condición vía	gravilla	
terreno	Producción (kg)			media	desviación	Escenario pesimista	Más probable	Escenario optimista
2 ha	2017 1250	2018 1200	2019 1300	1250	50	1219.09	1305.62	1392.15

FINCA 7								
ZETAQUIRA			MIRAFLORES			BERBEO		
								
Distancia	18.1 km		Distancia	10.3 km		Distancia	4.3 km	
Tiempo estimado	47 minutos		Tiempo estimado	22 minutos		Tiempo estimado	8 minutos	
Condición vía	gravilla		Condición vía	gravilla		Condición vía	gravilla	
terreno	Producción (kg)			media	desviación	Escenario pesimista	Más probable	Escenario optimista
1 ha	2017	2018	2019	950	50	807.85	894.38	980.91
	950	1000	900					
FINCA 8								
ZETAQUIRA			MIRAFLORES			BERBEO		
								
Distancia	22.6 km		Distancia	7.8 km		Distancia	8.7 km	
Tiempo estimado	1 hora 2 minutos		Tiempo estimado	22 minutos		Tiempo estimado	21 minutos	
Condición vía	gravilla		Condición vía	gravilla		Condición vía	gravilla	
terreno	Producción (kg)			media	desviación	Escenario pesimista	Más probable	Escenario optimista
1 ha	2017	2018	2019	828.33	20.20	862.94	868.71	874.48
	810	825	850					

FINCA 9										
ZETAQUIRA			MIRAFLORES			BERBEO				
										
Distancia		25.3 km		Distancia		7 km		Distancia		14.1 km
Tiempo estimado		1 hora 4 minutos		Tiempo estimado		24 minutos		Tiempo estimado		36 minutos
Condición vía		gravilla		Condición vía		gravilla		Condición vía		gravilla
terreno	Producción (kg)			media	desviación	Escenario pesimista	Más probable	Escenario optimista		
2 ha	2017	2018	2019	1693.33	11.54	1701.05	1712.58	1724.12		
	1680	1700	1700							
FINCA 10										
ZETAQUIRA			MIRAFLORES			BERBEO				
										
Distancia		22.7 km		Distancia		7.3 km		Distancia		14.3 km
Tiempo estimado		1 hora 7 minutos		Tiempo estimado		27 minutos		Tiempo estimado		38 minutos
Condición vía		gravilla		Condición vía		gravilla		Condición vía		gravilla
terreno	Producción (kg)			media	desviación	Escenario pesimista	Más probable	Escenario optimista		
1 ha	2017	2018	2019	811.66	12.58	833.97	836.85	839.74		
	800	810	825							

Fuente: Elaboración propia a partir de google maps

Al momento de realizar el trazado de rutas de las 10 fincas de muestra, se tuvo en cuenta la carretera principal, sin embargo, si hay una ruta alterna también se muestra en la **tabla 30** (sabiendo por observación directa que la condición de vías principales y secundarias es la misma), ya que Zetaquira y Miraflores cuentan con más de un acopio o punto de venta, se tuvo en cuenta el punto de acopio principal, ubicado en frente de la oficina de la federación nacional de cafeteros para ambos casos.

8.5.3. Modelado en GAMS para distancia mínima.

Una vez identificadas las rutas, distancias y tiempos partiendo de cada finca a cada uno de los acopios, se usará la herramienta de GAMS para determinar a cuál de ellos se debe acudir de forma que se recorra la menor distancia alcanzando el menor costo y entregando el total de sacos que se produzcan, sin embargo, ya que la producción de café y su rendimiento presentan un grado de incertidumbre, se tomara con base en las encuestas realizadas y la información recolectada, una media de producción en número de sacos de café como se muestra en la **tabla 31**, esto con el fin de determinar las rutas y el costo promedio con el vehículo usado actualmente, ahora bien, como se muestra en la **figura 23**, para prever un escenario u otro se hará un pronóstico de producción analizando los escenarios que se puedan presentar.

Figura 23. Escenarios posibles



Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Promedio de producción

PRODUCCIÓN EN KILOGRAMOS				PROMEDIO	DESVIACIÓN	NUMERO DE COSTALES PROMEDIO
	2017	2018	2019			
FINCA 1	900	920	1100	973,33	110,15	15,57
FINCA 2	310	290	300	300	10	4,80
FINCA 3	1400	1400	1500	1433,33	57,72	22,93
FINCA 4	1750	1800	1700	1750	50	28,00
FINCA 5	730	700	725	718,33	16,07	11,49
FINCA 6	1250	1200	1300	1250	50	20,00
FINCA 7	950	1000	900	950	50	15,20
FINCA 8	810	825	850	828,33	20,42	13,25
FINCA 9	1680	1700	1700	1693,33	11,58	27,09
FINCA 10	800	810	825	811,67	12,58	12,99
PROMEDIO				1070,833333		17,13

Fuente: Elaboración propia a partir de información recolectada

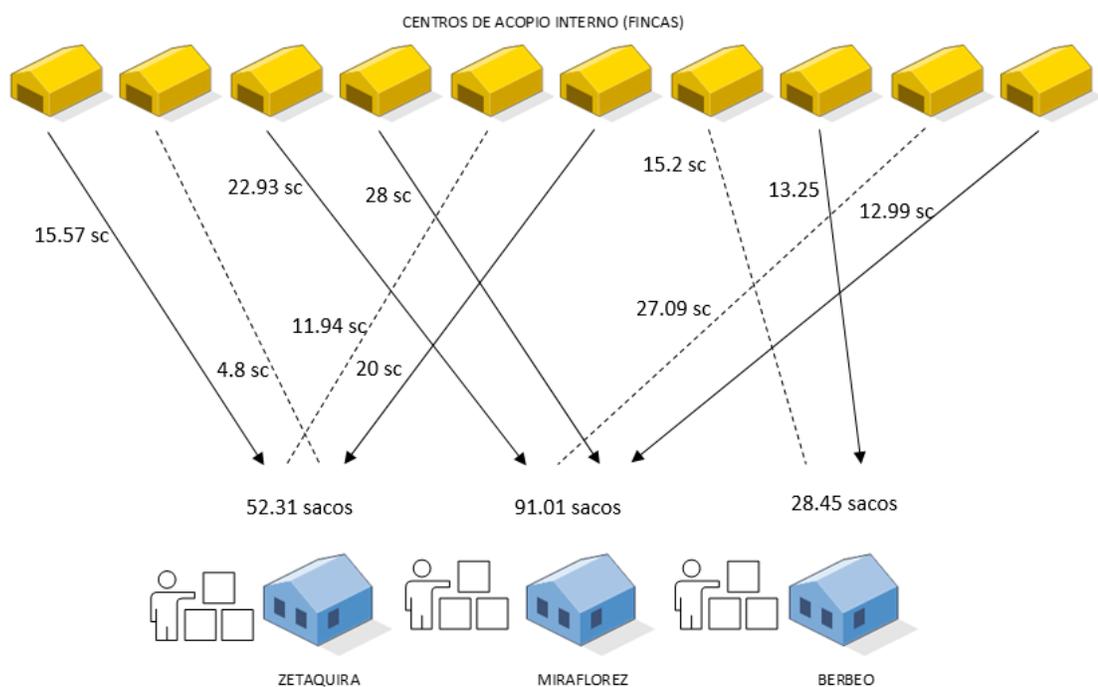
Con la información mostrada en la **tabla 31** se modelará el escenario actual, tomando los años anteriores de producción por cosecha, esto con el fin de promediar y obtener una cuantificación en número de sacos, sabiendo que cada uno debe contener 62.5 kg.

Como se mencionó anteriormente, la modelación del escenario actual se realiza con el fin de conocer el costo promedio usando el vehículo general (camioneta 4x4 de platón), además de comprender posibles escenarios de optimización en el ámbito de transporte.

