

DISEÑO DE UN SISTEMA LOGÍSTICO DE ACOPIO Y DISTRIBUCIÓN DE UN  
PRODUCTO ALIMENTICIO PERECEDERO NO REFRIGERADO PARA  
EL AREA DE INFLUENCIA DEL VALLE DEL CAUCA

NELSON RICARDO BECERRA ESCOBAR  
VALENTINA RESTREPO PELÁEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2015

DISEÑO DE UN SISTEMA LOGÍSTICO DE ACOPIO Y DISTRIBUCIÓN DE UN  
PRODUCTO ALIMENTICIO PERECEDERO NO REFRIGERADO PARA EL  
AREA DE INFLUENCIA DEL VALLE DEL CAUCA

NELSON RICARDO BECERRA ESCOBAR  
VALENTINA RESTREPO PELÁEZ

Pasantía de investigación para optar por el título de  
Ingeniero Industrial

Directora  
Ing. Gloria Mercedes López Orozco  
PhD. Ingeniería

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2015

## **Nota de aceptación**

**Aprobado por el comité de evaluación de proyectos, en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al Título de Ingeniero Industrial**

---

**Jairo Alexander Lozano Moreno**

---

**Javier Fernando Ortega Clavijo**

**Santiago de Cali, 27 de julio de 2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos nuestros padres y docentes por su dedicación, entrega y apoyo a lo largo de esta carrera que culmina.

A los funcionarios del ICBF que amablemente nos brindaron su tiempo, disposición y colaboración para coadyuvar a la realización de este proyecto con la información que estaba a su alcance brindarnos.

Nelson Ricardo Becerra Escobar.

A mi compañera Valentina por apoyarme y ayudarme en todo momento. Desde mi primer día como estudiante de Ingeniería Industrial y durante la realización de este proyecto.

Del ICBF, a Rubén Darío Marles por su colaboración e interés en apoyar la realización de este proyecto, a Sandra Pabuena por media hora de enriquecedora información para realizar este proyecto y a Luisa Fernanda Posada por su amable colaboración que enriqueció el desarrollo de este proyecto.

Valentina Restrepo Peláez.

Agradezco a mi compañero Nelson por su entrega en la realización de este trabajo, por los días y las noches dedicadas a su elaboración y por su entereza para no desfallecer en la adversidad.

A mi familia por su apoyo y colaboración para la consecución de los objetivos de este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>4</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>23</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>25</b>
<b>1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>27</b>
1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	27
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	28
<b>2 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>29</b>
<b>3 ESTADO DEL ARTE</b>	<b>31</b>
3.1 CARACTERIZACIÓN DE RUTAS PARA EL TRANSPORTE DE ALIMENTOS	32
3.2 USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN EN EL TRANSPORTE	45
3.3 IDENTIFICACIÓN DEL <i>SOFTWARE</i> DISPONIBLE EN COLOMBIA PARA EL MODELO DE RUTAS DE TRANSPORTE	48
3.4 CARACTERÍSTICAS Y RETOS DEL TRANSPORTE DE PRODUCTOS PERECEDEROS EN PAISES EN DESARROLLO	51
3.5 METODOLOGÍAS CIENTÍFICAS Y MATEMÁTICAS APLICADAS A LA DISTRIBUCIÓN	53
3.6 TAXONOMÍA	54
<b>4 OBJETIVOS</b>	<b>57</b>
4.1 OBJETIVO GENERAL:	57

4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	57
<b>5</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>58</b>
5.1	DISEÑO Y CARACTERIZACIÓN DE RUTAS	58
5.1.1	Definición De Caracterización.	58
5.2	TIPIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS EN DISEÑO DE RUTAS	59
5.2.1	Únicos Puntos De Origen Y Destino.	59
5.2.2	Múltiples Puntos De Origen Y Destino.	60
5.2.3	Puntos De Origen Y Destino Iguales.	60
5.3	MÉTODOLOGÍAS PARA EL DISEÑO DE RUTAS	61
5.3.1	El método “de barrido”.	61
5.3.2	Método “de ahorros”.	62
5.4	PROGRAMACIÓN Y DISEÑO DE RUTAS PARA LOS VEHÍCULOS (PDRV)	63
5.5	SECUENCIACIÓN DE RUTAS	65
5.6	¿QUÉ ES LA ALTIMETRÍA Y CUÁL ES SU EFECTO EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE?	66
5.7	MODELAMIENTO CONCEPTUAL DE UN SISTEMA LOGÍSTICO	67
5.8	EL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA	68
5.9	GENERALIDADES DE LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN	69
5.9.1	Clasificación de los almacenes.	69
5.9.2	Operaciones básicas de los centros de distribución.	70
5.10	CARACTERIZACIÓN DE LA BIENESTARINA®	71
5.10.1	El producto.	71
5.10.2	Modalidades de atención el beneficiario.	72
5.10.3	DISTRIBUCIÓN DE LA BIENESTARINA®	74

5.10.4 Documentación.	75
5.10.5 Almacenamiento de la Bienestarina®.	76
5.10.6 Demanda de Bienestarina en el Valle del Cauca.	76
<b>6 METODOLOGIA</b>	<b>85</b>
<b>7 MODELO CONCEPTUAL DE LOGÍSTICA Y DISTRIBUCIÓN. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b>	<b>86</b>
7.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS VÍAS DEL VALLE DEL CAUCA	86
<b>8 CARACTERIZACIÓN DE LA OPERACIÓN LOGÍSTICA</b>	<b>91</b>
<b>9 FORMULACIÓN DEL MODELO OPERACIONAL DE LA CADENA DE SUMINISTRO EN LA ETAPA DE DISTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO DE PRIMERA NECESIDAD</b>	<b>95</b>
9.1 ASPECTOS PROPUESTOS DE MODELADO	95
9.2 MODELO DE LA OPERACIÓN LOGÍSTICA DEL PRODUCTO PERECEDERO A NIVEL DEPARTAMENTAL	96
9.2.1 ENERO	96
9.3 MODELO DE LA OPERACIÓN LOGÍSTICA DEL PRODUCTO PERECEDERO A URBANO	98
9.4 DESARROLLO DEL MODELO MATEMÁTICO DE LA RED LOGÍSTICA	101
<b>10 CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES</b>	<b>105</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>107</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>113</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 1. Altimetría Cartago-Ansermanuevo	135
Gráfico 2. Altimetría Ansermanuevo-Restrepo	136
Gráfico 3. Altimetría Cartago-Guacarí	137



## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Aplicaciones de TIC al transporte	47
Cuadro 2. Características de los programas de ruteo disponibles en Colombia	50
Cuadro 3. Asignación de diez rutas cortas para tres vehículos A, B y C.	66
Cuadro 4. Puntos de referencia ciudades, altitudes, potencia y uso de combustible	67
Cuadro 5. Aporte nutricional Bienestarina Más® y Bienestarina Más® Saborizada	72
Cuadro 6. Histórico de demanda departamental del Valle del Cauca 2012	78
Cuadro 7. Histórico de demanda departamental del Valle del Cauca 2013	80
Cuadro 8. Histórico de demanda departamental del Valle del Cauca 2014	82
Cuadro 9. Histórico de demanda departamental del Valle del Cauca 2015	84
Cuadro 10. Resumen de características de los municipios del Valle del Cauca, Pereira y Dosquebradas	88
Cuadro 11. Dimensiones de camión	96
Cuadro 12. Grupo 1. Tiempo: 8 horas, 20 minutos	96
Cuadro 13. Variables del modelo matemático	101
Cuadro 14. Parámetros del modelo matemático	102
Cuadro 15. Resumen de datos de la vía Cartago-Ansermanuevo	134
Cuadro 16. Resumen estado de las vías Ansermanuevo-Restrepo	136
Cuadro 17. Resumen estado de las vías Cartago-Dosquebradas	138
Cuadro 18. Grupo 1. Tiempo: 8 horas, 20 minutos	144

Cuadro 19. Grupo 2. Tiempo 6 horas, 53 minutos	145
Cuadro 20. Grupo 3. Tiempo: 7 horas, 26 minutos	146
Cuadro 21. Grupo 4. Tiempo: 4 horas, 19 minutos	147
Cuadro 22. Grupo 5. Tiempo: 4 horas, 23 minutos	148
Cuadro 23. Grupo 6. Tiempo: 5 horas, 12 minutos	149
Cuadro 24. Grupo 7. Tiempo: 5 horas, 35 minutos	150
Cuadro 25. Grupo 8. Tiempo: 5 horas, 20 minutos.	151
Cuadro 26. Grupo 9. Tiempo: 7 horas, 22 minutos	152
Cuadro 27. Grupo 1. Tiempo: 4 horas, 30 minutos	153
Cuadro 28. Grupo 2. Tiempo: 4 horas, 46 minutos	154
Cuadro 29. Grupo 3. Tiempo: 4 horas, 57 minutos	155
Cuadro 30. Grupo 4. Tiempo: 7 horas, 59 minutos	156
Cuadro 31. Grupo 5. Tiempo: 6 horas, 30 minutos	157
Cuadro 32. Grupo 6. Tiempo: 5 horas, 20 minutos	158
Cuadro 33. Grupo 7. Tiempo: 6 horas, 53 minutos	159
Cuadro 34. . Grupo 8. Tiempo: 8 horas, 32 minutos	160
Cuadro 35. Grupo 9. Tiempo: 7 horas, 59 minutos	161
Cuadro 36. Grupo 1. Tiempo: 5 horas, 46 minutos	162
Cuadro 37. Grupo 2. Tiempo: 5 horas, 41 minutos	163
Cuadro 38. Grupo 3. Tiempo: 4 horas, 23 minutos	164
Cuadro 39. Grupo 4. Tiempo: 4 horas, 29 minutos	165
Cuadro 40. Grupo 5. Tiempo: 6 horas, 08 minutos	166
Cuadro 41. Grupo 6. Tiempo: 5 horas, 20 minutos	167
Cuadro 42. Grupo 7. Tiempo: 7 horas, 59 minutos	168

Cuadro 43. Grupo 8. Tiempo: 4 horas, 19 minutos	169
Cuadro 44. Grupo 9. Tiempo: 6 horas, 53 minutos	170
Cuadro 45. Grupo 10. Tiempo: 7 horas, 26 minutos	171
Cuadro 46. Grupo 11. Tiempo: 2 horas, 58 minutos	172
Cuadro 47. Grupo 1. Tiempo: 6 horas, 09 minutos	173
Cuadro 48. Grupo 2. Tiempo: 6 horas, 21 minutos	174
Cuadro 49. Grupo 3. Tiempo: 4 horas, 23 minutos	175
Cuadro 50. Grupo 4. Tiempo: 4 horas, 29 minutos	176
Cuadro 51. Grupo 5. Tiempo: 6 horas, 58 minutos	177
Cuadro 52. Grupo 6. Tiempo: 5 horas, 20 minutos	178
Cuadro 53. Grupo 7. Tiempo: 6 horas, 23 minutos	179
Cuadro 54. Grupo 8. Tiempo: 4 horas, 19 minutos	180
Cuadro 55. Grupo 9. Tiempo: 6 horas, 53 minutos	181
Cuadro 56. Grupo 10. Tiempo: 7 horas, 59 minutos	182
Cuadro 57. Grupo 11. Tiempo: 7 horas, 59 minutos	183
Cuadro 58. Grupo 1. Tiempo: 11 horas, 58 minutos	184
Cuadro 59. Grupo 2. Tiempo: 5 horas, 37 minutos	185
Cuadro 60. Grupo 3. Tiempo: 5 horas, 20 minutos	186
Cuadro 61. Grupo 4. Tiempo: 4 horas, 29 minutos	187
Cuadro 62. Grupo 5. Tiempo: 6 horas, 08 minutos	188
Cuadro 63. Grupo 6. Tiempo: 6 horas, 13 minutos	189
Cuadro 64. Grupo 7. Tiempo: 6 horas, 53 minutos	190
Cuadro 65. Grupo 8. Tiempo: 14 horas, 21 minutos	191
Cuadro 66. Grupo 1. Tiempo: 7 horas, 43 minutos	192

Cuadro 67. Grupo 2. Tiempo: 4 horas, 57 minutos	193
Cuadro 68. Grupo 3. Tiempo: 5 horas, 41 minutos	194
Cuadro 69. Grupo 4. Tiempo: 6 horas, 58 minutos	195
Cuadro 70. Grupo 5. Tiempo: 5 horas, 20 minutos	196
Cuadro 71. Grupo 6. Tiempo: 6 horas, 14 minutos	197
Cuadro 72. Grupo 7. Tiempo: 6 horas, 53 minutos	198
Cuadro 73. Grupo 8. Tiempo: 9 horas, 03 minutos	199
Cuadro 74. Grupo 9. Tiempo: 7 horas, 59 minutos	200
Cuadro 75. Grupo 1. Tiempo: 7 horas, 15 minutos	201
Cuadro 76. Grupo 2. Tiempo: 5 horas, 05 minutos	202
Cuadro 77. Grupo 3. Tiempo: 5 horas, 49 minutos	203
Cuadro 78. Grupo 4. Tiempo: 4 horas, 23 minutos	204
Cuadro 79. Grupo 5. Tiempo: 7 horas, 57 minutos	205
Cuadro 80. Grupo 6. Tiempo: 5 horas, 20 minutos	206
Cuadro 81. Grupo 7. Tiempo: 6 horas, 13 minutos	207
Cuadro 82. Grupo 8. Tiempo: 4 horas, 19 minutos	208
Cuadro 83. Grupo 9. Tiempo: 7 horas, 57 minutos	209
Cuadro 84. Grupo 10. Tiempo: 6 horas, 53 minutos	210
Cuadro 85. Grupo 11. Tiempo: 7 horas, 59 minutos	211
Cuadro 86. Grupo 1. Tiempo: 7 horas, 00 minutos	212
Cuadro 87. Grupo 2. Tiempo: 8 horas, 45 minutos	213
Cuadro 88. Grupo 3. Tiempo: 4 horas, 29 minutos	214
Cuadro 89. Grupo 4. Tiempo: 6 horas, 08 minutos	215
Cuadro 90. Grupo 5. Tiempo: 5 horas, 20 minutos	216

Cuadro 91. Grupo 6. Tiempo: 7 horas, 14 minutos	217
Cuadro 92. Grupo 8. Tiempo: 4 horas, 19 minutos	218
Cuadro 93. Grupo 9. Tiempo: 6 horas, 53 minutos	219
Cuadro 94. Grupo 10. Tiempo: 7 horas, 59 minutos	220
Cuadro 95. Grupo 1. Tiempo: 5 horas, 19 minutos	221
Cuadro 96. Grupo 2. Tiempo: 5 horas, 41 minutos	222
Cuadro 97. Grupo 3. Tiempo: 4 horas, 29 minutos	223
Cuadro 98. Grupo 4. Tiempo: 6 horas, 58 minutos	224
Cuadro 99. Grupo 5. Tiempo: 5 horas, 20 minutos	225
Cuadro 100. Grupo 6. Tiempo: 6 horas, 13 minutos	226
Cuadro 101. Grupo 7. Tiempo: 6 horas, 53 minutos	227
Cuadro 102. Grupo 8. Tiempo: 7 horas, 59 minutos	228

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Representación del método de "barrido"	61
Figura 2. Modelo del método de "ahorros"	62
Figura 3. Agrupación de paradas por cercanía.	63
Figura 4. Diagrama de la división de rutas por días (lunes y viernes)	64
Figura 5. Ubicación geográfica Centros Zonales e Ingredion S.A.	77
Figura 6. Mapa del Valle del Cauca con sus municipios	86
Figura 7. Mapa vial del Valle del Cauca.	87
Figura 8. Diagrama de la cadena de suministro de la Bienestarina®	92
Figura 9. Fotografía del camión de 8 toneladas	95
Figura 10. Ruta Grupo 1 enero	97
Figura 11. (i) Municipio de Bolívar [1440 kg. 1h52m. 125km]	98
Figura 12. (ii) Municipio de Bolívar [1440 kg. 1h52m. 125km]	99
Figura 13. Municipio de Cartago [3442,5 kg. 1h4m. 56km]	99
Figura 14. Municipio de Florida [7222,5 kg. 5h53m. 388 km]	100
Figura 15. Municipios de La Unión, Toro, Zarzal. [6573 kg. 2h8m.112 km.]	100
Figura 16. Municipio de Sevilla. [4612,5 kg. 2h46m 179km]	101
Figura 17. Histórico de demanda municipio de Alcalá	113
Figura 18. Histórico de demanda municipio de Andalucía	113
Figura 19. Histórico de demanda municipio de Ansermanuevo	114
Figura 20. Histórico de demanda municipio de Argelia	114
Figura 21. Histórico de demanda municipio de Bolívar	115

Figura 22. Histórico de demanda municipio de Buenaventura	115
Figura 23. Histórico de demanda municipio de Buga	116
Figura 24. Histórico de demanda municipio de Bugalagrande	116
Figura 25. Histórico de demanda municipio de Caicedonia	117
Figura 26. Histórico de demanda municipio de Cali	117
Figura 27. Histórico de demanda municipio de Calima - El Darién	118
Figura 28. Histórico de demanda municipio de Candelaria	118
Figura 29. Histórico de demanda municipio de Cartago	119
Figura 30. Histórico de demanda municipio de Dagua	119
Figura 31. Histórico de demanda municipio de Dos Quebradas (Risaralda)	120
Figura 32. Histórico de demanda municipio de El Águila	120
Figura 33. Histórico de demanda municipio de El Cairo	121
Figura 34. Histórico de demanda municipio de El Cerrito	121
Figura 35. Histórico de demanda municipio de El Dovio	122
Figura 36. Histórico de demanda municipio de Florida	122
Figura 37. Histórico de demanda municipio de Ginebra	123
Figura 38. Histórico de demanda municipio de Guacarí	123
Figura 39. Histórico de demanda municipio de Jamundí	124
Figura 40. Histórico de demanda municipio de La Unión	124
Figura 41. Histórico de demanda municipio de La Victoria	125
Figura 42. Histórico de demanda municipio de Obando	125
Figura 43. Histórico de demanda municipio de Palmira	126
Figura 44. Histórico de demanda municipio de Pradera	126
Figura 45. Histórico de demanda municipio de Restrepo	127