8.5.4. Análisis de resultados actuales.

Para el modelo general basado en la situación actual, se decidió calcular el costo por saco que se permite almacenar en el vehículo (tipo camioneta 4x4 de platón), este costo se calculó a partir de conocer la capacidad del mismo, la cual está limitada a una cantidad de 12-16 sacos, el costo actual está en \$ 3.125 COL, es por ello que este valor cumple la función de cobrar el excedente una vez superada la capacidad esto asumiendo un nuevo viaje, lo que genera un aumento en el precio final, este servicio es contratado es por ello que se considera un proceso tercerizado o que se puede identificar como un pequeño intermediario, el modelo garantiza el envío de la totalidad de cargas producidas por cada finca, almacenadas en acopio interno transportadas hasta los puntos de acopio externo, estas cantidades de envío y el centro óptimo se muestra en la **figura 24**, las restricciones que se propusieron al inicio del modelo en cuanto a demanda y capacidad de cada uno de los centros se cumplen de acuerdo a los parámetros establecidos.

Figura 24. Asignación de cargas promedio a centros de acopio



Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Solución del modelo orígenes y destinos

FINCAS (acopios internos)	ACOPIOS EXTERNOS (COOPERATIVAS)					
	ZETAQUIRA		MIRAFLORES		BERBEO	
1	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2
	15.57 sc / 1 vi	/	/	/	/	/
2	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2
	4.8 sc / 1 vi	/	/	/	/	/
3	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2
	/	/	22.93 sc / 2 vi	/	/	/
4	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2
	/	/	28 sc / 2 vi	/	/	/
5	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2
	11.94 sc / 1 vi	/	/	/	/	/
6	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2
	20 sc / 2 vi	/	/	/	/	/
7	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2
	/	/	/	/	15.22 sc / 1 vi	/
8	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2
	/	/	/	/	13.25 sc / 1 vi	/
9	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2
	/	/	27.09 sc / 2 vi	/	/	/
10	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2	vh 1	vh 2
	/	/	12.99 sc / 1 vi	/	/	/

Fuente: Elaboración propia

El modelo se presenta a través del solver de GAMS, esta información se adaptó como se observa en la **tabla 32** de forma que sea fácilmente identificable, en ella se observa la entrega de sacos producidos, viajes (vi) y a que centros de acopio se debe ir. Ya que una de las restricciones se proponía con el fin de que la cantidad producida sea la misma que se entrega a centros de acopio, el solver nos muestra el total de sacos almacenados, ahora bien, el valor por saco cumple la función de cobrar una vez superada esta capacidad lo que aumenta el costo final de transporte.

A partir de las encuestas realizadas y la identificación de la zona de estudio, se confirma el uso general de este vehículo (camioneta tipo 4 x 4 de platón) para el transporte del grano, esta actividad se ha realizado de esta manera a través de los años y no conoce otra alternativa, es por ello que la formulación general se contempla para transportar un promedio de sacos producidos y conocer el costo de realizar esta actividad, el valor obtenido fue de **\$ 2.995.706** pesos colombianos como se puede observar en la **figura 25**.

Figura 25. Resultados escenario actual

```

      zetaquira  miraflores      berbeo
f1      15.570
f2      4.800
f3              22.930
f4              28.000
f5      11.490
f6      20.000
f7              15.200
f8              12.950
f9              27.090
f10             12.990

----      71 VARIABLE DT.L          = 2995706.250  MINIMIZACION DE TRANSI

EXECUTION TIME      =      0.078 SECONDS      4 MB  32.2.0 rc62c018 WEX-WEI

USER: GAMS Demo license for fernando Giraldo      G200923|0002CO-GEN
      universidad, Colombia                        DL017912
  
```

Fuente: Elaboración propia a partir de GAMS

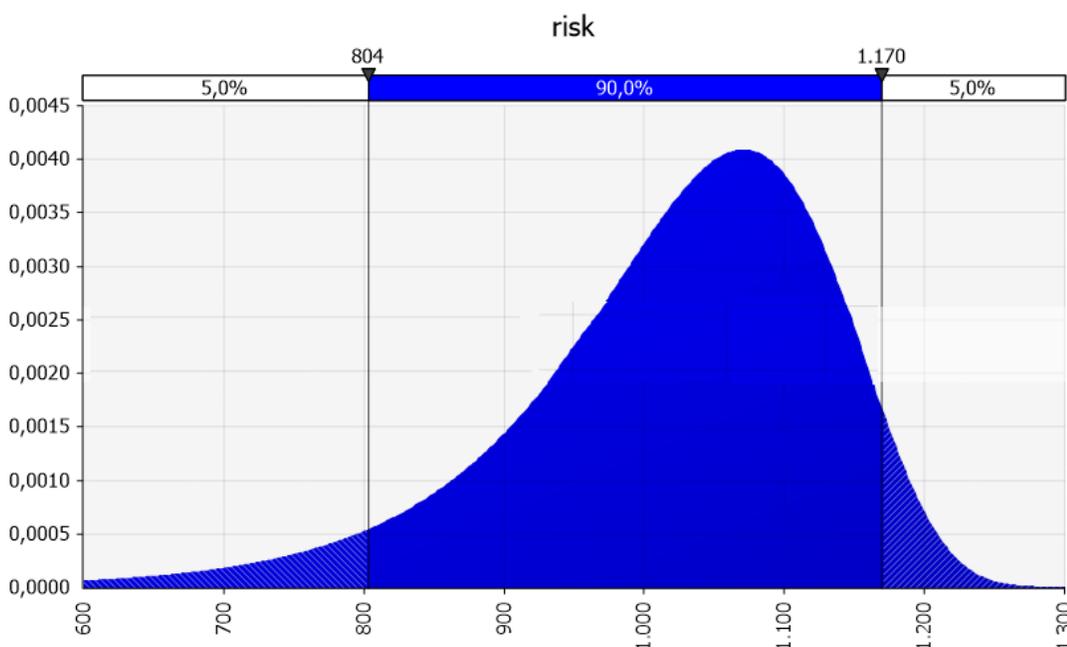
Con el fin de realizar más corridas de prueba se recurrió a solucionadores en línea como neos server y solverxprexMP, esto con el fin de comprobar el correcto funcionamiento del modelo, los resultados y la información mostrada.

8.6. PROPUESTA A PARTIR DE EVALUACIÓN DE ESCENARIOS

Con el fin de realizar una propuesta alternativa a la manejada actualmente en la provincia de Lengua, se recurrió primero que todo a realizar un pronóstico de producción para las diez fincas analizadas, este se realizó a partir del método de suavización exponencial de Winters, sabiendo que los datos disponibles son pocos y este método se ajusta a la cantidad, realizando una estimación y observando si se presenta una tendencia o no.

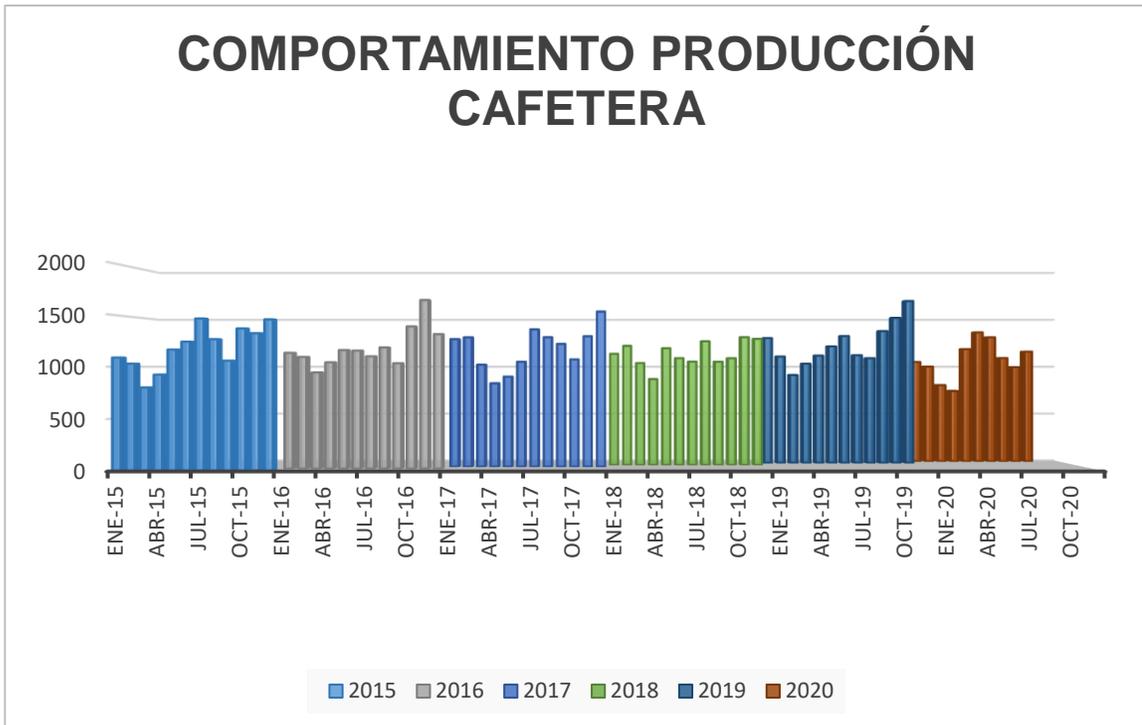
De igual forma como se muestra en la **figura 26**, esta información se ajustó a una distribución de probabilidad de forma que la previsión se comporte de acuerdo al perfil de producción de la planta, estos datos se analizaron en una distribución gumbel tipo 2, usada para calcular valores extremos, útil para predecir un escenario de decrecimiento tal cual como se presenta en el proceso productivo del café, esto sustentado a partir del perfil producción estudiado por la federación nacional de cafeteros mostrado en la **figura 27**.

Figura 26. Distribución de probabilidad perfil de producción



Fuente: Elaboración propia a partir de RISK

Figura 27. Comportamiento general histórico en Colombia



Fuente: Federación nacional de cafeteros (2020)

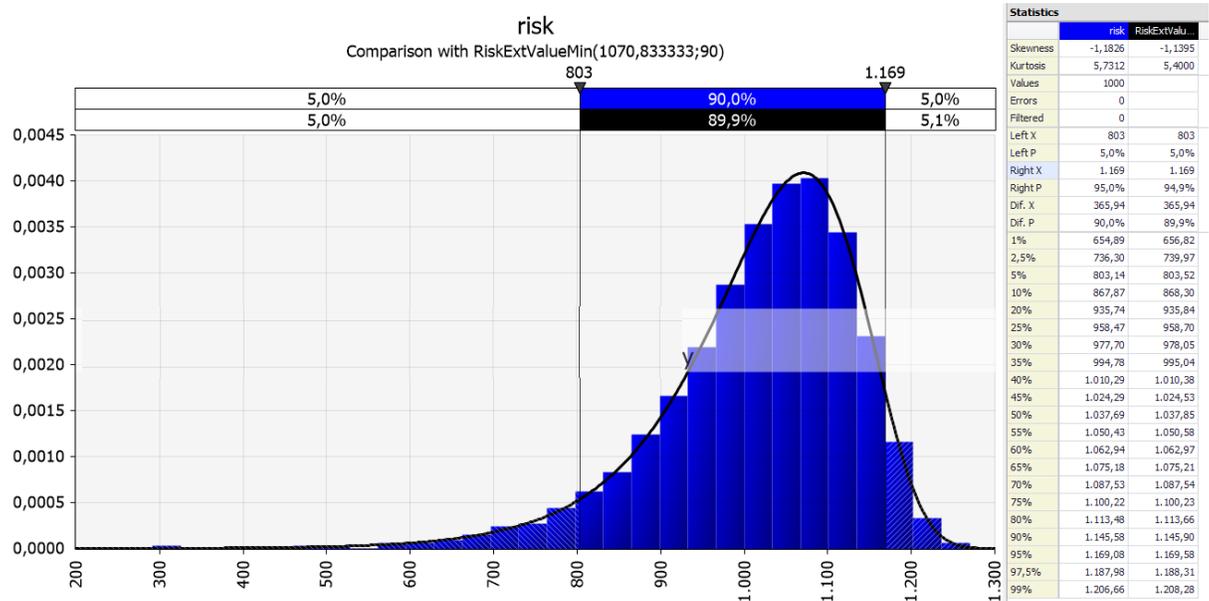
Este comportamiento de la producción se ha registrado desde el año 1957 hasta la fecha por la federación nacional de cafeteros, para esta investigación se analizaron los datos de los últimos 5 años para la producción en Colombia, con el fin de compararlos con los suministrados por el comité departamental en Boyacá y confirmar la tendencia y producción general de la planta a través de los años, generalmente con un aumento y periodo de estacionalidad establecido.

8.6.1. Escenarios de producción

Una vez mencionada la forma de cálculo de este apartado, como se muestra en la **tabla 33**, se realizó el pronóstico más probable de producción conociendo los valores anteriores en kilogramos, estos suministrados a partir de las encuestas para esta investigación, este valor estimado se convirtió a número de sacos de 62.5 kilogramos, de forma que se transportan en el vehículo estándar, de igual forma se establecieron dos escenarios posibles, siendo uno de ellos un escenario de producción pesimista y un escenario de producción optimista, ya que hay probabilidad de que se presente uno u otro, De igual forma esta producción se convirtió a número de sacos posibles a transportar.

La herramienta usada para este cálculo, como se muestra en la **figura 28** usa simulación de Montecarlo para duplicar el escenario mediante varias iteraciones, mostrando características y comportamientos de la producción real, imitando en la medida de lo posible el funcionamiento para analizar y predecir cómo va a evolucionar.

Figura 28. Densidad de probabilidad bajo simulación de Montecarlo



Fuente: Elaboración propia apartar de RISK

Tabla 33. Escenarios de producción y numero de sacos posible

	ESCENARIO PESIMISTA	COSTALES ESCENARIO PESIMISTA	ESCENARIO MAS PROBABLE	COSTALES ESCENARIO MAS PROBABLE	ESCENARIO OPTIMISTA	COSTALES ESCENARIO OPTIMISTA
FINCA 1	1087,03	17,39	1179,33	18,87	1271,63	20,35
FINCA 2	273,82	4,38	291,12	4,66	308,43	4,93
FINCA 3	1479,39	23,67	1537,08	24,59	1594,77	25,52
FINCA 4	1607,85	25,73	1694,38	27,11	1780,91	28,49
FINCA 5	683,67	10,94	715,39	11,45	747,12	11,95
FINCA 6	1219,09	19,51	1305,62	20,89	1392,15	22,27
FINCA 7	807,85	12,93	894,38	14,31	980,91	15,69
FINCA 8	862,94	13,81	868,71	13,90	874,48	13,99
FINCA 9	1701,05	27,22	1712,58	27,40	1724,12	27,59
FINCA 10	833,97	13,34	836,85	13,39	839,74	13,44
PROMEDIO	1055,66	16,89	1103,55	17,66	1151,43	18,42

Fuente: Elaboración propia

8.6.2. Modelación con vehículo estándar y vehículo propuesto

Una vez conocidos los posibles escenarios de producción y conocidas las conversiones en número de sacos, se modelará en el software de GAMS bajo los mismos parámetros, sin embargo, se propondrá un nuevo vehículo, que por esta investigación se identificó su disponibilidad en cada uno de los municipios visitados, este vehículo (camión tipo NKR 2) cuenta con las características de capacidad aumentada, cerca de 28 sacos de 62.5 kilogramos pueden ser almacenados en él, el vehículo cuenta con una capacidad de carga de 3170 kg (AUTOLARTE, 2020), condiciones más que óptimas para pequeños productores cafeteros, dado que la mayoría de terrenos parten de 1 hectárea sembrada y en constante mejora de cultivos e implementación de tecnificado, el número de sacos mínimos cosechados se ajusta al perfil mínimo para contratar el vehículo.

- CONDICIONES

Dadas las prestaciones del vehículo propuesto, en el momento del transporte se garantiza una mayor protección del grano, protección contra suciedad exterior, proveniente de carreteras de gravilla y exceso de tierra, dado que este aspecto de suciedad se evalúa en el momento de venta del grano, puede ser un factor relevante y a tener en cuenta para contratar el vehículo, ya que aumenta en una pequeña medida el factor de pago al total de cargas.