Figura 46. Histórico de demanda municipio de Riofrío	127
Figura 47. Histórico de demanda municipio de Roldanillo	128
Figura 48. Histórico de demanda municipio de San Pedro	128
Figura 49. Histórico de demanda municipio de Sevilla	129
Figura 50. Histórico de demanda municipio de Toro	129
Figura 51. Histórico de demanda municipio de Trujillo	130
Figura 52. Histórico de demanda municipio de Tuluá	130
Figura 53. Histórico de demanda municipio de Ulloa	131
Figura 54. Histórico de demanda municipio de Versalles	131
Figura 55. Histórico de demanda municipio de Yotoco	132
Figura 56. Histórico de demanda municipio de Yumbo	132
Figura 57. Histórico de demanda municipio de Zarzal	133
Figura 58. Ruta Cartago-Ansermanuevo	134
Figura 59. Ruta Ansermanuevo-Restrepo	135
Figura 60. Ruta Cartago-Guacarí	137
Figura 61. Ruta Cartago-Dosquebradas	138
Figura 62. Ruta Zarzal-Bugalagrande	139
Figura 63. Ruta Restrepo-Calima (El darién)	139
Figura 64. Ruta Calima (el Darién)-Buenaventura	140
Figura 65. Ruta Buenaventura-Jamundí	140
Figura 66. Ruta Yotoco-Candelaria	141
Figura 67. Ruta Guacarí-Ginebra	141
Figura 68. Ruta Ginebra-El cerrito	142
Figura 69. Ruta El cerrito-Palmira	142



Figura 70. Ruta Palmira-Florida.	143
Figura 71. Ruta Candelaria-Pradera	143
Figura 72. Ruta Grupo 1 enero	144
Figura 73. Ruta Grupo 2 enero	145
Figura 74. Ruta Grupo 4 enero	146
Figura 75. Ruta Grupo 4 enero	147
Figura 76. Ruta Grupo 5 enero	148
Figura 77. Ruta Grupo 6 enero	149
Figura 78. Ruta Grupo 7 enero	150
Figura 79. Ruta Grupo 8 enero (dos veces en el mes)	151
Figura 80. Ruta Grupo 9 enero	152
Figura 81. Ruta Grupo 1 febrero	153
Figura 82. Ruta Grupo 2 febrero	154
Figura 83. Ruta Grupo 3 febrero	155
Figura 84. Ruta Grupo 4 febrero	156
Figura 85. Ruta Grupo 5 febrero	157
Figura 86. Ruta Grupo 6 (nueve veces en el mes)	158
Figura 87. Ruta Grupo 7 febrero (dos veces en el mes)	159
Figura 88. Ruta Grupo 8 febrero	160
Figura 89. Ruta Grupo 9 febrero	161
Figura 90. Ruta Grupo 1 marzo	162
Figura 91. Ruta Grupo 2 marzo	163
Figura 92. Ruta Grupo 3 marzo (dos veces en el mes)	164
Figura 93. Ruta Grupo 4 marzo	165

Figura 94. Ruta Grupo 5 marzo	166
Figura 95. Ruta Grupo 6 marzo (cinco veces en el mes)	167
Figura 96. Ruta Grupo 7 marzo	168
Figura 97. Ruta Grupo 8 marzo (dos veces en el mes)	169
Figura 98. Ruta Grupo 9 marzo	170
Figura 99. Ruta Grupo 10 marzo	171
Figura 100. Ruta Grupo 11 marzo	172
Figura 101. Ruta Grupo 1 abril	173
Figura 102. Ruta Grupo 2 abril	174
Figura 103. Ruta Grupo 3 abril	175
Figura 104. Ruta Grupo 4 abril (dos veces en el mes)	176
Figura 105. Ruta Grupo 5 abril	177
Figura 106. Ruta Grupo 6 abril (nueve veces en el mes)	178
Figura 107. Ruta Grupo 7 abril	179
Figura 108. Ruta Grupo 8 abril (dos veces en el mes)	180
Figura 109. Ruta Grupo 9 abril (dos veces en el mes)	181
Figura 110. Ruta Grupo 10 abril	182
Figura 111. Ruta Grupo 11 abril	183
Figura 112. Ruta Grupo 1 mayo	184
Figura 113. Ruta Grupo 2 mayo	185
Figura 114. Ruta Grupo 3 mayo (cuatro veces en el mes)	186
Figura 115. Ruta Grupo 4 mayo	187
Figura 116. Ruta Grupo 5 mayo	188
Figura 117. Ruta Grupo 6 mayo	189

Figura 118. Ruta Grupo 7 mayo	190
Figura 119. Ruta Grupo 8 mayo	191
Figura 120. Ruta Grupo 1 junio	192
Figura 121. Ruta Grupo 2 junio	193
Figura 122. Ruta Grupo 3 junio	194
Figura 123. Ruta Grupo 4 junio	195
Figura 124. Ruta Grupo 5 junio (siete veces en el mes)	196
Figura 125. Ruta Grupo 6 junio	197
Figura 126. Ruta Grupo 7 junio (dos veces en el mes).	198
Figura 127. Ruta Grupo 8 junio	199
Figura 128. Ruta Grupo 9 junio	200
Figura 129. Ruta Grupo 1 julio	201
Figura 130. Ruta Grupo 2 julio	202
Figura 131. Ruta Grupo 3 julio	203
Figura 132. Ruta Grupo 4 julio	204
Figura 133. Ruta Grupo 5 julio	205
Figura 134. Ruta Grupo 6 julio	206
Figura 135. Ruta Grupo 7 julio	207
Figura 136. Ruta Grupo 8 julio	208
Figura 137. Ruta Grupo 9 julio	209
Figura 138. Ruta Grupo 10 julio (tres veces en el mes)	210
Figura 139. Ruta Grupo 11 julio	211
Figura 140. Ruta Grupo 1 agosto	212
Figura 141. Ruta Grupo 2 agosto	213

Figura 142. Ruta Grupo 3 agosto	214
Figura 143. Ruta Grupo 4 agosto	215
Figura 144. Ruta Grupo 5 agosto (tres veces en el mes)	216
Figura 145. Ruta Grupo 7 agosto	217
Figura 146. Ruta Grupo 8 agosto (dos veces en el mes)	218
Figura 147. Ruta Grupo 9 agosto	219
Figura 148. Ruta Grupo 10 agosto	220
Figura 149. Ruta Grupo 1 septiembre	221
Figura 150. Ruta Grupo 2 septiembre	222
Figura 151. Ruta Grupo 3 septiembre	223
Figura 152. Ruta Grupo 4 septiembre	224
Figura 153. Ruta Grupo 5 septiembre (cinco veces en el mes)	225
Figura 154. Ruta Grupo 6 septiembre	226
Figura 155. Ruta Grupo 7 septiembre	227
Figura 156. Ruta Grupo 8 septiembre	228

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A: Histórico de demandas por municipio año 2013, Valle del Cauca	114
Anexo B: Información detallada de las rutas del Valle del Cauca	135
Anexo C: Rutas propuestas para la distribución de la Bienestarina ®	145

## GLOSARIO

**ACO (Ant Colony Optimization)**<sup>1</sup>: La ACO u optimización colonia de hormigas es un método de resolución de problemas de optimización de propósito general que nace motivado por la observación de que una colonia de hormigas. Es capaz de encontrar el camino más corto entre el hormiguero y una fuente de comida.

**CEDI**: centro de distribución

**CLUSTER**: concentración zonal de empresas enfocadas en un núcleo común de negocio.

**SCM (Supply Chain Management)**: integración de actividades y flujo de información desde el primer proveedor hasta el último y cliente, y viceversa, la cual tiene como objetivo dar cumplimiento a las entregas de productos y servicios en las cantidades y tiempos establecidos.

**VRP (Vehicle Routing Problem)**: conjunto de metodologías que pretenden dar solución a los problemas de diseño de rutas y asignación de vehículos/modos.

**VRPTW (Vehicle Routing Problem with Time Windows)**: extensión del VRP en la que los clientes o paradas solo permiten la descarga del producto durante franjas de tiempo definidas por ellos mismos.

---

<sup>1</sup> Optimización mediante colonia de hormigas: Problema de la mochila [en línea]. Sevilla 1992 [consultado el 29 de abril de 2015]. Disponible en internet: <http://www.cs.us.es/cursos/ia1-2011/trabajos/propuesta-hormigas-rev.pdf>.

## RESUMEN

En Colombia, las necesidades alimentarias de las poblaciones más vulnerables no están del todo satisfechas debido a factores que incluyen, entre otros, a la baja capacidad adquisitiva de dichas poblaciones, a la escasez de alimentos nutritivos y complementarios y a la falta de capacidad de distribución de dichos alimentos a los rincones más apartados de la geografía nacional, tal como se expone en los diarios nacionales como El Tiempo<sup>2</sup>, el Colombiano<sup>3</sup> y el Heraldo<sup>4</sup>.

Surgió entonces, en el año 1976 en el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF), un producto alimenticio rico en nutrientes, relativamente fácil de producir y preparar en casa, que podía ser repartido entre los sectores más vulnerables de la sociedad colombiana y que, al ser suministrado a niños, ancianos, discapacitados y demás poblaciones sensibles, logró llenar el vacío de la deficiencia alimentaria existente. La Bienestarina®, producto gratuito, financiado por el gobierno nacional, logra este cometido. Fabricada por la empresa Ingredion de Colombia S.A., en dos plantas ubicadas en los municipios de Cartago, departamento del Valle del Cauca y Sabanagrande, departamento del Atlántico. Distribuida y almacenada en todo el territorio nacional y suministrada a la población objetivo por unidades ejecutoras (escuelas, centros comunales, iglesias, hogares comunitarios, centros geriátricos, entre otros).

En el departamento del Valle del Cauca se ha identificado que, según el modelo de distribución del producto, la empresa fabricante Ingredion de Colombia S.A. se responsabiliza de la entrega del producto sólo hasta los puntos primarios de entrega y no hasta los consumidores (beneficiarios) del producto. En este proyecto de investigación se formula una solución alternativa de logística y distribución que cumple con las necesidades de entrega del producto de acuerdo con la demanda, propone un modelo de ruteo según las condiciones viales del Valle del Cauca, para lo cual se identificaron las principales vías, y las características, que comunican a todos los municipios del departamento.

---

<sup>2</sup> FORERO AGUIRRE, Andrea. El dramático mapa de la desnutrición infantil [en línea]. En:El Tiempo. Bogotá D.C. 19, julio, 2014. [consultado el 29 de abril de 2015]. Disponible en internet: <<http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/salud/desnutricion-infantil-en-colombia/14272676>>

<sup>3</sup> COLPRENSA. En la Guajira, el 27 por ciento de los niños menores de 5 años sufre desnutrición crónica [en línea]. En: El Colombiano. Envigado (Antioquia). 11, Julio, 2014. [consultado el 29 de abril de 2015]. Disponible en internet: <[http://www.elcolombiano.com/en\\_la\\_guajira\\_el\\_27\\_por\\_ciento\\_de\\_los\\_ninos\\_menores\\_de\\_5\\_anos\\_sufre\\_desnutricion\\_cronica-KGEC\\_302080](http://www.elcolombiano.com/en_la_guajira_el_27_por_ciento_de_los_ninos_menores_de_5_anos_sufre_desnutricion_cronica-KGEC_302080)>

<sup>4</sup> “En Colombia mueren cada año 6000 niños de hambre”: Senadora Sofía Gaviria [En línea]. En: El Heraldo. Barranquilla (Atlántico). 13, noviembre, 2014. [consultado el 29 de abril de 2015]. Disponible en internet: <<http://www.elheraldo.co/local/en-colombia-mueren-cada-ano-6000-ninos-de-hambre-senadora-sofia-gaviria-173890>>

El modelo se basa en los históricos de demanda del producto y por medio de dos *software* de ruteo (Route4me® en versión de prueba para las cabeceras departamentales y RouteXL® en versión gratuita para la distribución urbana), dibuja las rutas a seguir desde el punto de fabricación y almacenamiento en Cartago, y desde ahí, a todos los demás municipios del Valle del Cauca. Se tienen en cuenta los volúmenes de producto a transportar. Las rutas se organizan mensualmente y para cada una se calcula el tiempo total de recorrido.



## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de iniciación a la investigación se encuentra alineado con el trabajo investigativo de la Universidad Nacional de Colombia denominado “logística de acopio y distribución de Bienestarina® en Colombia soportado en tecnologías de la información y comunicación”, el mismo sirve como fundamento para el desarrollo del presente documento.

El derecho a la alimentación está consagrado en el Art. 44 de la Constitución Política de Colombia como reza: “Son derechos fundamentales de los niños: la vida, la integridad física, la salud y la seguridad social, la alimentación equilibrada, su nombre y nacionalidad, tener una familia y no ser separados de ella, el cuidado y amor, la educación y la cultura, la recreación y la libre expresión de su opinión. Serán protegidos contra toda forma de abandono, violencia física o moral, secuestro, venta, abuso sexual, explotación laboral o económica y trabajos riesgosos. Gozarán también de los demás derechos consagrados en la Constitución, en las leyes y en los tratados internacionales ratificados por Colombia”<sup>5</sup>. Por ello, es responsabilidad del Estado y de la sociedad colombiana garantizar el abastecimiento de los productos que garanticen una dieta balanceada y regular en los niños.

Nace entonces la idea de realizar una evaluación académica del estado actual del acopio y distribución de un producto alimenticio de primera necesidad, de bajo costo, destinado a combatir a desnutrición en niños en condiciones de pobreza; quienes, en muchos casos, habitan en zonas apartadas y de difícil acceso para los modos de transporte de carga existentes en el país, para lo cual se recurre a realizar trabajo de campo para la recolección de información, recurriendo a los beneficiarios del programa Bienestarina®, al ICBF y a la empresa Ingredion de Colombia S.A.

Se consideraron las características del entorno, los sistemas de apoyo, compras, acopio, almacenamiento, modos y medios de transporte del producto, sistemas de distribución y gestión de la información que acoja las tecnologías de información y comunicación en aras de elevar el nivel de servicio que aseguren la accesibilidad a bajo costo.

---

<sup>5</sup> COLOMBIA. ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE. Constitución Política. 1991. Gaceta Constitucional. , 1991.p 116.

## TÍTULO

“DISEÑO DE UN SISTEMA LOGÍSTICO DE ACOPIO Y DISTRIBUCIÓN DE UN PRODUCTO ALIMENTICIO PERECEDERO NO REFRIGERADO PARA EL AREA DE INFLUENCIA DEL VALLE DEL CAUCA”

## PARTICIPANTES

### ESTUDIANTES

Nombres y Apellidos	Código	Programa Académico
Nelson Ricardo Becerra Escobar	2076010	Ingeniería Industrial
Valentina Restrepo Peláez	2080620	Ingeniería Industrial

### DIRECTOR DE PROYECTO

Nombres y Apellidos	Título
Gloria Mercedes López Orozco	Ingeniera Industrial. PhD en Ingeniería.

# 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

La falta de alimentación adecuada en los niños, como lo dicen Castilla, Joly y Mercado<sup>6</sup>, trae consecuencias temporales y permanentes tales como: problemas de concentración, baja energía, disminución de la capacidad de aprender y resolver problemas, pobre desempeño académico, aislamiento social, deserción escolar y retraso del desarrollo en general. Se hace imperativo generar soluciones alimentarias de bajo costo para niños post-lactantes en condiciones de pobreza a través de productos complementarios añadidos a sus dietas. Actualmente existe un producto alimenticio de primera necesidad que es producido por la empresa Ingredion de Colombia S.A., el cual presenta problemas en la logística de distribución, puesto que los beneficiarios son reacios a asistir a recoger el producto a los puntos designados para ello, tema que es el eje central de la problemática de este proyecto. Se concluye que el producto no llega a los hogares de los niños que lo necesitan, y en algunos casos, cuando llega a estos hogares ya se encuentra por fuera de las fechas de consumo.

Para lograr un adecuado manejo de la información respecto a la producción y la distribución del producto se recomendó seguir las pautas establecidas por el Gobierno Nacional a través de la Procuraduría General de la Nación<sup>7</sup> para productos alimenticios similares. Dichas pautas establecen que se debe contar con un sistema de información que permita: conocer la disponibilidad de inventarios de materias primas, de productos terminados y almacenados, la información de las entregas realizadas con la fecha correspondiente, las cantidades de producto entregado y recibido, el lote de producción y los datos relacionados con los productos terminados en tránsito. Este sistema de información debe actualizar cualquiera de las pautas en un lapso no mayor a 24 horas después de la ejecución de cualquiera de las actividades correspondientes, para cumplir con ello, se hace necesario generar una logística de acopio y distribución de un producto alimenticio de primera necesidad destinado a la población del departamento de Valle del Cauca que vive en condiciones de pobreza y vulnerabilidad para reducir los índices de malnutrición en esta población.

---

<sup>6</sup> CASTILLA PINEDO, Yolanda; JOLY HERRERA, Eliana y MERCADO MARTÍNEZ, Iván. Seguridad alimentaria del programa Apadrinamiento y Nutrición, de la Fundación Mamonal en Cartagena-Colombia. En: Revista Lasallista de Investigación. Enero-Junio, 2011. vol. 8, no. 1, p. 61-67.

<sup>7</sup> COLOMBIA. PROCURADURÍA GENERAL DE LA NACIÓN. Informe de vigilancia superior a la contratación del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). Bogotá D.C: Procuraduría Delegada para la Defensa de los Derechos de la Infancia, la Adolescencia y la Familia, 2011. 354 p.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo a lo enunciado anteriormente, la pregunta que se pretende resolver en este proyecto es: ¿Cómo lograr que el producto alimenticio de primera necesidad esté a disposición de los beneficiarios de los programas del ICBF y población más vulnerable del departamento del Valle del Cauca, en las condiciones exigidas de calidad exigidas por la ley para la seguridad alimentaria?