Se calculó de igual forma el costo por saco que se transporta en el vehículo, este al tener una capacidad de 28 sacos en diferencia de su contraparte, camioneta 4 x 4 de platón (12 – 16 sacos), cuenta con un precio menor analizando a partir de la capacidad de almacenamiento, este costo por saco es de \$ 2.857 pesos colombianos.

8.6.3. Modelación de escenarios de producción

Se realizará el modelo teniendo en cuenta ambos vehículos para comprobar el costo final de transporte en los 3 escenarios de producción (pesimista, más probable y optimista). En total se evaluarán 6 modelos que pueden observarse en la **tabla 34**, en esta se muestra el costo total al final de la operación.

Tabla 34. Resumen modelo de escenarios de producción con alternativa

ESCENARIO DE PRODUCCIÓN PESIMISTA			
VEHICULO 1 (CAMIONETA)		VEHICULO 2 (CAMIÓN)	
<pre> 2 PROJECTED GAMS 32.2.0 rc62c018 Released Aug 26, 2020 WEX-WEI x86 64bit/MS Windows General Algebraic Modeling System Execution ---- 71 VARIABLE X.L CANTIDAD A ENVIAR DE i A j zetaquira miraflores berbeo f1 17.390 f2 4.380 f3 23.670 f4 25.730 f5 10.940 f6 19.510 f7 12.930 f8 13.810 f9 27.220 f10 13.340 ---- 71 VARIABLE DT.L = 2965746.875 MINIMIZACION EXECUTION TIME = 0.063 SECONDS 4 MB 32.2.0 rc62c018 W USER: GAMS Demo license for fernando Giraldo G200923 0002CO-GEN universidad, Colombia DL017912 </pre>		<pre> 2 PROJECTED GAMS 32.2.0 rc62c018 Released Aug 26, 2020 WEX-WEI x86 64bit/MS Windows General Algebraic Modeling System Execution ---- 71 VARIABLE X.L CANTIDAD A ENVIAR DE i A j zetaquira miraflores berbeo f1 17.390 f2 4.380 f3 23.670 f4 25.730 f5 10.940 f6 19.510 f7 12.930 f8 13.810 f9 27.220 f10 13.340 ---- 71 VARIABLE DT.L = 2711404.423 MINIMIZACION EXECUTION TIME = 0.062 SECONDS 4 MB 32.2.0 rc62c018 W USER: GAMS Demo license for fernando Giraldo G200923 0002CO-GEN universidad, Colombia DL017912 </pre>	
COSTE POR SACO		COSTE POR SACO	
\$ 3.125 COL		\$ 2.857 COL	
COSTO TOTAL	\$ 2.965.746.87	COSTO TOTAL	\$ 2.711.404.42

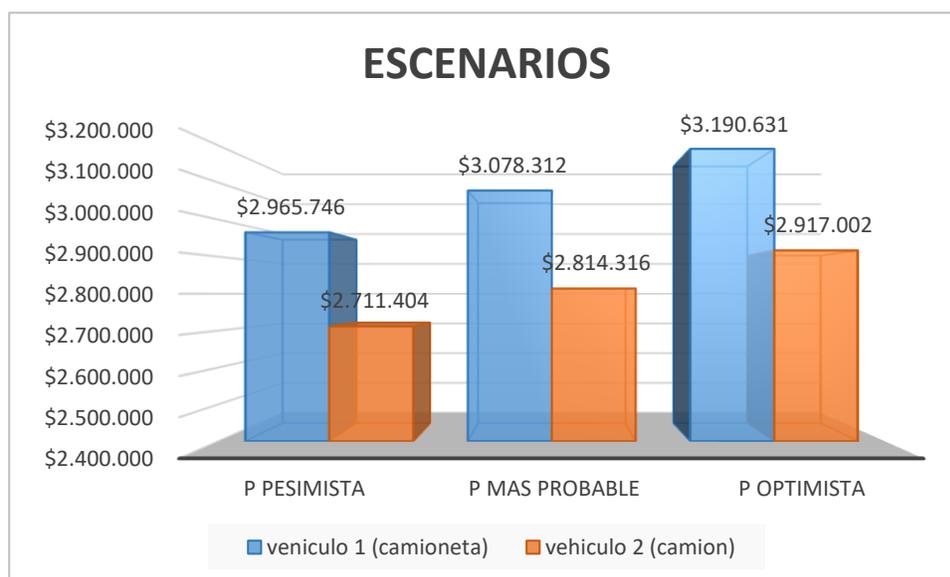
ESCENARIO DE PRODUCCIÓN MAS PROBABLE			
VEHICULO 1 (CAMIONETA)		VEHICULO 2 (CAMIÓN)	
<pre> 1 PROJECTED GAMS 32.2.0 rc62c018 Released Aug 26, 2020 WEX-WEI x86 64bit/MS Windows General Algebraic Modeling System Execution ---- 71 VARIABLE X.L CANTIDAD A ENVIAR DE i A j zetaquira miraflores berbeo #1 18.870 #2 4.660 #3 24.590 #4 27.110 #5 11.450 #6 20.890 #7 14.310 #8 13.990 #9 27.400 #10 13.390 ---- 71 VARIABLE DT.L = 3078312.500 MINIMIZACION EXECUTION TIME = 0.078 SECONDS 4 MB 32.2.0 rc62c018 W USER: GAMS Demo license for fernando Giraldo G200923 0002CO-GEN universidad, Colombia DL017912 </pre>		<pre> 1 PROJECTED GAMS 32.2.0 rc62c018 Released Aug 26, 2020 WEX-WEI x86 64bit/MS Windows General Algebraic Modeling System Execution ---- 71 VARIABLE X.L CANTIDAD A ENVIAR DE i A j zetaquira miraflores berbeo #1 18.870 #2 4.660 #3 24.590 #4 27.110 #5 11.450 #6 20.890 #7 14.310 #8 13.990 #9 27.400 #10 13.390 ---- 71 VARIABLE DT.L = 2814316.420 MINIMIZACION EXECUTION TIME = 0.063 SECONDS 4 MB 32.2.0 rc62c018 W USER: GAMS Demo license for fernando Giraldo G200923 0002CO-GEN universidad, Colombia DL017912 </pre>	
COSTE POR SACO		COSTE POR SACO	
\$ 3.125 COL		\$ 2.857 COL	
COSTO TOTAL	\$ 3.078.312.50	COSTO TOTAL	\$ 2.814.316.42
ESCENARIO DE PRODUCCIÓN OPTIMISTA			
VEHICULO 1 (CAMIONETA)		VEHICULO 2 (CAMIÓN)	
<pre> 1 PROJECTED GAMS 32.2.0 rc62c018 Released Aug 26, 2020 WEX-WEI x86 64bit/MS Windows General Algebraic Modeling System Execution ---- 71 VARIABLE X.L CANTIDAD A ENVIAR DE i A j zetaquira miraflores berbeo #1 20.350 #2 4.930 #3 25.520 #4 28.490 #5 11.950 #6 22.270 #7 15.690 #8 13.990 #9 27.590 #10 13.440 ---- 71 VARIABLE DT.L = 3190631.250 MINIMIZACION EXECUTION TIME = 0.078 SECONDS 4 MB 32.2.0 rc62c018 W USER: GAMS Demo license for fernando Giraldo G200923 0002CO-GEN universidad, Colombia DL017912 </pre>		<pre> 1 PROJECTED GAMS 32.2.0 rc62c018 Released Aug 26, 2020 WEX-WEI x86 64bit/MS Windows General Algebraic Modeling System Execution ---- 71 VARIABLE X.L CANTIDAD A ENVIAR DE i A j zetaquira miraflores berbeo #1 20.350 #2 4.930 #3 25.520 #4 28.490 #5 11.950 #6 22.270 #7 15.690 #8 13.990 #9 27.590 #10 13.440 ---- 71 VARIABLE DT.L = 2917002.714 MINIMIZACION EXECUTION TIME = 0.078 SECONDS 4 MB 32.2.0 rc62c018 W USER: GAMS Demo license for fernando Giraldo G200923 0002CO-GEN universidad, Colombia DL017912 </pre>	
COSTE POR SACO		COSTE POR SACO	
\$ 3.125 COL		\$ 2.857 COL	
COSTO TOTAL	\$ 3.190.631.25	COSTO TOTAL	\$ 2.917.002.71

Fuente: Elaboración propia a partir de GAMS

8.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS PROPUESTOS

Como se muestra en el ítem anterior se realizó el modelo para los 6 escenarios con el fin de conocer el costo total al final de la operación, cumpliendo parámetros de entrega de cargas y cobrando por cada costal entregado, en la **figura 29** se muestra la relación de costo de llevar un vehículo u otro.