Para responder esta pregunta, surgen otras cuestiones a resolver como:

- ¿Cómo recoger la información necesaria para conocer el estado actual de la producción y la distribución del producto?
- ¿Cómo generar un plan de ruteo para la efectiva distribución del producto?
- ¿Qué se debe hacer para que las rutas de distribución del producto propuestas estén acordes a la disponibilidad de carreteras y flota vehicular del Valle del Cauca?

## 2 JUSTIFICACIÓN

La población infantil, de mujeres embarazadas y de personas de la tercera edad en Colombia, y particularmente en el Valle del Cauca, padece la carencia de medios eficientes de acceso a una alimentación balanceada y, por lo tanto, presentan problemas que afectan su salud y calidad de vida. Al estar consagrado en la Constitución Política de Colombia y en numerosos acuerdos y tratados internacionales, la adecuada alimentación es un derecho prioritario que el Estado debe garantizar, en colaboración con Organizaciones No Gubernamentales (ONG) y el sector privado.

Como parte de las actividades que apuntan a cumplir con la garantía a este derecho, se tienen las concernientes a la distribución y acopio de alimentos a nivel regional. En Colombia existe un producto alimenticio perecedero, no refrigerado, de primera necesidad que fue diseñado por el doctor Ricardo Bressani, miembro del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), según los estándares alimentarios internacionales para Centro América y América Latina, que permiten a las poblaciones en condiciones de pobreza complementar su dieta. Este producto, en Colombia, es denominado Bienestarina®.

Para hacer llegar este producto a las poblaciones que lo necesitan, se requiere de un sistema de distribución eficiente, que identifique las características de las vías disponibles en el Valle del Cauca, la existencia de vehículos de transporte de carga apropiados para la distribución del producto mencionado y su trazabilidad, con el fin de garantizar que el mismo llega a su destino en óptimas condiciones de calidad y seguridad alimentaria. Además, es necesario hacer un reconocimiento de las zonas de acopio del producto y de los almacenes destinados para ello, para después ubicar las locaciones de las áreas que demandan el producto, y los niveles de la misma.

Actualmente el sistema de acopio y distribución del producto de primera necesidad presenta deficiencias, puesto que éste en ocasiones no llega, o lo hace con retrasos a las zonas que lo requieren. Dada la urgencia que tienen las poblaciones en condiciones de pobreza en el Valle del Cauca, es imperativo presentar una propuesta que mejore las actividades de distribución y acopio y que permita al Estado y a las empresas que ejercen esta labor satisfacer la necesidad existente con el subsecuente impacto positivo en la región.

Los actores que interactúan en el desarrollo del proyecto son:

Universidad Autónoma de Occidente: El desarrollo de proyectos que impacten en el desarrollo de la región es de vital importancia para la Universidad ya que esto le merece un reconocimiento como agente generador de cambio en la región y potencia en buen nombre de la Institución a nivel regional. De igual manera, el acompañamiento que la entidad ofrece a sus estudiantes con miras a que los desarrollos de los mismos sean pertinentes a las problemáticas puntuales a tratar, es de vital importancia para reforzar el reconocimiento de la misma como entidad de alta calidad.

Comunidad Vallecaucana: El aporte de información que genera la comunidad es muy importante para el diagnóstico de la casuística a tratar ya que brinda una perspectiva más amplia de las problemáticas a intervenir durante el desarrollo de este proyecto.

Estudiantes: Con el desarrollo del presente proyecto se pretende aplicar el conocimiento adquirido a lo largo del programa académico, en materia de logística y operaciones, con el fin de optar por el título de Ingenieros Industriales y aplicar a estudios de posgrado en vinculación con la Universidad Nacional de Colombia, cuyo trabajo institucional es el fundamento de este proyecto.

### 3 ESTADO DEL ARTE

Para Latinoamérica, y especialmente para Colombia, las más grandes dificultades para implementar sistemas de transporte de carga por carretera comienzan con la falta de infraestructura que permita la operatividad eficiente de los transportistas, a lo que se añaden las problemáticas de orden público y las características geográficas de éstos países, conformados por cordilleras y selvas lluviosas. Según Ronderos<sup>8</sup>, el mayor avance en el ámbito de caracterización de rutas de transporte, y más concretamente de optimización de esas rutas, se encuentra en Estados Unidos y la mayor parte de Europa (con algunas deficiencias en los países de Europa oriental). Los retos se multiplican cuando los bienes a transportar son productos perecederos, puesto que su vida útil es significativamente más corta que la de otro tipo de productos y una vez se sobrepasa la fecha máxima permitida para su consumo final, deben ser descartados. En países desarrollados, el porcentaje de pérdidas de productos perecederos alimenticios es menor del 5%, mientras que en Estados Unidos existe una cadena de frío ininterrumpida desde la granja hasta los supermercados, lo cual garantiza pérdidas de frutas de menos del 2%, de acuerdo con Shy y Zhang<sup>9</sup>. Lo anterior pone en evidencia la necesidad de generar soluciones a los requerimientos de transporte y entrega de carga en Colombia, que se acoplen a la situación actual del país en las áreas de tecnología, infraestructura y manejo logístico, pero que también promuevan el mejoramiento de la infraestructura de transporte de carga, la optimización de los procedimientos logísticos y la actualización de las regulaciones y cargas tributarias.

De acuerdo a lo anterior, se estructura el estado del arte en varios componentes; primero se mencionan los estudios de los últimos 10 años que utilizan modelos de caracterización de rutas para productos perecederos que incluyen definiciones importantes a tener en cuenta, después se hace mención a la importancia de la tecnología en la planificación y la ejecución de rutas, en una tercera parte se dan ejemplos interesantes de países como China, Holanda, Estados Unidos, Brasil y Australia, entre otros en sus esfuerzos por mejorar el servicio de distribución de alimentos, y por último, se hace referencia a casos de estudio que proponen modelos para la caracterización de rutas y la categorización de clientes.

Para ello, se ha recurrido a diversas fuentes de información tales como las bases de datos ScienceDirect, IEEE Xplore Digital Library, Scielo Colombia, Ebsco host, las revistas Científicas de la Universidad del Norte, Food Logistics,

---

<sup>8</sup> RONDEROS, Leonardo. Transporte de carga: retos para la próxima década. Bogotá D.C: Asecarga, 2014. 127 p.

<sup>9</sup> SHY, Xioa-yuan., ZHANG, Wei-hua. Agricultural products circulation problem analysis and optimization of logistics operation. 6<sup>th</sup> International conference on information management, innovation management and industrial engineering. Shaoxing City. 2013.

Industria Alimenticia y la biblioteca virtual vLex y libros de texto. Todos son textos escritos y publicados en la última década, pero se hace un énfasis en las publicaciones de los últimos cinco años a la fecha.

### 3.1 CARACTERIZACIÓN DE RUTAS PARA EL TRANSPORTE DE ALIMENTOS

La caracterización de rutas para la distribución de bienes y/o servicios abarca una amplia gama de categorías. Desde el transporte de alimentos hasta los servicios médicos, en donde los primeros se realizan a partir de los lugares de cultivo, pasando por los centros de acopio, distribuidores, mercados y la mesa del consumidor final; los últimos cuentan con ambulancias o carros particulares que recogen pacientes en condiciones especiales desde sus hogares hasta los centros de atención y de regreso; y en medio de estas dos categorías se halla una gran variedad de tipos de transporte con características especiales. Uno de estos tipos de transporte se caracteriza mediante el Problema de Ruteo con Flota de Vehículos Heterogénea, de acuerdo a Kewei<sup>10</sup>, este problema requiere un diseño de transporte con características especiales, el objetivo de este diseño es minimizar la suma de los costos fijos y variables de una ruta en la que se asume un número ilimitado de vehículos que parten desde un centro de distribución, visitan una única vez las paradas donde se deja la mercancía y regresan al centro de distribución, al resolver los modelos matemáticos que simulan las condiciones del problema se puede encontrar un número óptimo de vehículos, conductores y horarios de inicio y final de cada ruta satisfaciendo los requerimientos de los clientes. Lo anterior, sirve como complemento al trabajo de Chen, Hsueh y Chang<sup>11</sup> quienes afirman que los productos perecederos como alimentos, flores, animales vivos, sangre y concreto se deterioran progresivamente durante el transporte, o tienen una fecha límite hasta la cual pueden ser consumidos en condiciones de calidad exigidas. A continuación se detalla el modelo matemático propuesto por Kewei<sup>12</sup>.

Sea  $G = (V, A)$  un gráfico, donde

$V = \{v_b, v_1, v_2, \dots, v_n, v_e\}$  es el conjunto de iteraciones del conjunto

$I = \{1, 2, \dots, n, b, e\}$  en el cual  $n$  representa cliente, un punto de partida y un punto de llegada

---

<sup>10</sup> KEWEI, Zheng., ZHIQIANG Lu., XIAOMING, Su. An effective parallel improving tabu search algorithm for heterogeneous fixed fleet vehicle routing problem. Shanghai. Shanghai Jiaotong University. IEEE. 2010.

<sup>11</sup> CHEN, Huey-Kuo; HSUEH, Che-Fu y CHANG, Mei-Shiang. Production scheduling and vehicle routing with time windows for perishable food products. En: Computers & Operations Research. Julio, 2009. vol. 36, no. 7, p. 2311-2319.

<sup>12</sup> Op. cit. KEWEI.



$A = \{(v_i, v_j) | \forall i, j \in I\}$ , donde cada arco  $(v_i, v_j)$  esta asociado con una distancia  $d_{ij}$

Cada cliente  $v_i$  tiene una demanda positiva de volumen  $c_i$  y peso  $w_i$

El límite de peso del vehículo tipo  $t$  es  $W_t$  y el límite de volumen es  $C_t$

El número disponible de vehiculos es  $N_t$

La iteración de los vehículos es  $k \in K$

El modelo matemático puede ser formulado como sigue:

$$\text{Min}(TC) = \sum_{k \in K} \left[ cv \cdot \sum_{i \in I} \sum_{j \in I, i \neq j} d_{ij} \cdot a_{ij}^k + cc_t \cdot \sum_{t \in T} \beta_{kt} \right]$$

Sujeto a:

$$\sum_{k \in K} x_{ik} = 1 \quad \forall i \in I \quad (1)$$

$$\sum_{t \in T} \beta_{kt} = 1 \quad \forall k \in K \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} a_{bi}^k = 1 \quad \forall i \in I \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} a_{ie}^k = 1 \quad \forall i \in I \quad (4)$$

$$\sum_{j \in I, j \neq i} a_{ij}^k - \sum_{j \in I, j \neq i} a_{ji}^k = 0 \quad \forall i \in I / (b, e), \forall k \in K \quad (5)$$

$$\frac{1}{2} \sum_{j \in S, j \neq i} \sum_{i \in S} a_{ij}^k \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset V, \forall k \in K \quad (6)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ik} \cdot c_i \leq \sum_{i \in T} \beta_{kt} \cdot C_t \quad \forall k \in K \quad (7)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ik} \cdot w_i \leq \sum_{t \in T} \beta_{kt} \cdot W_t \quad \forall t \in K \quad (8)$$

$$\sum_{k \in K} \beta_{kt} \leq N_t \quad \forall t \in T \quad (9)$$

Las variables de decisión son:

$$x_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{Si el vehículo } k \text{ atiende al cliente } i; \\ 0 & \text{en caso contrario;} \end{cases}$$

Decide cuáles clientes son atendidos por qué camión.

$$\beta_{kt} = \begin{cases} 1 & \text{Si el vehículo } k \text{ es de tipo } t; \\ 0 & \text{en caso contrario;} \end{cases}$$

Decide el tipo de vehículo  $k$  usado.

$$a_{ij}^k = \begin{cases} 1 & \text{Si el arco } (v_i, v_j) \text{ es atendido por el vehículo } k; \\ 0 & \text{en caso contrario;} \end{cases}$$

Decide la secuencia de visitas del camión.

$$x_{ik} = \sum_{j \in I} a_{ij}^k \quad \forall i \in I, \forall k \in K$$

$cv$  es la variable de costo por unidad de distancia y  $cc_t$  es al costo fijo del vehículo tipo  $t$ . El objetivo de la función es minimizar el costo total de operación. La restricción (1) significa que cualquier carga puede ser atendida por sólo un vehículo, la restricción (2) representa un vehículo que pertenece a un tipo de vehículo, las restricciones (3) y (4) quieren decir que la ruta debe iniciar en el almacén y finalizar en el terminal. La restricción (5) mantiene el balance entre los flujos de entrada y salida en cada punto excepto  $v_b$  y  $v_e$  en una ruta. La restricción (6) significa que cualquier subconjunto de destino-paradas no se cuenta. Las restricciones (7) y (8) son los límites de peso y capacidad de cada vehículo. La restricción (9) establece que el número a usar de cada un tipo de vehículo debe ser menor que el número total de flota vehicular disponible.

En ocasiones, los modelos matemáticos deben optimizar varias cosas al mismo tiempo, es decir, son diseñados para minimizar el costo de la operación de transporte mientras maximizan el uso de la capacidad de carga de los vehículos, minimizan el uso de combustible, cumplen restricciones de horario y reducen el mínimo la distancia recorrida, estos modelos se llaman multiobjetivo.

En estos casos, Josefowicz<sup>13</sup> propone el Problema Multi-objetivo (MOP), el cual se establece matemáticamente como:

$$(MOP) = \begin{cases} \min F(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)) \\ \text{s. t. } x \in D \end{cases}$$

En dónde:

$$n \geq 2$$

Es el número de funciones objetivo,

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Es el vector de la variable de decisión,

$D$  es la región de soluciones posibles,  $F(x)$  corresponde a las posibles soluciones dentro de la región, y:

$$y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$$

Donde:

$$y_i = f_i(x)$$

Es la solución definitiva. La solución al Problema Multi-objetivo es un conjunto de posibles soluciones llamado el Conjunto Pareto (PS), donde las posibles respuestas se definen como:

Una solución

$$y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$$

---

<sup>13</sup> JOSEFOWICZ, Nicolas; SEMET, Frédéric y TALBI, EL-Ghazali. Multi-objective vehicle routing problems. En: European Journal of Operational Research. Septiembre, 2008. vol. 289, no. 2, p. 293-309.

Define a su vez las respuestas

$$z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$$

Si y sólo si

$$\forall i \in \{1 \dots n\}, y_i \leq z_i \text{ y } \exists i \in \{1 \dots n\}, y_i < z_i$$

Se dice que una solución  $y$  encontrada por el algoritmo  $A$  posiblemente sea Óptima de Pareto (PPS), relativa a  $A$ , si  $A$  no corresponde a alguna solución  $z$  entonces las soluciones  $z$  dominan a las  $y$ . Sin embargo el Conjunto Pareto no establece un orden completo de soluciones a un problema. Existen tres aproximaciones para resolver un Problema Multi-objetivo: aproximación *a priori*, en la que el tomador de decisión elige a su preferencia de entre las posibles soluciones, la *aproximación interactiva*, en la que el tomador de decisiones escoge la respuesta conforme se resuelve el algoritmo y la aproximación *a posteriori* en dónde el tomador de decisiones escoge la solución de entre las arrojadas por el algoritmo.

En el caso particular de una flota de vehículos repartiendo mercancía desde un solo centro de distribución, y retornando a éste una vez terminadas las entregas con ventanas de tiempo, Low<sup>14</sup> un modelo no lineal cuyo objetivo es minimizar el tiempo de elaboración del producto, entregarlo a los vendedores al por menor y regresar al centro de distribución. Se define el modelo matemático como sigue:

El objetivo es minimizar el  $t_{max}$  dentro de las ventanas de tiempo  $(a_i, b_i)$ . Existe un conjunto de vendedores al por menor  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  los cuales tienen cada uno una localización geográfica y una demanda  $d_i$  a ser satisfecha. La capacidad de los camiones,

$$Q, \max_{i \in N} d_i \leq Q \leq \sum_{i=1}^n d_i$$

---

<sup>14</sup> LOW, Chinyao., LI, Rong-Kwei., CHANG, Chien-Min. Integrated scheduling of production and delivery with time windows. International journal of production research. vol. 51. no. 3. 2013.

Es usada para entregar los productos a los vendedores al por menor. Como cada camión tiene una capacidad limitada, se requiere de un número de éstos  $K = \{1, 2, \dots, k\}$ . Cada viaje inicia en el centro de distribución (localización 0). Y se asume:

- La demanda es conocida.
- El tamaño de la flota de vehículos es constante.
- Todos los productos de un mismo cliente son producidos en lote.
- El tiempo de inicio para la producción de un lote es despreciable.
- El tiempo de carga del camión es despreciable.
- Las distancias de las redes de rutas son simétricas.

Las variables de decisión son:

$C_{ik}$	Tiempo de ciclo de renovación de la demanda en el cliente $i$ para el vehículo $k$
$Z_{ij}$	Una variable binaria que indica si el producto $i$ es ejecutado antes que el producto $j$
$Y_{ik}$	Una variable binaria que indica si la orden del cliente $i$ es entregada por el vehículo $k$
$x_{ijk}$	Una variable binaria que indica si el arco $(i,j)$ hace parte de la ruta del vehículo $k$
$t_i$	Tiempo de partida desde el cliente $i$

Los parámetros son:

$p_i$	Unidad de tiempo de procesamiento del cliente $i$
$d_i$	Demanda del cliente $i$
$f_{ij}$	Tiempo de ruta entre clientes $i$ y $j$
$s_i$	Tiempo de servicio en el cliente $i$
$r_i$	Variables de flujo del cliente $i$
$N$	Conjunto de clientes
$N_0$	Conjunto de clientes incluida la locación 0
$M$	Número positivo grande

La función objetivo

$$\min t_{max}$$

Sujeto a restricciones en la etapa de producción:

$$\sum_{k \in K} C_{ik} - p_i d_i \geq 0, \quad i \in N \quad (2)$$

$$\sum_{k \in K} C_{jk} - p_j d_j \geq \sum_{k \in K} C_{ik} + M(Z_{ij} - 1), \quad i \times j \in N^2 \quad (3)$$

$$Z_{ij} + Z_{ji} = 1, \quad i \times j \in N^2 \quad (4)$$

$$C_{ik} \leq M \times y_{ik}, \quad i \in N; k \in K \quad (5)$$

Restricciones en la conservación del flujo:

$$\sum_{k \in K} y_{ik} = \begin{cases} K, & i = 0 \\ 1, & i \in N' \end{cases} \quad (6)$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{k \in K} x_{ijk} = \begin{cases} K, & i = 0 \\ 1, & i \in N' \end{cases} \quad (7)$$

$$\sum_{j \in N_0} x_{ijk} = \sum_{j \in N_0} x_{jik} = y_{ik}, \quad i \in N_0; k \in K \quad (8)$$

$$\sum_{k \in N} x_{0jk} = 1, \quad k \in K \quad (9)$$

$$r_0 = 0 \quad (10)$$

$$r_j - r_i \geq (d_j + Q) \sum_{k \in K} x_{ijk} - Q, \quad i \in N_0; j \in N \quad (11)$$

$$r_j \leq \sum_{k \in K} \sum_{i \in N_0} Q x_{ijk}, \quad i \in N \quad (12)$$

Restricciones definitorias:

$$t_j \geq \max\{t_i + f_{ij}, a_j\} + s_j - M(1 - x_{ijk}), \quad i \times j \in N^2; k \in K \quad (13)$$

$$t_j \geq \max\{\max C_{ik} y_{ik} + f_{0k}, a_j\} + s_j - M(1 - x_{0jk}), \quad i \times j \in N^2; k \in K \quad (14)$$

$$a_j \leq t_j - s_j \leq b_j, \quad j \in N \quad (15)$$

$$t_{max} \geq t_j + f_{j0}, \quad j \in N \quad (16)$$

Restricciones de no negatividad:

$$t_j \geq 0, \quad j \in N \quad (17)$$

$$C_{ik} \geq 0, \quad i \in N; k \in K \quad (18)$$

La restricción (2) asegura que el lote en la etapa de manufactura puede ser completado sólo si ha estado en la línea de producción durante el tiempo necesario. La restricción (3) impone que un nuevo lote de producción puede iniciar en la misma máquina sólo cuando el lote anterior haya sido terminado. La restricción (4) define que un lote sólo puede ser ejecutado antes o después del otro en el par  $i$  y  $j$ . La restricción (5) asegura la existencia de las variables  $y$ .

Las restricciones (6) y (7) aseguran que un vehículo arribe al cliente  $j$  exactamente cuando una ruta inicia y termina en el depósito. La restricción (8) permite que para cada cliente  $i$ , el vehículo entrante deba eventualmente abandonar este nodo. La restricción (9) restringe que cada vehículo sólo pueda abandonar el depósito una vez por ruta. Las restricciones de la (10) y (12) impiden que los vehículos ejecuten rutas alternas. Las restricciones (11) aseguran la utilización de la capacidad de carga del vehículo. Las restricciones (13) y (14) definen el tiempo de llegada al cliente  $j$ . La restricción (15) denota que el servicio en el cliente  $i$  comienza en un intervalo  $[a_i, b_i]$ . La restricción (16) asegura que el tiempo de finalización de la ruta se complete una vez el vehículo haya regresado al depósito. Finalmente, las restricciones (17) y (18) son de no negatividad.

Al transportar productos perecederos no sólo se deben tener en cuenta los tiempos calculados o teóricos que tomarán las rutas de acuerdo a las simulaciones, sino también las condiciones inherentes de las vías y las características geográficas de la zona. En ambientes urbanos es común encontrar congestiones de tránsito. Según Haragos<sup>15</sup>, las congestiones vehiculares ocurren debido a: la topología de las calles (estado general de las vías), la gran cantidad de vehículos que exceden la capacidad de la vía, que a su vez genera cuellos de botella y atascamientos, el comportamiento de los conductores (el cual varía dependiendo el tipo de vehículo, estado de la vía, cantidad de curvas o trayectos rectos y cansancio. Complementa Chen<sup>16</sup>), la pobre iluminación y señalización de la vía, las condiciones climáticas, entre otros. Todo esto influye en el tiempo de ruta y por consiguiente en el estado de conservación de los productos y/o alimentos.

---

<sup>15</sup> HARAGOS, I.M., HOLBAN, S., CERNAZANU-GLAVAN, C. Analytical model to determine the quality factor used in transport network. 14<sup>th</sup> IEEE International symposium on computational intelligence and informatics. Budapest. 2013.

<sup>16</sup> CHEN, Tao., ZHANG, Miao., WEI, Lang. Driver behavior on combination of vertical and horizontal curves of mountainous freeways. Xi'an. Hindawi Publishing Corporation. Volume 2014. 9 p.

Según Liu<sup>17</sup> desde el punto de vista logístico, los riesgos a los que se enfrenta la industria del transporte de alimentos son los siguientes:

- Sistemas logísticos completos e independientes que no han sido desarrollados: la industria alimenticia está compuesta de producción a pequeña escala que debe circular a grande escala. Hay una carencia de coordinación y planeación entre los negociadores aguas-arriba y aguas-abajo lo cual dificulta anticipar las necesidades de los integrantes de la cadena de suministro.
- Carencia de instalaciones logísticas, y medios técnicos atrasados: el mayor ejemplo se encuentra en la cadena de frío. Vehículos, depósitos y demás infraestructura que debe existir a lo largo de todos los agentes logísticos para asegurar la conservación del producto.
- Falta de estándares técnicos de monitoreo: unitarización, uso de códigos universales para cada producto, seguimiento soportado por computador a vehículos, despachos y entregas, rastreo y control de la temperatura en cada agente de la cadena de abastecimiento, estado de conservación de los productos, entre otros, proporcionan certeza de la confiabilidad del sistema de transporte.

Una de las metodologías de diseño de rutas más comunes y usadas internacionalmente es la denominada “ruta del lechero” (the milk-run transport logistics). Kitamura<sup>18</sup>, argumenta que ésta es una de las formas más eficientes de mejorar las operaciones logísticas en modelos de transporte ya que permite a un solo camión comenzar el recorrido en un depósito, y entregar o recoger a la vez el producto en múltiples destinos, dependiendo de las características del cliente/destino. Esto minimiza el número de conductores y vehículos necesarios para cubrir las rutas, el uso de combustible, el desgaste de los vehículos y la duración de las rutas. Es un algoritmo mucho más complejo pero que garantiza desviaciones en las distancias calculadas de menos del 1.9% y en el número de vehículos a utilizar de menos del 2.4% comparadas con las estipuladas en metodologías anteriores a la realización de este estudio, las cuales se encuentran en el 3.5% y 9.6% respectivamente, dicho algoritmo es denominado por Chen<sup>19</sup> como Algoritmo del Umbral Tabú (TTA), el cual también resuelve

---

<sup>17</sup> LIU, Xuexin. Designing and establishing food logistics safety system in China. Beijing. IEEE. 2011.

<sup>18</sup> KITAMURA, Takashi., OKAMOTO, Keishi. Automated route planning for milk-run transport logistics using model checking. Third international conference on networking and computing. IEEE. 2012.

<sup>19</sup> CHEN, James C., HSIEH W.H., CHENG, C.H., CHEN, C.S. Hybrid meta-heuristics for vehicle routing problem with time window constrains. IEEE. 2009.



problemas de transporte como el Problema de Ruteo con Restricciones de Ventanas de Tiempo (VRPTW) cuyo objetivo es minimizar la distancia de la ruta a recorrer.

Prosiguiendo con el transporte de productos perecederos, existe un diseño especializado en resolver situaciones de este tipo, denominado el Problema de Planeación de Entregas de Bienes Perecederos. De acuerdo con Xu<sup>20</sup>, se establecen tres requerimientos para el proveedor: (i) mantener los productos tan frescos como sea posible, (ii) controlar el costo de la operación para que sea tan bajo como sea posible y, (iii) satisfacer las necesidades de los clientes tanto como sea posible. Estos tres requerimientos añaden complejidad al problema, debido a que para mantener los productos frescos la planta productora debe estar tan cerca del cliente como sea posible mientras las entregas se deben hacer inmediatamente después de terminado el producto, pero resulta prácticamente imposible estar cerca de todos los clientes y aún más entregar los productos dentro de sus ventanas de tiempo, por tanto la solución debe encontrar un equilibrio entre la reducción del tiempo y el costo.

Brito<sup>21</sup> establece que los modelos matemáticos derivados de los diseños expuestos pueden ser resueltos mediante el uso de la programación lineal. Estos diseños fueron tratados de forma general por Josefowicz, Semet y Talbi<sup>22</sup> en su artículo, en donde expone que las características o componentes comunes a estos diseños son al menos cinco (5) y que su estudio es vital para el diseño de rutas de transporte de cualquier tipo. Dichos componentes son:

- La red: está representada por tres componentes, (i) los nodos, los cuales simbolizan paradas (clientes, proveedores o depósitos), (ii) los arcos, que son las rutas por las cuales se mueve la mercancía o la información (carreteras, rieles, tuberías, redes), (iii) los valores numéricos, que se escriben sobre los arcos y que pueden contener información sobre las distancias, costos o tiempos de tránsito. En algunas situaciones se añade información a los nodos para indicar los niveles de demanda, oferta o tiempos permitidos de entrega.
- La demanda: puede ser determinística o estocástica, se asocia con nodos o arcos y contiene información sobre uno o más productos. La información de la demanda se complementa con la distancia, el tiempo de tránsito o el costo que toma realizar la entrega desde el proveedor hasta el cliente.

---

<sup>20</sup> XU, Xunyu., TOMOHIRO, Murata. Perishable goods delivery and scheduling with time window by genetic algorithm. Hong Kong, Macau. International Conference on Automation and Logistics. IEEE. 2010.

<sup>21</sup> BRITO, Julio., MARTÍNEZ, Javier., MORENO, José A., VERDEGAY, José L. Fuzzy approach for the vehicle routing problems with fuzzy travel time. IEEE. 2010.

<sup>22</sup> JOSEFOWIEZ, Op. Cit.

- La flota: las hay de dos tipos, las flotas homogéneas están compuestas por vehículos con la misma capacidad y restricciones, en cambio, las flotas heterogéneas se conforman por vehículos con características distintas. Las flotas generan las primeras restricciones en los modelos de caracterización de rutas, puesto que para un determinado ejercicio existen limitaciones de capacidad de carga, tiempos de entrega, máxima distancia a recorrer, tiempo máximo permitido de circulación de los vehículos o combinaciones de todas estas.
- Los costos: generalmente están definidos de acuerdo a la unidad de distancia o tiempo del vehículo en uso. Pueden incluir los costos añadidos por faltantes y penalizaciones por retrasos en las entregas. En la diagramación de las rutas, en ocasiones se escoge graficar los valores de las utilidades y no los costos, puesto que en algunos modelos las rutas recolectan pagos de los clientes.
- Los objetivos: pueden ser únicos o diversos. La función objetivo matemática que los describe debe contener toda la información de restricciones disponible para lograr obtener la mayor precisión en el plan de ruteo a ejecutar. Los objetivos más comunes incluyen la minimización del costo total, del tiempo en tránsito, el tamaño de la flota o la distancia recorrida, o la maximización de la cantidad de mercancía recolectada/recogida, las utilidades del ejercicio o la satisfacción del cliente. Cada vez se hace más común el uso de la tecnología para facilitar el procesamiento de la información y la actualización inmediata de las entregas en las rutas. Hoy en día es normal que los transportistas utilicen tabletas y soliciten a los clientes firmar digitalmente un documento formal de entrega, esto permite al centro de control tener un registro en tiempo real del cumplimiento y eficiencia de su plan de rutas.

En cuanto a la caracterización de rutas, en primera instancia se debe entender plenamente el concepto de caracterizar para luego definirlo en el marco del diseño de rutas de repartición de mercancías. En dicha definición se incorporan los componentes de una caracterización de rutas que permitirán acercarse al resultado al óptimo en mayor o menor grado. Cuantos más componentes se tengan en cuenta para el diseño de la ruta, mayor precisión en el tiempo, uso de vías y uso de la capacidad de los vehículos se tendrá, asimismo, se incrementará el número de operaciones computacionales requeridas para hacer el cálculo y el subsecuente costo del *software* utilizado o el tiempo consumido en cálculos manuales.

Así pues, caracterización, como término, tiene múltiples aplicaciones en campos del saber de todo tipo; desde la literatura y el teatro hasta la ingeniería

y la biología genética. En lo concerniente al ámbito de este informe, la definición más acertada de caracterización es la que sigue: describe la naturaleza y propiedades distintivas y/o típicas de alguien o algo, como dice el diccionario Oxford<sup>23</sup> y también como la forma en la que algo o alguien es descrito o definido, según el diccionario Oxford Learner's<sup>24</sup>. De esta manera, se acerca el concepto de caracterización de rutas como la definición de los componentes necesarios para describir todo el proceso de acopio y distribución de mercancías, la disposición de vehículos y personal, el acoplamiento de las restricciones inherentes al ejercicio, la inclusión de la reglamentación gubernamental vigente y el castigo, o reconocimiento de las dificultades existentes en el contexto físico en el que se ejecutarán las rutas. Todo esto soportado por modelos matemáticos y simulaciones computarizadas que amplían los conceptos textuales.

Con el propósito de ilustrar las aplicaciones del concepto de caracterización de rutas como ejercicio de ingeniería en el mundo, se dan a conocer dos casos. El primero, realizado en el año 2006 por Dennis Huisman y Albert Wagelmans para la Erasmus University Rotterdam<sup>25</sup>, reconoce dos tipos de metodologías para la asignación de vehículos y conductores en ambientes urbanos y semi-urbanos en Holanda: (i) las denominados programaciones estáticas, las cuales se planean con antelación (de días, semanas o meses) y que no tienen en cuenta la evolución de la ruta al momento de su ejecución ni las variables aleatorias del entorno. (ii) las programaciones dinámicas, que contrariamente a las estáticas, se planean en cuestión de minutos antes del inicio de la ruta, introducen a la simulación (o a la formulación matemática), los cambios en el entorno y asimismo tienen en cuenta los tiempos de descanso y de modificación de personal. El objetivo del estudio es demostrar que los modelos dinámicos ahorran tiempo y costo en las rutas si se los compara con los modelos estáticos, para lo cual los autores definen:

- Cada ruta tiene tiempos de salida y de llegada establecidos, los cuales pueden ser asignados para cada vehículo y cada conjunto de paradas (incluyendo el depósito o estación central).
- Los tiempos de viaje entre las paradas son conocidos.

---

<sup>23</sup> Characterize. Oxford dictionaries. Language matters [en línea]. Oxford University Press. 2015. [consultado el 7 de febrero de 2015]. Disponible en: <<http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/characterize>>. Traducido por los autores

<sup>24</sup> Characterization. Oxford Learner's Dictionaries. 2015. Oxford University Press. [Consultado el 7 de febrero de 2015.] Disponible en Internet: <<http://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/characterization>>. Traducido por los autores.

<sup>25</sup> HUISMAN, Dennis., WAGELMANS, Albert P.M. A solution approach for dynamic vehicle and crew scheduling. European Journal of Operational Research. [en línea] Elsevier. 2006. Science direct. . [Consultado el 7 de febrero de 2015.] Disponible en Internet <[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)>

- Para cada ruta, se asigna un solo vehículo.
- Cada ruta es asignada a un vehículo desde una estación o depósito inicial.
- Para cada vehículo se tiene un conjunto de paradas y de rutas que se suceden, estas agrupaciones son conocidas como “bloques”.
- Los bloques a su vez están subdivididos en “puntos de alivio”, en los cuales los conductores pueden tomar breves descansos o entregar turnos.
- Las “tareas” se definen como dos puntos de alivio y representan la porción mínima de trabajo que se le puede asignar a los conductores.
- Si la asignación de tareas se repiten en los mismos conductores en el tiempo, estas se fijan y son denominadas como “deberes”.
- Se introduce el concepto de “tiempo muerto”, en el cual el vehículo se mueve desde o hacia el depósito o estación central sin mercancía o pasajeros.
- Se definen variables algebraicas para los viajes, los depósitos o estaciones, paradas, conductores, vehículos, nodos, arcos, costos asignados; tiempos de ruta, de descanso, de carga y descarga, de cambio de conductor, retrasos y tiempos muertos.

Una vez ejecutada la simulación con la asistencia de un computador, los resultados obtenidos no fueron los esperados por los autores, es decir, la programación dinámica de rutas no obtuvo resultados significativos en cuanto al ahorro de tiempo y costo comparada con la programación estática, más tradicional. Argumentan que las posibles razones son: falta de poder computacional para el procesamiento de la información, la asignación de vehículos, conductores, paradas y rutas es realizada con antelación y de forma manual, o, que sencillamente la programación dinámica no funciona tan bien como se esperaba. La importancia de este estudio radica en el detalle exhaustivo dado a la descripción de todas las variables del modelo, es decir, a

la caracterización de las rutas a simular. Concluye que para aplicar el modelo de programación dinámica en la vida real es necesario más poder computacional y disponer de la adquisición de datos en tiempo real, ya sea por medio de cámaras, sensores, rastreo GPS y satelital del estado de la carreteras, congestiones vehiculares, accidente, entre otros, para que el tiempo de procesamiento sea menor y se minimicen los errores en la ejecución del modelo.

En el año 2001, la Agencia Aeroespacial Alemana (DRL) comenzó el desarrollo de un paquete informático para la simulación de rutas y tráfico vehicular denominado SUMO. Al 2011 el *software* es capaz de simular y optimizar la programación dinámica de rutas. De acuerdo con Behrish<sup>26</sup>, ofrece un ambiente visual de información acerca del tipo de vía, límites de velocidad, conexiones de vías e intersecciones y semáforos. Existe un segundo paquete informático llamado MATsim<sup>2728</sup>, el cual es capaz incluso de simular condiciones de demanda variable, asignación de rutas evitando congestiones vehiculares y calcula emisiones contaminantes. Liang y Wakahara<sup>29</sup> proponen dos predicciones de comportamiento del tráfico en simulación dinámica de rutas. El primero usa la propagación del tráfico vehicular en la red vial, el segundo utiliza la variación en el tiempo de la capacidad de flujo en las conexiones viales estimadas. El resultado es una reducción en tiempo de ruta del 70% comparado con simulaciones dinámicas anteriores.