Figura 29. Comparación de costos de vehículos



Fuente: Elaboración propia

Una vez analizada y compilada esta información se obtuvo una mejora en proceso de transporte, al simular los escenarios con el vehículo 2, se obtuvo una reducción de \$ 254.342.00, esto si se presenta un escenario de producción u otro es decir una mejora del **8.58%** respecto al manejo actual. En adición a esto podemos decir que se debe contar con una reserva o rubro de \$ 112.319.00 pesos con el fin de prever una subida en la producción para la cosecha final.

8.7.1. Análisis de desempeño del transporte

Una vez corridos los escenarios y conocido el costo total de transporte mostrado en la **tabla 34**, estos resultados nos sirven como referencia e indicador para conocer la viabilidad de cada uno de ellos, en medida general, nos explican el nivel de desempeño de cada uno en base a los parámetros pre establecidos.

Ahora bien, en un entorno donde la demanda sea parte fundamental para la entrega del producto se tendrían en cuenta las condiciones específicas de cada vehículo estas pueden ser, mano de obra para mantenerlo y conducirlo, velocidad del vehículo o tiempos de entrega pesimistas y optimistas, sin embargo, el proceso del café no cuenta con una demanda establecida, esto ya se mencionó anteriormente, la producción no se limita a una entrega a tiempo regida por un ente externo, solo se debe garantizar la entrega total de sacos producidos. Por tanto, las condiciones antes mencionadas no son relevantes, aunque existan diferencias entre los dos.

Para el modelo se contempló el principal diferenciador entre vehículo tipo 1 y vehículo tipo 2, siendo esta la capacidad, esta se aplicó a cada uno de los escenarios modelados desde pesimista a optimista, teniendo en cuenta unos límites de confianza inferior y superior calculados a partir de los datos históricos, de igual forma esta diferencia de capacidad representada en el costo por saco de cada uno de los automotores, esto en algunos casos puede representar sobre pasar el límite de un vehículo que generaría reactivar el costo fijo por activación del mismo, incluido en el lenguaje de modelación, otro factor a tener en cuenta es la diferencia de un vehículo a otro de brindar protección a la carga, de suciedad o agentes externos que afecten el pago final.

8.7.2. Análisis de resultados a partir de la cadena de suministro

El modelo se centró en posibles escenarios de producción hallados a partir de información suministrada y comportamiento histórico del proceso productivo del café.

Para pequeños productores cafeteros el flujo de la cadena de suministro es similar, cuando el terreno observado y confirmado a través del comité departamental sugiere el mismo comportamiento y el análisis logístico realizado en esta investigación lo confirma, se encontraron los puntos determinantes en la cadena así como las actividades clave que pueden afectar el rendimiento total y posibilitar un escenario productivo pesimista u optimista que determine la cantidad a transportar al final del proceso.

Al momento de caracterizar el proceso cafetero una de las actividades que condicionara la cosecha final es el tipo de semilla y la variedad que se quiera trabajar en base al rendimiento de la misma o la preferencia del caficultor, el análisis logístico general de la cadena permitió conocer las diversas variedades que pueden ser encontradas en la provincia y los municipios visitados, algunas variedades clásicas y otras desarrolladas y adaptadas genéticamente para resistir el clima, condiciones de terreno o enfermedades propias del cultivo, estas semillas obtenidas del propio lote o adquiridas a través de cenicafe, que sin duda alguna es la mejor opción, esto se fundamenta en los estudios revisados por esta investigación, y hechos por cenicafe que concluyen el rendimiento final de dichas semillas.

Por medio de las entrevistas a caficultores fue notable encontrar su preferencia por esta variedad (castillo), argumentando el ahorro de insecticidas y demás químicos para tratar el árbol, dado que la resistencia genética del mismo es bastante alta como lo confirma cenicafe en su programa de investigación científica para esta variedad realizado en el año 2012.

Las condiciones de cosecha, una vez analizada su cadena logística y productiva, se limitan a factores que afectan la calidad del grano y su rendimiento, estas representadas en mano de obra, transporte e infraestructura, al caracterizar el proceso se conocieron las condiciones óptimas de llevar a cabo la actividad, sin embargo, aspectos como máquinas y métodos de usarlas que son importantes para la transformación del grano componen un factor que requiere un estudio adicional pero que no está determinado a realizarse en esta investigación.

9. CONCLUSIONES

A partir del análisis inicial de la cadena de suministro de pequeños productores de café en la provincia de Lengua, fue posible conocer su medio de funcionamiento, cuales son los actores involucrados en ella y conocer su proceso de forma de detallada, especialmente para sus dos nodos iniciales, cosecha y transformación, en estos nodos se manifiestan estas actividades y sub actividades fundamentales para la elaboración de este producto final, actividades que representan un grado de importancia y de riesgo significativo, este representándose en el pago al producto final, esta investigación permitió conocer todos los insumos, equipo y mano de obra necesaria para llevar a cabo el proceso, de igual forma los riesgos y grado de impacto si este se lleva a cabo de una manera inadecuada.

Con el fin de evaluar un aspecto fundamental dentro de la logística en la cadena de suministro del café, se desarrolló un modelo matemático en el que se presentó un proceso general, en este se plantea un escenario de transporte de grano, que considera la producción o cosecha de las fincas en número promedio de sacos producidos, rutas presentes, principales y secundarias que maneja el transportista, estas rutas, claro está, entre los centros de acopio internos, (almacenes dentro de las fincas donde se conserva el producto terminado), y centros de acopio externo (cooperativas o puntos de compra del grano), el modelo se presenta bajo una programación que contempla un escenario estándar de transporte con el vehículo actual de la región, así mismo un modelo propuesto que involucra un nuevo vehículo y escenarios de producción, como lo pueden ser pesimista, más probable y optimista, estos escenarios se simularon usando método de Montecarlo y ajustando la distribución de probabilidad de acuerdo al perfil de producción de la planta, esto con el fin de generar posibles valores resueltos a través de los datos

proporcionados, para el modelo inicial se incluyeron restricciones técnicas que pueden impactar de una u otra manera las condiciones de distribución del sistema, sobre todo en las cantidades de envió, costo del transporte y medios a utilizar.

En la actualidad no existen modelos logísticos para la optimización del sector cafetero, especialmente para la provincia de Lengupá, este primer acercamiento a la zona con el fin de conseguir la información, no fue fácil, ya que como se menciona, es una zona la cual ha manejado su proceso de manera artesanal en la que no se han involucrado entes profesionales, es por ello que siempre estuvo presente la escases de información y la reserva por parte de sus caficultores para suministrarla, sin embargo contamos con personas especiales con las que se está profundamente agradecido, ya que pudieron hacer que el proyecto pudiera ser llevado a cabo.

Al momento de realizar el proyecto de investigación, se tenían presentes los objetivos, y puntos principales a analizar, es por ello que el trabajo de campo era fundamental, de manera presencial se delimito la zona de estudio en un cuadrante en el que estaban presentes los municipios de Zetaquirá, Miraflores y Berbeo, se conoció el proceso por observación directa, al igual que se estuvo presente en cada uno de los centros acopio o cooperativas que maneja la investigación, se realizó un reconocimiento de la vía principal que conecta estos municipios, sin embargo al ser una zona extensa, se recurrió al mapeo con base a google maps, que arroja resultados de distancias y tiempos acordes a la realidad. Ya que considera estados de vías principales y secundarias.

El modelo inicial se planteó para conocer el contexto, y distancias mínimas que se deben recorrer para acudir al centro de acopio más cercano, una vez en este punto se realizó el cálculo pronosticando escenarios posibles y simulándolos para el

vehículo estándar y el vehículo propuesto, los resultados nos mostraron una mejora en el costo total de transporte al incluir un vehículo con mayor capacidad de carga, promediando los escenarios se consiguió un ahorro del 8.58% además de conocer un rubro para preveer un escenario de cosecha óptima. El análisis de datos nos permitió identificar el promedio de terreno sembrado por caficultor, este siendo cerca de una hectárea, con cosecha final de cerca de 1070 kilogramos / ha con desviación estándar de 38.82, dado que la muestra tomada fue pequeña respecto al total de pequeños caficultores la índice confiabilidad se reduce, sin embargo, no significa que este valor no se ajuste a la realidad.

Al plantear este modelo para gestionar el transporte de grano de café, se tuvo en cuenta la herramienta de simulación de Montecarlo, la cual permitió tomar la muestra y estimar valores a partir de ella, la herramienta realiza iteraciones que van desde 100 a 100.000 de ellas, ajustando los valores muestreados a una distribución de probabilidad para la estimación de producción, si es necesario se repite el proceso hasta tener una muestra estadísticamente representativa, obteniendo así frecuencia de iteraciones, media y desvió, de esta manera conociendo escenarios de buena o mala producción, asociándose a un modelo probabilístico artificial, estos datos ajustados a gams nos pueden mostrar las diversas posibilidades para evaluar escenarios con base a las condiciones requeridas, en las que se pueden modificar, agentes, mecanismos de coordinación, actividades de control, aseguramiento y aún más importante la incorporación de nuevos medios de transporte, esto genera una evaluación económica en la que es posible establecer una toma de decisiones con base a los parámetros o preferencias del caficultor, se conocerá el costo de llevar su café a centros de acopio en un punto A o B, al igual que el tipo de vehículo en el que lo transporta, este modelo puede surgir como un punto inicial, susceptible a mejoras e incorporaciones que suministre información acertada y cercana a la realidad de modo que el caficultor conozca el servicio de transporte y el modo de realizarlo al menor costo posible.

10. RECOMENDACIONES

A partir de la investigación se conoció el proceso y los puntos clave para que se realice de la mejor manera, los riesgos presentes a lo largo de la cadena del producto y las alternativas dentro de la finca, como recomendaciones para la cadena de suministro del café de pequeños productores en la provincia de Lengupa, mencionamos que es importante realizar el proceso interno de transformación del producto bajo tiempos y lineamientos especificados por la federación nacional de cafeteros y cenicafe, todos ellos descritos a detalle en esta investigación, de igual forma el manejo de mano obra debe ser el óptimo y condicionarse a las técnicas adecuadas para conseguir una eficiencia y eficacia para cada terreno al menor costo posible, por ello es importante capacitar a los trabajadores en tiempos de manejo de cultivo y especialmente en la etapa de cosecha, adaptándose a técnicas como la recolección mejorada que aumenta el rendimiento un 36% reduciendo la mano de obra necesaria, este proceso propuesto por cenicafe pero nombrado paso a paso y a detalle en esta investigación, de esta forma se puede estandarizar el proceso bajo métodos adecuados y comprobados que pueden trasladarse a la provincia, aumentar el rendimiento de la producción e impulsar el crecimiento de la región, de igual forma en su etapa de transporte acudir a los mecanismos, como el propuesto por esta investigación, que generen el menor costo y garanticen la entrega del total del producto sin generar gastos adicionales, todo lo mencionado anteriormente mejorara su cadena de suministro y aumentara en cierta medida las utilidades del caficultor.

11. BIBLIOGRAFIA

Adarme Jaimes, W., Fontanilla Díaz, C., & Arango Serna, M. D. (2011). Modelos logísticos para la optimización del transporte de racimos de fruto fresco de palma de aceite en Colombia. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 21(1), 89. <https://doi.org/10.18359/rcin.272>

AMAYA, L., SALAZAR, H., CASTILLO, J., & RUIZ, E. (n.d.). mineros de la provincia del Valderrama Logistic characterization of mining collection centers of the Valderrama province. 1–20.

Andrade, C. E., & Montánchez, D. (2016). "Propuesta integral para el mejoramiento del sistema de abasto de una asociación dedicada a la producción-distribución de café orgánico mediante métodos cuantitativos en el marco de la gestión colaborativa de la cadena de suministro Estudiantes de ingeniera". Retrieved from http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/7637/Artículo_científico.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Aristizábal-Arias, C., & Duque-Orrego, H. (2006). Determinación De Economías De Escala En El Proceso De Beneficio Del Café En Colombia. 57(1), 17–30.

Ballou, R. (2004). Logistica, Administracion de la cadena de Suministro. In *Logística. Adm. la cadena Suminist.* <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Cañón, M., Ramírez, A., Gutiérrez-Franco, E., & López-Ospina, H. A. (2014). Modelo de Optimización aplicado a la agro-industria Colombiana: Plan logístico integrado para la exportación de feijoa fresca Optimization model applied to Colombian agro-

industry: integrated logistics plan for the export of fresh pineapple guava. Boletín de Matemáticas, 21(1), 17–31. Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/bolma/article/view/44156>

Cenicafé. (2015). Almácigos para Caficultura Orgánica-Alternativas y Costos. Cenicafé, (8).

Chamorro, V., & Lozano, J. (2010). Análisis de la eficiencia logística en una cadena de abastecimiento con optimización. Navactiva, 144. Retrieved from <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/8987/1/CB-0417845.pdf>

Chas, H., Bank, C., Elizabeth, H., Thos, L., Hoenisch, A. A., & Lum-, C. (2017). Ficha tecnica Mazda. Mazda Motor 2, (cc), 5507.

Chopra, S., & Meindl, P. (2008). Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación. In The effects of brief mindfulness intervention on acute pain experience: An examination of individual difference (Vol. 1).

CIAMPAQUES. (2016). Compañía de empaques CIAMPAQUES. CIAMPAQUES. Retrieved from www.ciaempaques.com.co

Dane, C., & Dane, C. (2019.). Capítulo VIII Fichas Municipales.

Duque-Orrego, H. (2004). Como reducir los costos de producción en la finca cafetera (p. 103). p. 103.

Empresarial, F. (2018). El centro de gestión administrativa y fortalecimiento empresarial. 24176347.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2018). Informe del gerente. 86 CONGRESO NACIONAL DE CAFETEROS. Retrieved from https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/Periodico_IGG2018.pdf

FNC, & Cenicafé. (2005). Producción de café módulo de formación 5 (p. 35). p. 35. Retrieved from http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/837/1/Recolección_café.pdf

García, J. R., Cedula, C., & No, D. E. C. (2008). El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Control, (1130648320), 2008–2008.

Guillermo, R., & Cáceres, G. (2006). De Valor Y Abastecimiento Del Sector Agroindustrial Del Café *. 19(31), 197–217. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/cadm/v19n31/v19n31a08.pdf>

Mar, J. I. (2000). Introducción al lenguaje GAMS Jose Ignacio Mar n Alberdi índice General. 1–28.

Mocholí, M. (2015). Toma de decisiones con GAMS. 1–16.

Montilla, J., Arcila, J., Aristizábal, M., Montoya, E., Puerta, G., Oliveros, C., & Cadena, G. (2008).

Propiedades físicas y factores de conversión del café en el proceso de beneficio.

Avances Técnicos Cenicafé, 370, 1–8.

Moreno-Berrocal, A. M., Hernández-Guzmán, ; Eduardo, & Grisales-López, F. L. (2005). Productividad Del Sistema: Café Intercalado Con Plátano En Barreras. 56(1), 79–85.