### **3.2 USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN EN EL TRANSPORTE**

El uso de las tecnologías de la información y comunicación y de tiempo real, tal como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) ayuda a facilitar la localización de almacenes, centros de distribución y puntos de destino final. Arcos, Mosquera y Villada<sup>30</sup> utilizan el GPS para la ubicación de zonas de producción de mora y centros de acopio de la misma, para después, teniendo en cuenta las características geográficas del departamento del Huila, proponer una elaboración de rutas con el menor tiempo de recorrido. Asimismo, concluye

---

<sup>26</sup> BEHRISH, Michael et al. SUMO – Simulation of Urban MObility. Berlin. German Aerospace Center. SIMUL 2011. The Third International Conference on Advances in System Simulation. 2011.

<sup>27</sup> *Ibíd.*

<sup>28</sup> Multi-agent Transport Simulation.[en línea] MATsim. [consultado el 18 de mayo de 2015] Disponible en Internet: <http://www.matsim.org/>

<sup>29</sup> LIANG, Zilu., WAKAHARA, Yasushi. Real-time urban traffic amount prediction models for dynamic route guidance systems. Tokyo. Journal on Wireless Communications and Networking. 2014. p85.

<sup>30</sup> ARCOS, Carlos Andrés; MOSQUERA, Silvio Andrés y VILLADA, Dora Clemencia. Evaluación de rutas para el transporte de productos perecederos en el sector rural. En: Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. Diciembre, 2008. vol. 6, no. 2, p. 40-46.

que para reducir los costos de operación en transporte, es necesario aumentar el número de recorridos en el período establecido (semana, mes). Viancha<sup>31</sup> agrega que se deben considerar también aspectos como el número y tamaño de los agricultores, las condiciones del cultivo y la tecnología utilizada para éste fin, la demanda del mercado y la viabilidad financiera del rubro.

La mora, del caso anterior, así como cualquier otro producto perecedero, tiene un punto de "calidad para tiempo de venta". Ratliff<sup>32</sup> lo define como el período en el que el vendedor dispone del producto para su venta y éste se encuentra en su máximo punto de calidad para consumo, además, cuenta con algún tiempo añadido antes de vencerse, ya que el cliente final no consume el producto inmediatamente abandona el punto de venta, sino que espera días o incluso semanas para ello. Ambos períodos (el de máxima maduración en el punto de venta y el tiempo añadido para consumo final del cliente) deben ser proyectados con la máxima precisión posible, puesto que a partir de estos tiempos se construyen los plazos de la entregas y se gestiona la coordinación en la cadena de abastecimiento, la cual, tal y como Ahumada y Villalobos<sup>33</sup> concluyen en su revisión bibliográfica, debe estar modelada en su totalidad para abarcar la visión sistémica de los procesos y los agentes involucrados. El precio mismo de los productos puede variar y ajustarse a las condiciones del producto y del mercado si se tiene información en tiempo real del mismo, Wei Ming<sup>34</sup> sostiene que la tecnología RFID (Radio Frequency Identification Technology) o de pestañas electrónicas puede proporcionar esta información a un costo mínimo. Para Wang<sup>35</sup>, esta tecnología permite monitorear constantemente el deterioro de la calidad del producto inclusive si éstos se encuentran concentrados en grandes cantidades o son distribuidos a través de cadenas de abastecimiento globales. Su utilización se ha expandido y abarca las área de gestión de inventarios, gestión y operación de almacenes, procesos de manufactura y mercadeo de venta al por menor, según especifica Cheung<sup>36</sup>.

Es importante resaltar que actualmente el control de la temperatura de productos perecederos a través de las etapas de su distribución se hace punto

---

<sup>31</sup> VIANCHA SÁNCHEZ, Zulma Hasbleidy. Modelos y configuraciones de cadenas de suministro en productos perecederos. En: Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte. Enero-Junio, 2014, vol. 32, no. 1, p. 138-154.

<sup>32</sup> RATLIFF, H. Donald. Extending "quality sell-time" of perishables. En: Food Logistics. Octubre, 2010. no. 125, p. 14.

<sup>33</sup> AHUMADA, Omar y VILLALOBOS, J. René. Application of planning models in the agri-food supply chain: A review. En: European Journal of Operational Research. Julio, 2009. vol. 196, no. 1, p. 1-20.

<sup>34</sup> WEI MING, Yi., AN PING, Zuo. Dynamic pricing for the perishable inventory management using RFID technology. International conference on management of e-commerce and e-government. 2009.

<sup>35</sup> WANG, Xiaojun. RFID enabled pricing approach in perishable food supply chain. Norwich. Norwich Business School. IEEE. 2010.

<sup>36</sup> CHEUNG, Y.Y, et al. The impact of RFID technology on the formulation of logistics strategy. Hong Kong. Hong Kong Polytechnic University. PICMET Proceedings. 2008.p.7

a punto. Para Wang<sup>37</sup>, debido a las características de la cadena de frío, se debe tener información global de las temperaturas de todos los puntos dentro de la cadena en un enfoque sistémico (vehículos, almacenes, destinatarios) para asegurar la calidad del producto. Asimismo propone una metodología que utiliza la tecnología RFID integrada con las redes telefónicas 3G para transmitir en tiempo real la información del producto a todos los agentes interesados de la cadena de suministro.

Existen sistemas que integran dos o más tecnologías de la información y comunicación para mantener el control del transporte de productos perecederos y no perecederos a través de los agentes de sus cadenas de abastecimiento. En su artículo, Polo-Navarro<sup>38</sup> expone las características de los denominados Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) los cuales obtienen, procesan y distribuyen la información en tiempo real facilitando la toma de decisiones por parte del administrador de transportes. Algunos ejemplos aplicados de los SIT son los sistemas de localización por satélite, redes de sensores inalámbricas, sistemas de identificación (RFID) y redes de comunicación inalámbricas. A continuación se resumen las tecnologías y sus aplicaciones más comunes:

### Cuadro 1. Aplicaciones de TIC al transporte

Tecnología	Aplicación
WSN, GPS	Trazabilidad y seguimiento de materiales nucleares
Bluetooth	Vínculo entre cabina y cabeza tractora
RFID	Identificación automática en el transporte por ferrocarril
RFID	Trazabilidad de contenedores
WSN	Sistema de trazabilidad para contenedores en puertos
Zigbee	Monitorización de contenedores de carga
WSN	Wireless sensors in agriculture and food industry
RFID	Identificación de contenedores en depósito
WSN, RFID	Monitorización de fruta en el almacena y transporte
RFID, sensors	Monitorización de alimentos durante el transporte
WSN, RFID	Monitorización de temperatura en el suministro de carne

**Fuente:** POLO-NAVARRO, Lorena., CIPRÉS-BAGÜESTE, David., GARCÍA-MILLA, Miriam. Análisis del impacto de un sistema inteligente de transporte sobre una red de distribución. Basado en simulación dinámica por eventos discretos y test ANOVA. Zaragoza. Instituto Tecnológico de Aragón. Tecnología y sistemas de transporte. Marzo-abril 2014. Vol. 82 No. 2. p. 83-91.

<sup>37</sup> WANG, Gaoxiang., XU, Wensheng., WANG, Mei. The Grid-computing based instrumented monitoring platform for cold chain logistics. Beijing. Jiaotong University. IEEE. 2010.

<sup>38</sup> POLO-NAVARRO, Lorena., CIPRÉS-BAGÜESTE, David., GARCÍA-MILLA, Miriam. Análisis del impacto de un sistema inteligente de transporte sobre una red de distribución. Basado en simulación dinámica por eventos discretos y test ANOVA. Zaragoza. Instituto Tecnológico de Aragón. Tecnología y sistemas de transporte. Marzo-abril 2014. Vol. 82 No. 2. p. 83-91.

Estos modelos integradores son inherentemente mucho más complejos, pero los beneficios potenciales sobrepasan esta complicación de modelado inicial.

### **3.3 IDENTIFICACIÓN DEL SOFTWARE DISPONIBLE EN COLOMBIA PARA EL MODELO DE RUTAS DE TRANSPORTE**

En Colombia la adopción de las tecnologías de la comunicación y la información es cada vez mayor. La industria del transporte de mercancía y alimentos deberá incorporar estas herramientas si desea mantenerse competitiva en un mercado globalizado. Para ello, existen varias opciones de programas computacionales que ayudan al diseño y manutención de las rutas para el reparto de productos de toda naturaleza. Dichos programas toman información de entrada como requerimientos de los clientes, número y características de las paradas, ubicación de los centros de distribución y restricciones como los horarios permitidos de circulación y de carga máxima en la vía. Siguiendo la metodología usada por Gutiérrez, Palacio y Villegas<sup>39</sup> se nombrarán los programas reseñados por estos autores en su artículo y se añadirán otros *software* producto de la investigación de los autores de este proyecto. Los *software* aquí mencionados funcionan, no simultáneamente, bajo sistemas operativos Windows, MacOS y Linux.

Villegas<sup>40</sup> y compañía inician su presentación con la plataforma de SINMAF LTDA<sup>41</sup>, empresa colombiana que ofrece programas de computador para el diseño y optimización de cadenas de suministro. Utiliza configuración de proveedores, plantas de producción, centros de distribución, destinos y mercados, materias primas, modos y servicios (SINMAF SND) y para la planificación del ruteo de cargas, añadiendo ventanas de tiempo, productos y flotas heterogéneas (Cargo Planner - SINMAF). OptiLogistics<sup>42</sup> es otra plataforma de origen francés pero que opera en el país. Cuenta con distintos programas de computador para la optimización de rutas, dedicado a la planeación logística y a calcular rutas de recolección y entrega (Axiodis), la implementación y seguimiento de los planes de transporte (Axiotrans), una herramienta operativa de configuración y optimización de cargamentos (Axiopack) y soluciones inalámbricas que permiten recolectar y procesar datos acerca del desempeño de las rutas, dar seguimiento a las actividades del chofer y su vehículo, proveer información de las recolecciones y entregas

---

<sup>39</sup> GUTIÉRREZ, Valentina., PALACIO, Juan David., VILLEGAS, Juan Guillermo. Reseña del software disponible en Colombia para el diseño de rutas de distribución y servicios. REVISTA Universidad EAFIT. 2007. Vol. 43. N. 145. 2007. p. 60-80.

<sup>40</sup> *Ibíd.* p. 60-80.

<sup>41</sup> Simulación, experimentación y optimización de sistemas logísticos, industriales y de servicios [en línea]. Sinmaf Ltda: [consultado el 16 de mayo de 2015] Disponible en Internet:<<http://sinmaf.com.co/>>

<sup>42</sup>. Optilogistic editor de softwares especializados: Reducir los costos, mejorar la calidad de las rutas [en línea]. OPTILOGISTIC [consultado el 16 de mayo de 2015] Disponible en Internet:<<http://optilogistic.fr/es/index.php>>



pendientes y realizadas y mensajería (Axiomobil). Servinformación<sup>43</sup> es una empresa colombiana localizada en Bogotá la cual ofrece asistencia en *software* y técnica para diseñar rutas que logren ahorros operacionales, aumento de la productividad y mejorar el servicio al cliente. Roadnet Technologies<sup>44</sup> ofrece en Colombia los productos Roadnet Anywhere® Routing, un constructor de rutas que integra información satelital y p2p de las condiciones de tráfico y Roadnet® que diseña las rutas con gran cantidad de centros de distribución y clientes con ventanas de tiempo variables. SAIP<sup>45</sup> S.A.S. es otra empresa nacional dedicada a la consultoría de planeación en problemas de transporte, ofrece el *software* Transcad para optimizar las rutas al integrar la información geográfica y al adaptar los mapas optimizados de transporte (estado de vías, congestión vehicular, entre otros). Esta aquí la caracterización de los *software* para el diseño de rutas reseñado por Gutiérrez, Palacio y Villegas.

Para extender y complementar la identificación de los programas especializados en ruteo, los autores de este documento encontraron además éstos programas:

Route4Me®<sup>46</sup> es una empresa norteamericana dedica al diseño, la planeación, el mantenimiento y la optimización de rutas. El *software* de mismo nombre permite diseñar y simular el comportamiento de rutas de distribución con restricciones tipo ventanas de tiempo, máxima carga permitida, horarios de circulación para conductores y camiones, tipología de los vehículos y límites de presupuesto. Ofrece además asistencia al usuario vía telefónica y por correo electrónico las 24 horas del día. RouteXL®<sup>47</sup> es otra plataforma norteamericana que además de los servicios ofrecidos por Route4Me®, puede calcular el ahorro en consumo de CO2 (dióxido de carbono) para aquellas empresas interesadas en reducir su impacto ambiental y así cumplir estándares tipo huella de carbono. Routist<sup>48</sup> es similar a los *software* anteriores y ofrece una prueba gratuita de dos semanas. Puede integrar aplicaciones móviles de terceros o proporciona una aplicación propia si el cliente no cuenta con una. A continuación, en el cuadro 2 se muestra la caracterización de los programas de ruteo disponibles en Colombia.

---

<sup>43</sup> Rutas óptimas [en línea]. SERVINFORMACIÓN. [consultado el 16 de mayo de 2015]. Disponible en Internet: <<http://www.servinformacion.com/?q=87/rutas-%C3%B3ptimas>>

<sup>44</sup> Vehicle Routing and Scheduling Products [en línea]. ROADNET TECHNOLOGIES. [consultado el 16 de mayo de 2015] Disponible en Internet: <<http://www.roadnet.com/pages/products/index.aspx>>

<sup>45</sup> Transcad. Sistema de información geográfica [en línea]. SAIP S.A.S.. [Consultado el 16 de mayo de 2015]. Disponible en Internet: <<http://www.saip.com.co/transcad.php>>

<sup>46</sup> Route Planner [en línea]. Route4me[consultado el 16 de mayo de 2015]. Disponible en internet: <<https://www.route4me.com/>>

<sup>47</sup> Multistop Route Planner. [en línea] ROUTEXL. [consultado el 16 de mayo de 2015] Disponible en Internet: <<http://www.routexl.com/>>

<sup>48</sup> Route planner. [en liena] ROUTIST. [consultado el 16 de mayo de 2015] Disponible en Internet: <<https://www.routist.com/product?secure=true>>

**Cuadro 2. Características de los programas de ruteo disponibles en Colombia**

	SINMAF SND	Axiolis	Axiopack	Axiotrans	Axiomobil	Roadnet	Roadnet Anywhere routing	Transcad	Route4Me	RouteXL	Routist
Diseño de rutas	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Simulación de rutas		x						x	x	x	
Planificación de rutas				x		x	x		x	x	
Optimización de rutas	x	x				x	x		x	x	x
Ventanas de tiempo		x		x			x		x	x	x
Restricción de pesos y volúmenes			x				x		x	x	
Flotas homogéneas									x	x	x
Flotas heterogéneas	x	x					x	x	x	x	x
Análisis de costos				x		x			x	x	
Optimización de cargamentos			x			x	x				
Multi-modal	x			x				x			
App móvil	x		x		x		x		x	x	x
Seguimiento al vehículo				x	x				x	x	x
Seguimiento el chofer				x	x	x			x	x	
Mensajería					x	x			x	x	
Control de entregas				x	x			x			x
Información satelital del tráfico							x	x			
Información satelital p2p				x			x				
Información geográfica											

	SINMAF SND	Axioidis	Axiopack	Axiotrans	Axiomobil	Roadnet	Roadnet Anywhere routing	Transcad	Route4M e	RouteXL	Routist
Cálculo de emisiones de CO2										x	
Asistencia técnica en Colombia	x										
Asistencia técnica internacional		x	x	X	x	x	x	x	x	x	x

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.4 CARACTERÍSTICAS Y RETOS DEL TRANSPORTE DE PRODUCTOS PERECEDEROS EN PAISES EN DESARROLLO

Los consumidores finales de los países desarrollados dan por sentado todas las actividades subyacentes en los sistemas de distribución de productos alimenticios, dada la relativa facilidad con que se llevan a cabo las mismas. Estados Unidos tiene sus propios retos en materia de logística, transporte de alimentos y aseguramiento de la calidad en los mismos, según Miller, Ryan y Corado<sup>49</sup>, un estudio del Departamento de Salud y Servicios Humanos indicó que de 118 plantas de alimentos apenas el 41% cumple con los requisitos establecidos para la recolección, manutención y actualización de la información sobre sus proveedores, transportistas y fuentes. Es decir, no saben qué pasa con sus productos antes de que arriben a sus instalaciones y después de que éstos las dejen. Además, define la trazabilidad como “la capacidad de rastrear y seguir los alimentos o ingredientes en todas las etapas de producción, procesamiento y distribución”. También propone dos tecnologías para el cometido de la trazabilidad en alimentos. La primera, denominado “tecnología de computación universal” une dispositivos inalámbricos, sensores y la internet para seguir en tiempo real el inventario en cualquiera de sus etapas. La segunda es la identificación por radiofrecuencia (RFID). Por último, Wang<sup>50</sup> da a conocer algunas cifras que ayudan a entender la importancia de llevar control tecnológico del estado de los productos perecederos. Por ejemplo, menciona

<sup>49</sup> MILLER, T.; RYAN A. y CORADO, D. Soluciones inteligentes para el transporte de productos perecederos [en línea]. Industria Alimenticia, 2013 [consultado 29 de agosto de 2014]. Disponible en internet: <http://www.industriaalimenticia.com/articles/86582-soluciones-inteligentes-para-el-transporte-de-productos-perecederos>

<sup>50</sup> WANG, Lixing., KWOK, S.K., IP, W.H. A radio frequency identification and sensor-based system for the transportation of food. Hong Kong. En: Journal of food engineering. vol. 101. 2010 p. 120-129.

que en Alemania están registrados más de 50.000 contenedores refrigerados o aptos para el transporte de alimentos, siendo una de las tasas más altas en el mundo. Mientras que en Norte América se estipulan pérdidas de más de 33 billones de dólares debidas al deterioro de los alimentos causadas por variaciones de temperatura. En China, se presentan pérdidas de entre el 10 y 15% en las industrias de la carne y pescado, lo cual representa unos 56 billones de RMB (moneda local).