Moreno, A., & Sánchez, P. M. (2012). Reduzca los costos en el establecimiento del café: intercale cultivos transitorios. Avances Técnicos Cenicafé, 419(10), 1–4.

Ocampo, P., & Prada Ospina, R. (2017). Orientación a la cadena de suministro y su relación con diferentes grupos de interes. Una revisión bibliográfica. Revista de Tecnología, 15(1). <https://doi.org/10.18270/rt.v15i1.2043>

PABÓN, G. (2018). CARACTERIZACIÓN DE LA RED LOGÍSTICA DE UNA ASOCIACIÓN DEDICADA A LA PRODUCCIÓN-DISTRIBUCIÓN DE CAFÉ ORGÁNICO MEDIANTE ANÁLISIS DE COMPETITIVIDAD, INTEGRACIÓN Y COORDINACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO. Retrieved from www.puj.edu.co

Puerta-Quintero, G. (2008). Riesgos para la calidad y la inocuidad. Cenicafé.

12. ANEXOS

Anexo A. Cálculos pronósticos de cantidad cosechada por hectárea.

CANTIDAD DE CAFÉ COSECHADA POR HECTAREA						
<i>t</i>	<i>Y_t</i>	<i>A_t</i>	<i>T_t</i>	<i>S_t</i>	<i>Y_t'</i>	<i>Error</i>
-1				1		
0				1		
2015	826,5	826,5	0	1		
2016	862	838,215	3,86595	1,014187887	826,5	35,5
2017	931,8	871,6882	13,63635	1,034480082	842,08095	89,71905
2018	1034,3	934,4865	29,85978	1,053405548	885,324591	148,9754
2019	1065,3	992,743	39,23071	1,043637627	978,028289	87,27171
2019		691,4224	-73,1512	0,517240041	1067,55628	1067,556
2020		414,2417	-140,481	0,526702774	1128,41271	1128,413
2021		183,4197	-170,294	0,521818813	1158,89192	1158,892
alpha	0,33	Beta	0,33	Gamma	0,50	

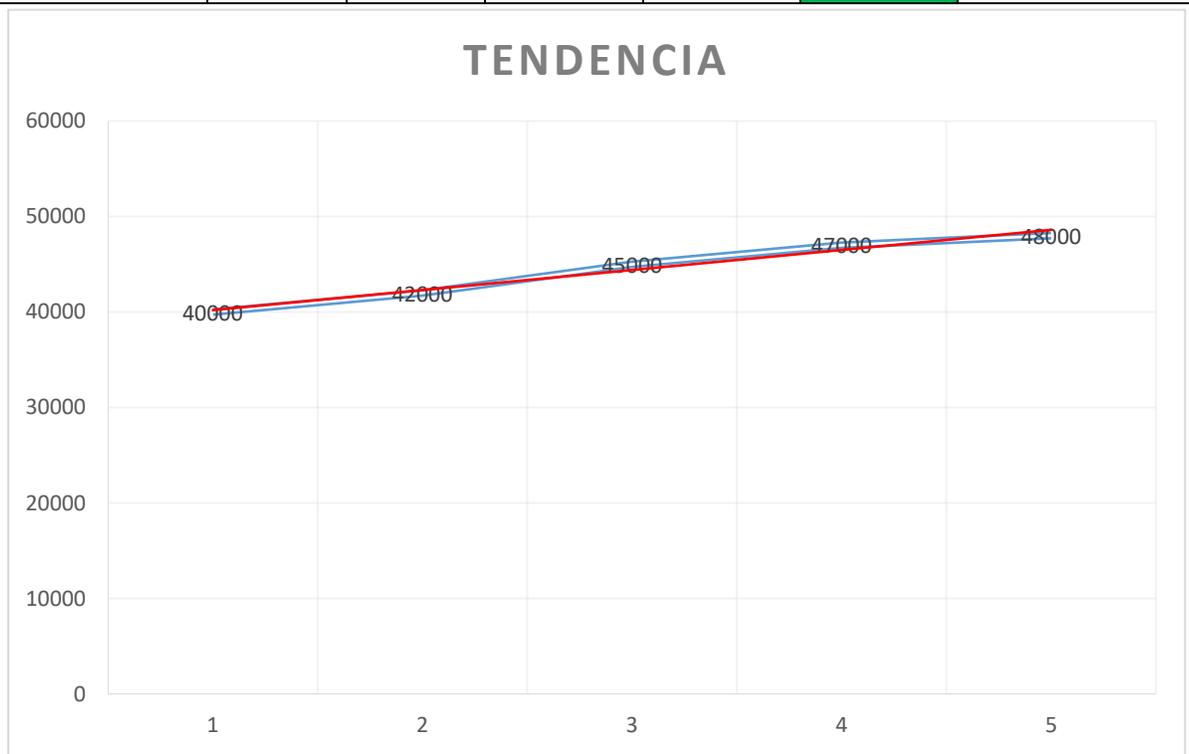
TENDENCIA

Año	Cantidad cosechada (kg/ha)
2015	826,5
2016	862
2017	931,8
2018	1034,3
2019	1065,3

ECUACION DE LA RECTA	$Y = 64.99X + 749.01$
----------------------	-----------------------

Anexo B. Cálculos pronósticos de gastos de transporte.

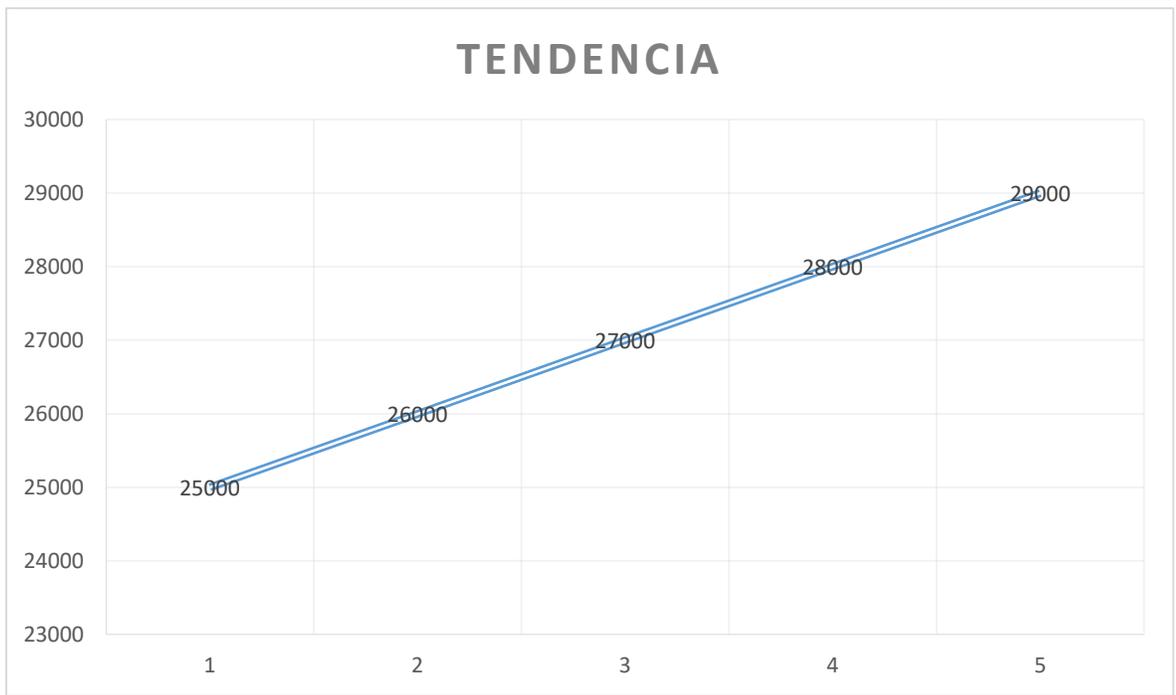
GASTOS DE TRANSPORTE						
PERIODO	VALOR	Ft	Tt	FtTt	Et	et2
1	\$40.000					
2	\$42.000	\$40.000	\$50.700	\$90.700	\$48.700	\$2.371.690.000
3	\$45.000	\$65.400	\$139.250	\$204.650	\$159.650	\$25.488.122.500
4	\$47.000	\$57.240	\$21.322	\$78.562	\$31.562	\$996.159.844
5	\$48.000	\$53.144	\$988	\$54.132	\$6.132	\$37.596.519
6		\$51.086	-\$1.449	\$49.638	\$49.638	\$2.463.915.160