Mientras tanto, al comparar la integración de las cadenas de abastecimiento de los países industrializados con sus pares aún en vías de desarrollo, salen a relucir las dificultades que enfrentan estos últimos. Corado<sup>51</sup> expone en su artículo las dificultades y logros de toda América Latina y dos países: Uzbekistán e Indonesia. En el país centroasiático, por ejemplo, las rutas se despachan por lo general en la noche y en las horas de la mañana, cuando el aire está más fresco, lo cual ayuda a conservar el producto y también maximiza la reposición de combustible en los camiones (la gasolina se expande por el calor del día y el transportista termina comprando un menor volumen cuando hace calor). Indonesia es para el autor un representante emblema de los países en vías de desarrollo, y en especial para América Latina, en cuanto a su capacidad para transportar productos perecederos. Es un país con abundantes selvas y zonas montañosas, problemas de orden público y gran variedad de frutas y verduras con tiempos de maduración y vencimiento diferentes. Pero que cuenta con la particularidad de pertenecer al inmenso bloque asiático y sur-pacífico, comercia con países como la India, China, Vietnam, Australia y Filipinas, entre otros. Esto representa un gran volumen de mercancías desde y hacia el país, con una gran variedad de productos perecederos y de regulaciones sobre su transportación y puntos óptimos de calidad ofrecida al consumidor en cada uno de estos países. Finalmente, para Latinoamérica resalta el desempeño de países como México en el aumento que ha tenido en el comercio de productos perecederos, y de los esfuerzos que éste, Perú, Colombia y Panamá han hecho para mejorar la infraestructura vial al darse cuenta de su importancia.

---

<sup>51</sup> CORADO, Debbie. Desafíos de la industria de transporte refrigerado alrededor del mundo [en línea]. Industria Alimenticia, 2014 [consultado 29 de agosto de 2014]. Disponible en internet: <http://www.industriaalimenticia.com/articulos/87310-desafios-en-la-industria-de-transporte-refrigerado-alrededor-del-mundo>

### 3.5 METODOLOGÍAS CIENTÍFICAS Y MATEMÁTICAS APLICADAS A LA DISTRIBUCIÓN

En esta temática, Gong<sup>52</sup> propone categorizar los clientes según la metodología ABC y la herramienta 80/20 de Pareto para los clientes logísticos dentro de la cadena de abastecimiento. En los resultados de su modelo matemático, el autor estima una reducción del costo total de distribución del 15.9% al resolver el modelo usando una metodología ABC-ACO (ABC - Ant Colony Optimization\*). Esto se logra al flexibilizar los tiempos de entrega de los clientes menos críticos para la compañía (clasificación C), establecer intervalos de tiempo de entrega negociables con los clientes tipo B y aumentar el nivel de servicio, y con ello reducir las penalizaciones, de los clientes tipo A cuyos tiempo de entrega son inalterables.

Anterior a la propuesta descrita, se encuentran otros modelos matemáticos que categorizan a los clientes de acuerdo a su posición geográfica (R: Aleatorio; C: Agrupado; RC: Mixto) y a la magnitud del horizonte de planificación (1: capacidad pequeña; 2: capacidad grande), así como lo proponen Azi, Gendreau y Potvin<sup>53</sup> en su modelo de planificación de rutas para entregas a domicilio de bienes perecederos en donde utilizan sólo clientes con horizontes de planificación largos (tipo 2), puesto que aquellos de horizontes de planificación corto no permiten a los transportistas hacer varios recorridos al día, lo cual va en contra de la optimización del uso de la flota que se pretende en estos modelos. Al final concluye que se pueden atender hasta 25 clientes con sólo 2 camiones, cuyos recorridos entre nodos están distanciados por menos de 1 milla, en 5 recorridos al día, en promedio. Además, hacen énfasis en la importancia de este tipo de estudios puesto que son cada vez más las personas quienes ordenan desde sus casas no sólo alimentos listos, como

---

<sup>52</sup> GONG, WeiWei y ZETIAN, Fu. ABC-ACO for Perishable Food Vehicle Routing Problem with Time Windows. INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL AND INFORMATION SCIENCES. (17-19, diciembre, 2010: Chengdu, Sichuan, China). Proceedings. Los Alamitos, California: IEEE Computer Society, 2010. p. 1366

\* ACO – Ant Colony Optimization: son unos modelos Metaheurísticos basados en el comportamiento autoorganizativo que algunas especies de hormigas presentan en la naturaleza para encontrar los caminos más cortos entre el nido y las fuentes de alimento. Tomado de: ATEHORTÚA, Andrés. OPTIMIZACIÓN BASADA EN COLONIA DE HORMIGAS: GENERALIDADES Y ESTUDIO DEL ALGORITMO SISTEMA HORMIGA Y APLICACIÓN A UN JOB SHOP [en línea]. Academia.edu: Universidad Nacional de Colombia, 2012 [Consultado 12 de septiembre de 2014]. Disponible en internet: [http://www.academia.edu/6824195/OPTIMIZACION\\_BASADA\\_EN\\_COLONIA\\_DE\\_HORMIGAS\\_GENERALIDADES\\_Y\\_ESTUDIO\\_DEL\\_ALGORITMO\\_SISTEMA\\_HORMIGA\\_Y\\_APLICACION\\_A\\_UN\\_JOB\\_SHOP\\_ANT\\_COLONY\\_OPTIMIZATION\\_GENERALITIES\\_AND\\_STUDY\\_OF\\_AN\\_T\\_SYSTEM\\_ALGORITHM\\_AND\\_A\\_JOB\\_SHOP\\_APPLICATION\\_ANDRÉS\\_ATEHORTUA](http://www.academia.edu/6824195/OPTIMIZACION_BASADA_EN_COLONIA_DE_HORMIGAS_GENERALIDADES_Y_ESTUDIO_DEL_ALGORITMO_SISTEMA_HORMIGA_Y_APLICACION_A_UN_JOB_SHOP_ANT_COLONY_OPTIMIZATION_GENERALITIES_AND_STUDY_OF_AN_T_SYSTEM_ALGORITHM_AND_A_JOB_SHOP_APPLICATION_ANDRÉS_ATEHORTUA)

<sup>53</sup> AZI, Nabila; GENDREAU, Michel y POTVIN, Jean-Yves. Vehicle Routing for the Home Delivery of Perishable Products: the m-Vehicle Case [en línea]. École Polytechnique fédérale de Lausanne, 2006. [consultado 2 de septiembre de 2014]. Disponible en internet: <https://documents.epfl.ch/users/b/bi/bierlair/dropbox/TRISTAN/130Gendreau.pdf>

pizzas, sino productos frescos y mercados completos, gracias a la incursión del comercio electrónico.

### 3.6 TAXONOMÍA

Año	Autores	Aporte
2006	HUISMAN, Dennis., WAGELMANS, Albert P.M.	Reconocimiento de dos metodologías para la asignación de vehículos y conductores en ambientes urbanos y semi-urbanos en Holanda
2006	AZI, Nabila; GENDREAU, Michel y POTVIN, Jean-Yves.	Proponen categorizar a los clientes de acuerdo a su posición geográfica y a la magnitud del horizonte de planificación
2007	GUTIÉRREZ, Valentina., PALACIO, Juan David., VILLEGAS, Juan Guillermo	Reseña del <i>software</i> para diseño de rutas de distribución y servicios disponible en Colombia
2008	JOSEFOWIEZ, Nicolas; SEMET, Frédéric y TALBI, EL- Ghazali.	Expone los componente que, a su criterio, son vitales para el diseño de rutas de transporte de cualquier tipo
2008	ARCOS, Carlos Andrés; MOSQUERA, Silvio Andrés y VILLADA, Dora Clemencia.	Uso de la tecnología GPS para la localización de zonas de producción de mora en el Huila y, a partir de ahí elaborar rutas con el menor costo y tiempo de recorrido
2008	CHEUNG, Y.Y., et al.	El uso de la tecnología RFID se ha expandido alrededor del mundo y abarca las áreas de gestión de inventarios, gestión y operación de almacenes, procesos de manufacturay mercadeo de venta al por menor
2009	CHEN, Huey-Kuo; HSUEH, Che-Fu y CHANG, Mei- Shiang.	Los productos perecederos se deterioran progresivamente durante el transporte y tienen una fecha límite de consumo
2009	CHEN, James C., Hsieh W.H., CHENG, C.H., CHEN, C.S	Uso del algoritmo de umbral tabú para resolver un problema de ruteo con restricciones de ventanas de tiempo minimizando la distancia de la ruta a recorrer
2009	AHUMADA, Omar y VILLALOBOS, J. René.	La construcción de los plazos de entrega en la cadena de abastecimiento, esta debe estar modelada en su totalidad para abarcar la visión sistémica de los procesos y los agentes involucrados.
2009	WEI MING, Yi., AN PING, Zuo.	La tecnología RFID puede proporcionar información del producto a un costo mínimo.

<b>Año</b>	<b>Autores</b>	<b>Aporte</b>
2010	KEWEI, Zheng; ZHIQIANG Lu y XIAOMING, Su.	Modelo matemático de programación lineal para la solución del problema de ruteo con flota de vehículos heterogénea
2010	XU, Xunyu., TOMOHIRO, Murata.	Identificación de los requerimientos de los proveedores en un diseño especializado denominado "problema de planeación de entregas de bienes perecederos".
2010	BRITO, Julio., MARTÍNEZ, Javier., MORENO, José A., VERDEGAY, José L.	Establecen que los modelos matemáticos derivados de los diseños de rutas pueden ser resueltos mediante el uso de la programación lineal
2010	RATLIFF, H. Donald.	Los productos perecederos tienen un punto de "calidad para tiempo de venta"
2010	WANG, Xiaojun.	La tecnología RFID puede monitorear constantemente el deterioro de la calidad del producto
2010	WANG, Gaoxiang., XU, Wensheng., WANG, Mei.	Propone la utilización de la tecnología RFID integrada con las redes telefónicas 3G para transmitir en tiempo real la información del producto a todos los agentes interesados de la cadena de suministro
2010	WANG, Lixing., KWOK, S.K., IP, W.H.	Identifica la magnitud de pérdidas, económicas y porcentuales, de alimentos causadas por variaciones de temperatura en China y Norte América
2010	GONG, WeiWei y ZETIAN, Fu.	Propone categorizar los clientes según la metodología ABC y la herramienta 80/20 de Pareto, dentro de la cadena de abastecimiento, y estima una reducción del costo total de distribución del 15,9%
2011	LIU, Xuexin.	Enumera los riesgos del transporte de alimentos desde el punto de vista logístico
2011	BEHRISH, Michael et al.	Desarrollo de un <i>software</i> para la simulación de rutas y tráfico vehicular con programación dinámica (simular y optimizar)
2012	KITAMURA, Takashi., OKAMOTO, Keishi	La ruta del lechero es una de las formas más eficientes de diseñar operaciones logísticas de transporte
2013	SHI, Xiao-Yan y Zhang, Weihua.	En países desarrollados el porcentaje de desperdicio de productos perecederos es menor al 5%. En Estados Unidos la cadena de frío es ininterrumpido y el desperdicio de frutas es menor al 2%

<b>Año</b>	<b>Autores</b>	<b>Aporte</b>
2013	HARAGOS, I.M., HOLBAN, S., CERNAZANU-GLAVAN, C	Identificación de las causas de las congestiones vehiculares mediante un estudio del estado de las vías
2013	MILLER, T.; RYAN A. y CORADO, D.	En Estados Unidos, de 118 platas, sólo el 41% cumple con los requisitos establecidos para recolectar, mantener y actualizar la información de sus proveedores, transportistas y fuentes. También propone dos tecnologías para lograr la trazabilidad de los alimentos
2014	RONDEROS, Leonardo.	Las mejores caracterizaciones de rutas están en Estados Unidos y en Europa
2014	CHEN, Tao., ZHANG, Miao., WEI, Lang.	El comportamiento de los conductores varía de acuerdo a las características de los vehículos y de las rutas
2014	LIANG, Zilu., WAKAHARA, Yasushi	Se proponen dos predicciones de comportamiento del tráfico en programación dinámica de rutas
2014	VIANCHA SÁNCHEZ, Zulma Hasbleidy.	Para diseñar rutas de distribución de mora en el departamento del Huila se deben considerar aspectos adicionales a los contemplados por ARCOS, MOSQUERA y Villada: El número y tamaño de los agricultores, las condiciones del cultivo, la tecnología utilizada en el cultivo, la demanda del mercado y la viabilidad financiera del rubro
2014	POLO-NAVARRO, Lorena., CIPRÉS-BAGÜESTE, David., GARCÍA-MILLA, Miriam	Expone las características de los sistemas inteligentes de transporte (SIT) y también hace una recopilación de las aplicaciones más comunes de las TIC en el transporte
2014	CORADO, Debbie.	Identifica las dificultades de la industria del transporte de alimentos en países de América Latina, Asia y Australia
2015	MATsim. Multi-agent Transport Simulation.	Paquete de simulación y optimización de rutas con programación dinámica que simula condiciones de demanda variable, evita congestiones vehiculares y calcula emisiones contaminantes en Estados Unidos.

**Fuente:** Elaboración propia.



## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL:**

Diseñar un sistema logístico de acopio y distribución regional en el Valle del Cauca para un producto alimenticio perecedero de primera necesidad, de acuerdo con la demanda y consumo del producto, para elevar los niveles de servicio, asegurar el acceso y disposición a bajo costo.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Diseñar el modelo conceptual de logística y distribución de un producto alimenticio perecedero de primera necesidad, que sirva de base para el diseño de instrumentos de recolección de información, la identificación de los principales agentes de la cadena de suministro, especialmente en la fase de distribución y la planeación de la ejecución del proyecto de investigación.
- Caracterizar la operación logística de las cadenas de acopio y distribución del producto perecedero de primera necesidad, a través de un trabajo in situ con la empresa fabricante: INGREDION y con los clientes establecidos en el histórico de demanda y distribución del producto.
- Formular el modelo de operación de la cadena de suministro del producto perecedero de primera necesidad y desarrollar un modelo matemático de la red logística.
- Evaluar los diferentes escenarios de la operación logística en el modelo propuesto y proponer recomendaciones de implementación y adecuación en el Valle del Cauca.

## 5 MARCO TEÓRICO

Con el objetivo de abordar adecuadamente los temas que serán tratados en este documento se propone el seguimiento del siguiente esquema conceptual:

- ¿Qué es el diseño de rutas?
- Métodos de diseño de rutas con un único punto de origen y destino para la distribución de productos perecederos no refrigerados.
- Generalidades de los centros de distribución.

### 5.1 DISEÑO Y CARACTERIZACIÓN DE RUTAS

En una primera instancia se debe entender plenamente el concepto de caracterizar. Para luego definirlo en el marco del diseño de rutas de repartición de mercancías. En dicha definición se incorporan los componentes de una caracterización de rutas que permitirán acercar el resultado al óptimo en mayor o menor grado. Entre más componentes se tengan en cuenta para el diseño de la ruta, mayor precisión en el tiempo, uso de vías y uso de la capacidad de los vehículos se tendrá, asimismo, se incrementará el número de operaciones computacionales requeridas para hacer el cálculo y el subsecuente costo del *software* utilizado o tiempo consumido en cálculos manuales.

**5.1.1 Definición De Caracterización.** Caracterización, como término, tiene múltiples aplicaciones en campos del saber de todo tipo; desde la literatura y el teatro hasta la ingeniería y la biología genética. En lo concerniente al ámbito de este informe, la definición más acertada de caracterización es la que sigue: describe la naturaleza y propiedades distintivas y/o típicas de alguien o algo, como dice el diccionario Oxford<sup>54</sup> y también como la forma en la que algo o alguien es descrito o definido, según el diccionario Oxford Learner's<sup>55</sup>. De esta manera, se acerca el concepto de caracterización de rutas como la definición y descripción de los componentes necesarios para describir todo el proceso de

---

<sup>54</sup> Characterize. Oxford dictionaries. Language matters [en línea]. 2015. Oxford University Press. [Consultado el 7 de febrero de 2015.] Disponible en: <<http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/characterize>>.

<sup>55</sup> Characterization. Oxford Learner's Dictionaries. 2015.[en línea]Oxford University Press. [Consultado el 7 de febrero de 2015]. Disponible en Internet: <<http://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/characterization>>. Traducido por los autores.

acopio y distribución de mercancías, la disposición de vehículos y personal, el acoplamiento de las restricciones inherentes al ejercicio, la inclusión de la reglamentación gubernamental vigente y el castigo, o reconocimiento de las dificultades existentes en el contexto físico en el que se ejecutarán las rutas. Todo esto soportado por modelos matemáticos y simulaciones computarizadas que amplían los conceptos textuales.

## 5.2 TIPIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS EN DISEÑO DE RUTAS

Según Ballou<sup>56</sup>, el diseño de rutas, o ruteo, da respuesta a la necesidad de planeación de los recorridos que efectuarán uno o más componentes de modos de transporte (camiones, trenes, aviones, buques, entre otros). En el caso concreto del transporte por carretera, dicha respuesta debe considerar las restricciones en cuanto a la disponibilidad y estado de las vías, horarios permitidos de circulación, condiciones de seguridad, densidad del tráfico vehicular, número y estado de funcionamiento de los vehículos, entre otros. Además, existe un gran número de variaciones en los tipos de rutas, pero que pueden ser catalogados en tres categorías: en donde el punto de origen es distinto al punto de destino y se debe atravesar una red de vías; en donde existen múltiples puntos de origen y de destino; y en donde el punto de origen y el de destino son el mismo.