ECUACION DE LA RECTA	$Y = 2100X + 38100$
----------------------	---------------------

Anexo C. Cálculos pronósticos salario del jornalero

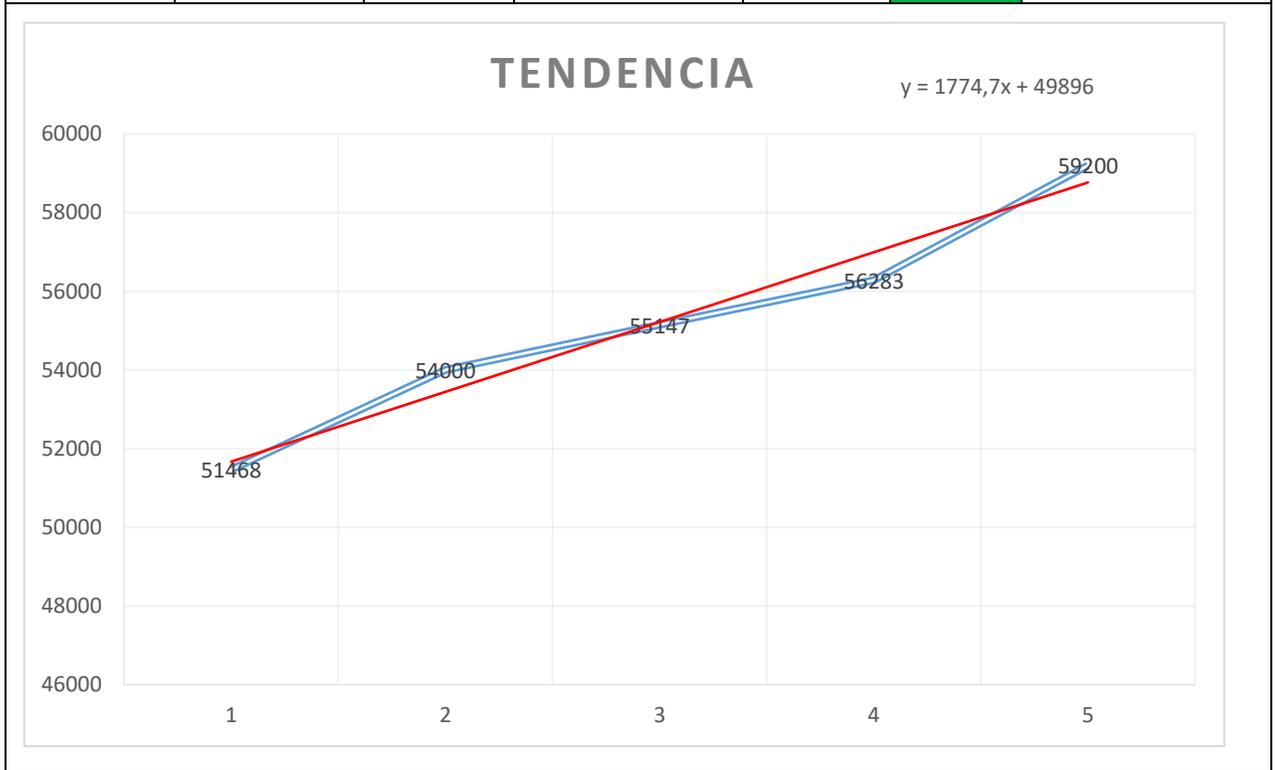
SALARIO DEL JORNALERO						
PERIODO	VALOR	Ft	Tt	FtTt	Et	et2
\$1	\$25.000					
\$2	\$26.000	\$25.000	\$30.000	\$55.000	\$29.000	\$841.000.000
\$3	\$27.000	-\$98.000	\$948.000	\$850.000	\$823.000	\$677.329.000.000
\$4	\$28.000	-\$48.000	\$229.600	\$181.600	\$153.600	\$23.592.960.000
\$5	\$29.000	-\$17.600	\$70.240	\$52.640	\$23.640	\$558.849.600
\$6		\$1.040	\$28.960	\$30.000	\$30.000	\$900.000.000



ECUACION DE LA RECTA	$Y = 1000X + 24000$
----------------------	---------------------

Anexo D. cálculos entrada de cargas a centro de acopio

ENTRADA DE CARGAS AL CENTRO DE ACOPIO						
PERIODO	VALOR	Ft	Tt	FtTt	Et	et2
1	51.468					
2	54.000	51.468	60.544	11.2012	58.012	3.365.415.349
3	55.147	142.620	-123.103	19.517	-35.630	1.269.468.396
4	56.283	107.631	-97.550	10.081	-46.202	2.134.616.857
5	59.200	87.092	-35.941	51.150	-80.50	64.795.397
6		75.935	-16.114	59.821	59.821	3.578.602.607



ECUACION DE LA RECTA	$Y = 1774.7X + 49896$
----------------------	-----------------------

Anexo E. encuesta pequeños productores entregada por semillero

Encuesta a productores de café de la provincia de Lengupá

Objetivo

Conocer las características claves de la cadena productiva de los pequeños productores de café de la provincia de Lengupá la información suministrada estará regida por las consideraciones éticas pertinentes y tendrá uso exclusivo académico

A continuación, se mostrarán unas preguntas las cuales se seleccionará la respuesta que mejor convenga.

1. Municipio en el que se encuentra su producción

Miraflores Berbeo Zetaquirá

2. Variedad del cultivo

Caturra Típica Castilla Otra ¿Cuál?

3. ¿Aproximadamente con cuantas hectáreas de café cuenta?

1-0 2-3 4-5 6-7

4. ¿Cuántas cargas de café produce por hectárea?

4-5 6-7 8-9 Más de 10

5. Indique que insumos agrícolas son de su preferencia para el uso en su cultivo

Abonos Fungicidas Insecticidas Herramientas Otros
¿Cuales? ¿Cuales? ¿Cuales? ¿Cuales? ¿Cuales?

6. Como presenta usted el café, en la fase final de su cadena productiva

Café pergamino Café verde Café tostado Café molido Otro _____

7. De los procesos que son realizados en su cadena productiva, ¿cuáles son usados por tercerización?

No Si ¿Cuál? _____

8. ¿Cuánto tiempo de sembrado requiere para producir la primera cosecha?

9. ¿Qué número de cosechas se produce en un año?

10. Método(s) de recolección que practica regularmente a la hora de cosechar el grano

Método seco Método húmedo Método Semihúmedo Otro ¿Cuál? _____

11. ¿Con que cantidad de trabajadores dispone actualmente?

1-5 5-10 10-20 Más de 20

12. ¿Realiza alguna capacitación a los trabajadores antes de la realizar la recolección del grano de café?

No Si

13. ¿Qué formas de riego utiliza en sus cultivos?

Tecnificado Lluvias Manual Otro ¿Cuál? _____

14. Sistema o forma en la cual da sombra al cultivo

Artificial o tecnificado Natural (plantas o arboles) Otro ¿Cuál? _____

15. ¿En qué parte del proceso de recolección utiliza maquinaria?

Recolección Despulpado Tostado Empacado Transporte Ninguno Otro
¿Cuál?

16. Qué clase de maquinaria o herramienta usa en si cadena de producción.

17. ¿En el proceso de recolección que cantidad de producto se pierde?

1-3 cargas 3-5 cargas Más de 5 cargas No hay perdidas

18. ¿En cuál de los procesos que tiene en su cadena de producción se puede perder producto?

Recolección Despulpado Tostado Empacado Transporte Otro Ninguno

19. Cuales considera usted que son las causas más frecuentes de perdida de producto