**5.2.1 Únicos puntos de origen y destino.** Este caso se presenta cuando el vehículo debe desplazarse desde un único punto de origen hasta un único punto de destino y para ello debe atravesar una red de vías y entregar la mercancía en múltiples paradas. Una de las metodologías más rápidas y sencillas es la de la *ruta más corta*, el método se representa con locaciones y vínculos, los cuales pueden tomar valores de distancia, tiempo o costo entre una locación y otra. En un principio se tienen todas las locaciones como posibles destinos, se escoge aquella que optimice el valor deseado. Por ejemplo, si los vínculos tienen valores de distancia se escogerá aquel con el menor valor. Una vez escogida la locación más cercana al origen ésta se convierte a su vez en un nuevo origen y se repite la operación hasta alcanzar el destino final.

---

<sup>56</sup> BALLOU, Ronald H. Logística: Administración de la cadena de suministro. Traducido por Carlos Mendoza Barraza y María Jesús Herrero Díaz. 5 ed. México D.F.: Pearson Educación, 2004. p. 816

**5.2.2 Múltiples puntos de origen y destino.** En este caso se tienen varias locaciones como puntos de origen y de destino. En este caso se debe encontrar los mejores destinos para cada uno de los orígenes, así como la ruta más económica entre ellos. El método incluye restricciones de oferta para los orígenes y de demanda para los destinos. Para resolver estos problemas se cuenta con un tipo de algoritmo especial denominado *método del transporte*.

**5.2.3 Puntos de origen y destino iguales.** En ocasiones las rutas deben responder a una necesidad de repartir mercancías a varios destinos en un determinado periodo de tiempo y una vez concluida esta tarea, el vehículo debe regresar al almacén y centro de distribución. Algunos ejemplos de este caso son: la repartición de bebidas entre bares, la recolección de basura, la entrega de comida a domicilio, la repartición de materias primas por parte de un proveedor a varios clientes, entre otros. El objetivo principal para este problema es encontrar la secuencia de entrega óptima desde que el vehículo deja el almacén, reparte en todos los puntos de entrega y regresa de nuevo al origen, reduciendo al mínimo el tiempo usado o la distancia recorrida. Dada la naturaleza del tipo de reparto que se aborda en el objetivo de este proyecto se explicará más a fondo éste caso. A continuación se hace mención a algunos modelos de diseño de rutas donde el punto de origen y el punto de destino es el mismo.

**5.2.3.1 Relación entre los puntos de entrega.** Por principio, una ruta es más eficiente cuando no se pasa por un mismo lugar más de una vez, es decir, cuando no se anda en círculos. Los caminos de la ruta no se deben cruzar. Al dibujar la propuesta de ruta siguiendo este principio ésta tiende a formar una figura similar a una gota. Cuando se tienen en cuenta las restricciones de horarios, sentido de las calles y otras características de la red de carreteras es mejor usar programas de computación especializados puesto que la complejidad de los cálculos puede contener miles de parámetros. Sin embargo, la mayoría de las rutas diseñadas tienden a formar la figura a continuación.

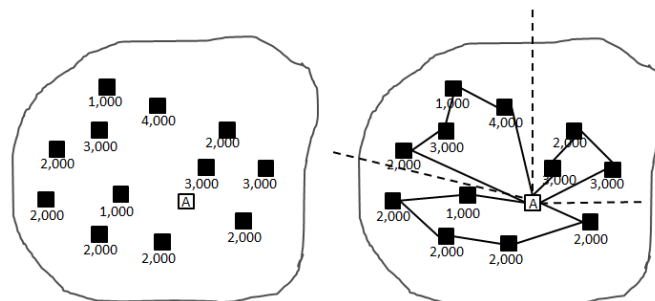
**5.2.3.2 No relación entre los puntos de entrega.** En ocasiones no es fácil establecer la ubicación de las locaciones en un mapa o representarlos en un plano cartesiano, y que, además, la relación de espacio entre puntos es confusa (presencia de accidentes geográficos, zonas de difícil acceso, horarios de restricción de circulación, entre otros), resulta más conveniente dibujar los puntos y trazar rectas entre ellos que representen los promedios de tiempo, costo o distancia estadísticamente aceptables. Aunque estos datos sean lo más parecidos a la realidad, los resultados del método siempre son destinados.

### 5.3 MÉTODOLÓGÍAS PARA EL DISEÑO DE RUTAS

Para el caso en el que se tiene un único punto de origen y destino existen dos métodos básicos que dan solución al diseño de una ruta que minimice el tiempo usado y la distancia recorrida. Además pueden integrar hasta cierto punto las restricciones del mundo real y dan una respuesta aceptable con justificación matemática. A continuación se explican estos dos métodos, el primero, “de barrido”, es más sencillo y útil cuando se cuentan con clientes sin restricciones de horario; el segundo método, “de ahorros”, permite incluir restricciones de horarios de entrega, descansos y otras pausas.

**5.3.1 El método “de barrido”.** Se trata de una metodología sencilla y manual que abarca problemas de asignación de rutas desde unos cuantos clientes hasta un número considerablemente alto de ellos. Es recomendable usarlo cuando la capacidad de todos los camiones es la misma y la cantidad de mercancía a entregar en cada parada es una fracción de la capacidad total del vehículo. Ideal para dar soluciones rápidas, por lo que se utiliza en gran medida para programaciones de ruta diarias (por ejemplo, la repartición de comida a domicilio). Sus pasos van como sigue: localizar al almacén y todas las paradas en un mapa; con la ayuda de una regla, trazar una línea recta entre el depósito y alguna de las paradas; restar a la capacidad del camión la cantidad a entregar en la parada; hacer un barrido con la regla, tomando como eje el almacén y en dirección a las manecillas de reloj (o en dirección opuesta) hasta dar con la siguiente parada; restar al contenido restante del camión la demanda de la nueva parada, si el camión contiene suficiente mercancía para satisfacer la demanda de la nueva parada; trazar una línea recta entre la primera parada y la nueva parada; realizar el procedimiento hasta que el camión no pueda satisfacer la demanda de la siguiente parada; trazar una línea recta entre la última parada satisfecha hasta el almacén.

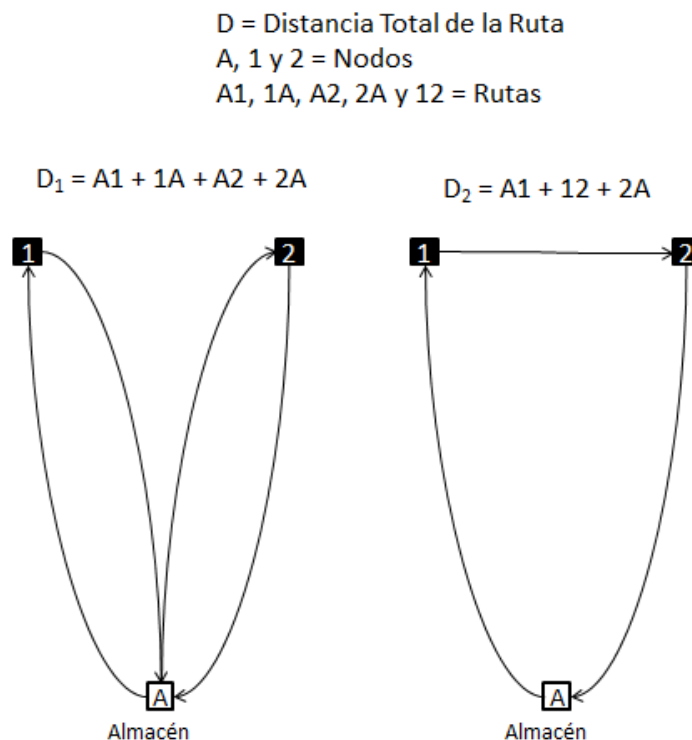
**Figura 1. Representación del método de "barrido"**



**Fuente:** Basado en BALLOU, Ronald H. Logística: Administración de la cadena de suministro. Traducido por Carlos Mendoza Barraza y María Jesús Herrero Díaz. 5 ed. México D.F.: Pearson Educación, 2004. p. 816

**5.3.2 Método “de ahorros”.** Ideal para trabajar con la ayuda de una computadora, permite incluir una amplia gama de restricciones y un buen número de paradas. Sus resultados se acercan bastante a lo óptimo. El objetivo de este método es minimizar la distancia viajada por los vehículos y con ello reducir también el número de vehículos a utilizar. Sus pasos son los siguientes: simular con un solo vehículo el cumplimiento de todas las entregas y el regreso al depósito (se obtiene la distancia total a recorrer en la ruta); combinar dos paradas de la misma ruta para que el vehículo pase de una parada directamente a la siguiente; restar la distancia entre las paradas combinadas a la distancia de la ruta inicial; agregar más paradas y restar la distancia entre la nueva parada y la distancia de la ruta anterior para hallar el mayor ahorro; repasar todas las paradas, combinando siempre aquellas que reduzcan al mínimo la distancia a recorrer. Al agregar paradas se pueden considerar restricciones como la capacidad del camión, a distancia máxima permitida a recorrer por el camión, el tiempo máximo permitido de circulación para el conductor, las restricciones de tiempo de entrega del cliente, entre otras. Al momento de presentarse alguna de estas restricciones se procede a insertar un nuevo vehículo en el plan de rutas hasta cumplir con la demanda de entregas.

**Figura 2. Modelo del método de "ahorros"**



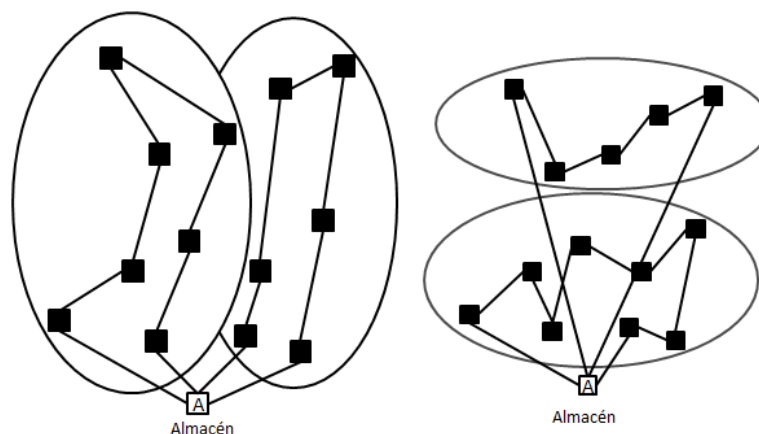
**Fuente:** BALLOU, Ronald H. Logística: Administración de la cadena de suministro. Traducido por Carlos Mendoza Barraza y María Jesús Herrero Díaz. 5 ed. México D.F.: Pearson Educación, 2004. p. 816

## 5.4 PROGRAMACIÓN Y DISEÑO DE RUTAS PARA LOS VEHÍCULOS (PDRV)

La PDRV, incluye limitaciones del mundo real como la capacidad de los vehículos, los volúmenes de demanda y de oferta y la subsecuente necesidad de optimizar estos tres factores entre sí; la existencia de varios vehículos, cada uno con distintas capacidades tanto en peso como en volumen, incluso en restricciones de circulación por horarios; máximo tiempo de circulación de los vehículos porque el conductor debe tomar un descanso; las entregas y las recolecciones pueden estar limitadas a ciertos horarios específicos; las recolecciones sólo pueden ser efectuadas una vez se han hecho todas las entregas; y permitir a los conductores tomarse breves descansos para comer o ir al baño. Todas estas restricciones añaden complejidad a los problemas de diseño de rutas y hace casi imposible encontrar una solución realmente óptima, se proponen ocho principios que acercan bastante la consecución de una buena ruta para los vehículos. Ha de notarse que el personal de operaciones es la primera fuente de información que debe tenerse en cuenta al momento de diseñar la ruta, y que ellos pueden cambiar las directrices programadas cuando sea realmente conveniente.

**Agrupar las paradas según la cercanía entre sí.** Reducir la distancia entre paradas reduce asimismo la distancia y tiempo total de la ruta. Se comienza por el grupo de paradas más cercano al origen y se tiene en cuenta la capacidad máxima del camión para satisfacer la demanda de estos puntos. Las agrupaciones de destinos más distantes serán atendidas subsecuentemente según su separación.

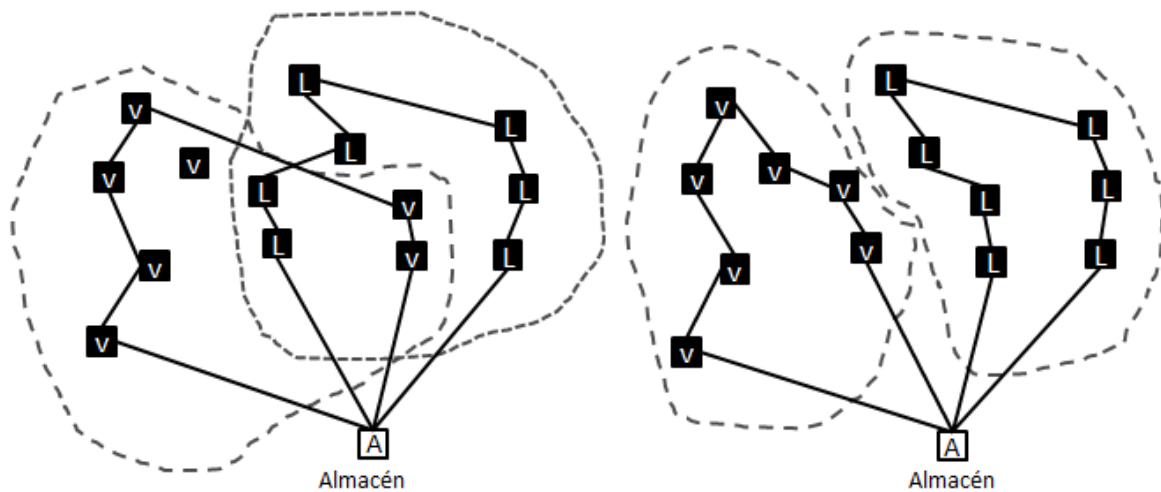
**Figura 3. Agrupación de paradas por cercanía.**



**Fuente:** BALLOU, Ronald H. Logística: Administración de la cadena de suministro. Traducido por Carlos Mendoza Barraza y María Jesús Herrero Díaz. 5 ed. México D.F.: Pearson Educación, 2004. p. 816

**Agrupar las paradas por días.** Los casos en los cuales se debe repartir en distintos días de la semana exigen que las paradas sean agrupadas y asignadas a cada uno de los días de la semana según la necesidad. A su vez, para cada grupo diario, se debe asignar la mejor distribución de paradas según el punto anterior. Se debe evitar la superposición de paradas que pertenecen a distintos días de la semana. Éste método ayuda a reducir el número de camiones necesarios, así como la distancia y tiempo total de las rutas.

**Figura 4. Diagrama de la división de rutas por días (lunes y viernes)**



**Fuente:** BALLOU, Ronald H. Logística: Administración de la cadena de suministro. Traducido por Carlos Mendoza Barraza y María Jesús Herrero Díaz. 5 ed. México D.F.: Pearson Educación, 2004. p. 816

**Desarrollar las rutas comenzando con la parada más lejana al almacén.** La ruta más eficiente es aquella que reduce la distancia recorrida por el camión cuando está vacío, por lo tanto resulta más conveniente asignar primero la parada que está más lejos del almacén y la secuencia de paradas más cercanas a continuación hasta agotar la capacidad del camión. El segundo camión deberá iniciar su ruta en la siguiente parada más lejana y seguir con la misma metodología hasta asignar todas las paradas

**La representación gráfica de la ruta debería tener forma de gota.** Las paradas deben asignar en una secuencia de tal manera que las trayectorias de los vehículos no se crucen, es decir, se debe evitar pasar por un mismo sitio más de una vez. En ocasiones, las restricciones pueden deformar el diseño de las rutas y hacer cruzar las trayectorias.



**Cuanto más grandes sean los vehículos, más eficiente es la ruta.** Un vehículo más grande puede responder a la necesidad de todas las paradas en un solo día o turno, por lo que no sería necesario utilizar más vehículos ni asignar nuevas rutas. Esto reduce la distancia total de las rutas, la necesidad de más vehículos y las tareas de diseño de rutas adicionales.

**Combinar recolecciones y entregas en una misma ruta.** Idealmente se debe aprovechar la capacidad del vehículo para transportar la mayor cantidad de mercancía posible. Esto reduce el entrecruzamiento de rutas, el número de camiones requeridos, el tiempo usado y la distancia recorrida. Lograr este objetivo depende de la capacidad de los camiones y de la posibilidad de ordenar la mercancía recogida de tal manera que no obstaculice la mercancía a entregar.

**Aquellas paradas muy distantes a los grupos de paradas ya asignados son candidatos a otros tipos de reparto.** Pueden encontrarse casos en los que existen una o más paradas que se encuentran muy distantes de las demás, y que distorsionan el diseño de las rutas mientras que añaden más tiempo y distancia a las mismas. Estas paradas atípicas pueden atenderse con camiones pequeños, e incluso por terceros.

**Limitar las paradas con restricciones de horario.** Aquellas paradas a las que sólo se puede entregar la mercancía en intervalos de tiempo determinados imponen las más grandes limitaciones al trazado ideal de un plan de rutas y alteran la secuencia que bajo otras condiciones minimiza aquellos factores críticos como tiempo gastado o distancia recorrida. Se debería negociar con cada cliente este intervalo de entrega con la esperanza de eliminar, cambiar o ampliar el intervalo de tiempo permitido para entregar la mercancía.

## 5.5 SECUENCIACIÓN DE RUTAS

Hasta ahora, los métodos de programación de rutas han mantenido el supuesto que un único vehículo atiende una sola ruta en un periodo determinado de tiempo (más usualmente un día), sin embargo, cuando las rutas son cortas y de pocas horas de duración, resulta impráctico que un vehículo pase el resto del día inactivo una vez ha cumplido con las entregas de la ruta designada. Por lo tanto, es necesario secuenciar más rutas a los vehículos que ya han cumplido para que éstos estén en circulación el mayor tiempo posible. El resultado es una reducción del número de vehículos necesarios para satisfacer la demanda total y concretar así un plan general de vehículos. El cuadro 3<sup>57</sup> muestra un ejemplo de asignación para tres vehículos que tendrán diez rutas en las horas

---

<sup>57</sup> Elaboración de los autores

de la mañana hasta el mediodía, se estima que para cargar los vehículos en el almacén se requiere de 30 minutos.

**Cuadro 3. Asignación de diez rutas cortas para tres vehículos A, B y C.**

VEHÍCULO	RUTA	HORA DE SALIDA	HORA DE REGRESO
A	1	06:00 a.m.	07:30 a.m.
B	2	06:00 a.m.	07:00 a.m.
C	3	06:00 a.m.	08:30 a.m.
A	4	08:00 a.m.	10:00 a.m.
B	5	07:30 a.m.	10:00 a.m.
C	6	09:00 a.m.	11:00 a.m.
A	7	10:30 a.m.	12:30 p.m.
B	8	10:30 a.m.	12:00 m.
C	9	11:30 a.m.	12:30 p.m.
B	10	12:30 p.m.	01:00 p.m.

**Fuente:** Elaboración propia

## 5.6 ¿QUÉ ES LA ALTIMETRÍA Y CUÁL ES SU EFECTO EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE?

La altimetría es una rama de la topografía cuyo objetivo es el estudio de los métodos para representar el relieve del terreno<sup>58</sup>. En el caso estudiado en este informe, se refiere a la variación de la altitud del terreno respecto al nivel medio del mar. La altitud tiene efecto sobre la densidad del aire y su composición. A su vez, los motores de combustión interna utilizan el oxígeno del aire para producir la potencia que impulsa al vehículo. Al estar sometido a distintas altitudes, los motores varían su desempeño y uso de combustible, lo cual a su vez hace que la potencia, la calidad de la combustión y el consumo de combustible aumente mientras que la contaminación expelida a medio ambiente aumente<sup>59</sup>.

En Colombia existen estudios que relacionan la altitud del terreno y la disminución de la eficiencia en el consumo de combustible y de potencia. En

<sup>58</sup> JIMENEZ, Gonzalo. Altimetría. Programa de topografía. Universidad del Quindío. 2014. p. 149.

<sup>59</sup> LAPUERTA, Magín, et al. Estudio del efecto de la altitud sobre el comportamiento de motores de combustión interna. Parte 1: Funcionamiento [ en línea]. Información tecnológica. V. 17. No. 5. 2006. [Consultado el 25 de mayo de 2015]. Disponible en Internet: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-076420060005000005](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-076420060005000005)>

ciudades ubicadas a nivel del mar, esta disminución está entre el 10 y 15% mientras que en Bogotá la tasa llega hasta el 30%<sup>60</sup>. A continuación se relacionan la información de altura de las ciudades más importantes del país, las características del aire, la potencia obtenida por el motor y el aumento en el consumo de combustible:

**Cuadro 4. Puntos de referencia ciudades, altitudes, potencia y uso de combustible**

Ciudad	Altura (msnm)	Presión (mbar)	Temperatura (°C)	Densidad del aire (Kg/m3)	Pérdida de potencia (%)	Potencia (Kw)	Aumento del uso de combustible (Kg/s)
Barranquilla	0	1013	30	1,1643	0	71,28	0
Bucaramanga	960	909	25	1,0623	8,76	65,04	5x10 <sup>-4</sup>
Cali	991	905	26	1,0541	9,47	64,54	8x10 <sup>-4</sup>
Medellín	1475	853	24	1,0002	14,09	61,24	1,1x10 <sup>-3</sup>
Manizales	2150	792	18	0,9478	18,59	58,03	1,5x10 <sup>-3</sup>
Bogotá	2600	752	17	0,9031	22,44	55,29	2,3x10 <sup>-3</sup>

**Fuente:** LAPUERTA, Magín, et al. Estudio del efecto de la altitud sobre el comportamiento de motores de combustión interna. Parte 1: Funcionamiento [en línea]. Información tecnológica. vol. 17. no. 5. 2006. [Consultado el 25 de mayo de 2015]. Disponible en Internet: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642006000500005](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000500005)>

## 5.7 MODELAMIENTO CONCEPTUAL DE UN SISTEMA LOGÍSTICO

Según Carlos Quiñones Botero<sup>61</sup>

“Modelar es construir una simplificación de la realidad que capte sus aspectos más importantes, y que nos permita experimentar y ensayar ideas sin el costo y los riesgos de hacerlo en el mundo real. Todos los aspectos secundarios y no esenciales deben suprimirse del modelo, con el fin de disminuir su complejidad. Algunas personas ven este proceso como contraproducente y artificial, criticando a veces, la sobresimplificación presente en los modelos. Sin embargo, en muchas oportunidades, la modelación es la única manera práctica de obtener un conocimiento más profundo sobre la realidad.

<sup>60</sup> CASTAÑO, Diego Alberto., ARRIETA, Andrés Amell., AGUDELO SANTAMARÍA, John Ramiro. Efecto de la altitud en un motor de encendido provocado convertido a GN [en línea]. Revista Gas Vehicular. No. 15. p. 37-40. [Consultado el 25 de mayo de 2015]. Disponible en Internet: <<http://gasure.udea.edu.co/docs/Efecto%20de%20la%20altitud%20en%20un%20motor%20de%20encendido%20provocado%20convertido%20a%20GN.pdf>>

<sup>61</sup> QUIÑONES BOTERO, Carlos. Modelación de sistemas logísticos. Medellín, Colombia: Institución Universitaria Esumer, 2011. p. 94

La primera fase se conoce como *formulación del modelo* y conlleva a que examinemos y tomemos decisiones sobre:

- Las variables, por ejemplo, las cantidades que se comprarán o fabricarán.
- Las salidas, especialmente aquellas que nos permitirán evaluar el funcionamiento del modelo, tales como la eficiencia, ganancias y costos.
- Estructura, o sea, las relaciones matemáticas que unen las diferentes partes del modelo. Una de las relaciones más usadas se formula como  $\text{Ganancia} = \text{Ingresos} - \text{Costos}$ .
- Datos, especialmente todo lo relacionado con las fuentes de donde se tomarán.

Luego sigue la fase conocida como *análisis del modelo*, en la cual buscamos entender por qué una solución es benéfica y otra no lo es; otras veces, cuáles datos o entradas del modelo son más importantes para obtener un buen resultado; y en otras, cuáles entradas tienen una influencia más fuerte en los resultados. El análisis sigue unas metodologías claramente entendidas, haciéndolo más una ciencia que un arte.

Finalmente pasamos a la fase de *interpretación del modelo*, en la cual traducimos los resultados del análisis en una forma que la gerencia pueda entenderlos claramente.”

## 5.8 EL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA

La industria considera necesario conocer de antemano las necesidades de los clientes ya que con ello puede planificar las operaciones internas y de ordenanza de materias primas, mano de obra y capacidad. Existen métodos estadísticos que predicen eventos tales como el tamaño del mercado, la tendencia del precio de los productos, el costo de las materias primas, la capacidad disponible en la planta, las disposiciones de los inventarios y la planificación de la producción en sí misma.

El Pronóstico de Demanda con Promedio Móvil Simple se utiliza en aquellos casos en los que el comportamiento de la demanda histórica del producto no ha crecido ni disminuido dramáticamente durante los últimos períodos estudiados, permite seleccionar tantos datos históricos como se tengan a disposición, lo cual hace que el pronóstico obtenido esté más atenuado. Por último, para cada valor de demanda histórica se asigna el mismo valor de

importancia , eliminando las fluctuaciones de estacionalidad, no consideradas aquí. Para calcular el promedio por este método se utiliza la ecuación:

$$P = [(D - 1) + (D - 2) + (D - 3) + (D - 4) + \dots (D - n)]/N$$

En donde:

*P = Pronóstico*

*D = Demanda del período (-1 inmediatamente anterior), (-2 dos períodos atrás), (-3 tres períodos atrás), (-4 cuatro períodos atrás), (-n períodos atrás)*

*N = número total de períodos*

Se utiliza éste método de pronóstico de la demanda en este proyecto debido a que la información de históricos de demanda del producto disponibles permiten su cálculo y el comportamiento de la demanda en todos los municipios y a través del tiempo es regular.

## **5.9 GENERALIDADES DE LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN**

Dada la importancia de la ubicación de los centros de distribución, es necesario entender las necesidades de los clientes y las características del producto. De acuerdo con lo descrito por Saldarriaga<sup>62</sup>, según sea el caso, el centro de distribución debe estar más cerca de la fábrica o más cerca de los clientes. Se deben tener en cuenta las características del terreno, disponibilidad de vías, ubicación cercana de poblaciones y presencia de accidentes geográficos.

**5.9.1 Clasificación de los almacenes.** Para cada tipo de producto, y dependiendo de su estado de fabricación, existe un tipo de almacén o centro de distribución. Se mencionan a continuación los tipos más comunes:

- **Almacén de materias primas.** Diseñados de tal forma que faciliten la disposición de materias y materias primas para los procesos productivos subsecuentes.

---

<sup>62</sup> SALDARRIAGA, Diego Luis. Gestión del almacenamiento. En: Diseño, optimización y gerencia de los centros de distribución: Almacenar menos, distribuir más. Medellín: Impresos Begón, 2012. p. 22-40.

- **Almacén de productos semi-terminados.** Destinados a la custodia de aquellos productos que ya han pasado por algunos procesos de agregado de valor, pero que todavía no han terminado su elaboración.
- **Almacén de productos terminados.** Vigilan y controlan las existencias de productos con el máximo valor agregado. Desde aquí los productos terminados serán enviados a los clientes.
- **Almacén de piezas auxiliares y de recambio.** Funcionan para tener a disposición: repuestos, combustibles, limpiadores, y toda clase de materiales que no hacen parte del producto pero que intervienen de una forma u otra en el ciclo productivo.

**5.9.2 Operaciones básicas de los centros de distribución.** Son operaciones o etapas básicas de los centros de distribución aquellas que permiten el correcto funcionamiento de los mismos. Todas estas operaciones pueden variar dependiendo de las características del almacén y de los productos. A continuación se da una explicación de cada una:

**5.9.2.1 Recepción.** Se reciben las mercancías a ser almacenadas. Generalmente se trata de materias primas y materiales. La recepción debe hacerse de forma ordenada, asegurando la cantidad y calidad de la mercancía de acuerdo a lo estipulado contractualmente con el proveedor y elaborando la documentación necesaria.

**5.9.2.2 Almacenamiento.** En la cual se acomoda y guarda la mercancía en pallets, estibas, cajas u otro tipo de recipiente y sobre el suelo o estanterías. Los productos pueden ser almacenados de forma mixta o desordenada, pero se recomienda seguir una clasificación que permita encontrar rápidamente la pieza que se requiera.

**5.9.2.3 Alistamiento (picking).** Es el proceso de extraer los productos, piezas o materiales del almacén. Para lo cual deben ser ubicados y recogidos. Se debe tener en cuenta que el *picking* es el proceso que más consume recursos dentro de la gestión de almacenes, por lo tanto, los mayores esfuerzos de optimización se realizan en esta actividad.

## 5.10 CARACTERIZACIÓN DE LA BIENESTARINA®

A continuación se resaltan los aspectos más importantes de la Bienestarina®, su distribución y programas del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) para su suministro a los beneficiarios en el país.

**5.10.1 El producto.** La Bienestarina® es un producto alimenticio destinado a complementar la alimentación de la población colombiana en condiciones de vulnerabilidad. Producida desde 1976 por el ICBF, se ha distribuido y entregado de forma gratuita a través de distintos programas ejecutados por el ICBF y hoy en día se produce y distribuye una nueva fórmula llamada Bienestarina Más®, la cual incorpora más nutrientes, vitaminas y minerales.

La Bienestarina® tradicional consiste en una mezcla de harinas y féculas de cereales como trigo, maíz y soya, leche entera en polvo, adición de vitaminas y minerales. No contiene conservantes ni colorantes. La Bienestarina Más® contiene además colorantes y saborizantes naturales. Está prohibida su venta y uso inadecuado (el producto está destinado sólo a personas pertenecientes a poblaciones vulnerables, cualquier uso animal es delito). Debe ser consumida antes de pasados 6 (seis) meses desde su fabricación.

No es un reemplazo de la leche materna y tampoco reemplaza ningún tipo de alimento (cereales, raíces, tubérculos, plátanos y derivados; frutas y verduras; leches y productos lácteos; carnes, huevos, leguminosas secas, frutos secos y semillas; grasas y azúcares<sup>63</sup>). Puede ser consumido por niños mayores de 6 (seis) meses de edad, adolescentes, mujeres gestantes y lactantes y adultos mayores. Se recomienda asimismo mantener hábitos de vida saludables para su mayor provecho. Para su preparación se recomienda evitar hervirlo por más de 5 (cinco) minutos y puede ser incorporada en sopas, cremas, postres, panes, pasteles, tortas, coladas, jugos, bebidas, entre otros.

---

<sup>63</sup> Ibíd. p. 22-40.

**Cuadro 5. Aporte nutricional Bienestarina Más® y Bienestarina Más® Saborizada**

<b>Bienestarina Más ®</b>		<b>Bienestarina Más® saborizada</b>
<b>Aporte nutricional por 100g</b>		<b>Aporte nutricional por 100g</b>
Calorías	360	360
Proteínas	21 g.	24 g.
Grasas	3 g.	3 g.
Carbohidratos	63 g.	59 g.
Fibra	1,3 g.	1,4 g.
Calcio	800 mg.	800 mg.
Fósforo	600 mg.	600 mg.
Hierro	10,5 mg.	10,5 mg.
Vitamina A	3330 U.I.	3330 U.I.
Vitamina C	45 mg.	45 mg.
Tiamina (Vitamina B1)	1234 mg.	1234 mg.
Niacina	12334 mg.	12334 mg.
Riboflavina (Vitamina B2)	1 mg.	1 mg.
Vitamina B6	1333 mg.	1333 mg.
Ácido fólico	382,32 mcg.	382,32 mcg.
Vitamina B12	2,33 mcg.	2,33 mcg.
Zinc	10,5 mg.	10,5 mg.
Vitamina D	333,33 mg.	333,33 mg.
Cobre	0,98 mg.	0,98 mg.
Ácidos grasos Omega 3	100 mg.	10 mg.

**Fuente:** Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Distribución, cuidado y uso de un alimento de alto valor nutricional. ICBF. 2014. p. 12.

El ICBF garantiza que la calidad de la Bienestarina® está garantizada según la selección de las materias primas, el proceso de fabricación, en el cual se siguen normas de higiene y se minimiza el contacto de personas con el producto, el estricto control de calidad que impide la presencia de hongos, bacterias y cualquier tipo de contaminante, el empaque está sellado y no hay intercambio de aire u otros fluidos, los vehículos en los que se distribuye el producto son adecuados para el transporte de alimentos y todo el proceso productivo y distribución cumple con la normativa vigente para alimentos en Colombia.

**5.10.2 Modalidades de atención al beneficiario.** La Bienestarina® se entrega a los beneficiarios que están registrados en alguno de los programas del ICBF a través de la Unidades Ejecutoras, las cuales a su vez están suscritas a los



Centros Zonales respectivos (generalmente de carácter municipal). El producto se reparte en estas modalidades:

- **Materno infantil:** entregada a mujeres en embarazo y madres lactantes de niños mayores de seis meses y menores de seis años.
- **Hogares Comunitarios (FAMI):** es un servicio que atiende niños menores de seis años. Existe la figura de Madres Comunitarias, la cuales preparan una ración diaria de Bienestarina® a los niños. Además, entregan el producto a las familias seis veces al año para continuar con el proceso alimenticio en los hogares.
- **Jardines Comunitarios:** atienden a los niños mayores de dos meses y menores de cinco años. Similar a los Hogares Comunitarios, se les prepara una ración diaria a los niños y se les cuida por unas horas al día. También se hacen entregas del producto a las familias dos veces al año. Asimismo, los niños con limitaciones auditivas de hasta cinco años de edad cuentan con la prestación del servicio en los días hábiles del año. Los hijos de mujeres privadas de la libertad en establecimientos carcelarios también reciben una ración diaria del producto durante todo el año. Las mujeres gestantes y lactantes privadas de la libertad reciben una ración mensual de Bienestarina® para que ellas preparen el producto a sus hijos hasta que cumplan los seis meses de edad.
- **Asistencia alimentaria y nutricional al escolar y al adolescente:** niños y adolescentes en edad escolar que reciben apoyo nutricional a través de los restaurantes escolares reciben el desayuno o almuerzo diario los cuales incluyen una ración de Bienestarina®.
- **Familias pertenecientes a grupos étnicos:** ICBF busca garantizar la seguridad alimentaria de las familias pertenecientes a los grupos afro descendientes, indígenas, raizales y Rom<sup>64</sup>. Se da el suministro de Bienestarina® mensualmente para su uso en el hogar durante nueve meses al año.

---

<sup>64</sup> Grupo étnico del tipo nómada, se auto reconocen al mantener rasgos culturales que los diferencian de otros sectores de la sociedad nacional como su idioma propio, llamado Romaní o Romanés, la ley gitana y descendencia patrilineal organizada alrededor de clanes y linajes. Se encuentran concentrados especialmente en las ciudades de Cúcuta, Girón, Itagüí, Bogotá, Envigado, Duitama, Santa Marta, Cali, Sumpués y Cartagena. Población étnica. [en línea] Colombia aprende. [consultado 15 marzo de 2014] Disponible en Internet: <http://www.colombiaprende.edu.co/html/mediateca/1607/article-84457.html>

- **Hogares Gestores y Hogares Sustitutos:** destinado a niños en riesgo de la vulneración de sus derechos. En estos casos reciben protección del ICBF a través de sus familias de origen, familias sustitutas o una institución que asume el rol de familia. A estos hogares gestores se hacen entregas mensuales para la alimentación diaria de los niños.

- **Desayunos Infantiles con Amor:** destinado a niños mayores de seis meses y menores de cinco años por medio de desayunos diarios. Para los niños entre seis y once meses se entrega una ración mensual para su preparación en casa. Y para los niños entre uno y cinco años de edad se entrega un desayuno diario y una ración mensual para su preparación en casa.

- **Programa Nacional de Alimentación para el Adulto Mayor “Juan Luis Londoño de la Cuesta”:** atiende a las poblaciones de adultos mayores de zonas urbanas y rurales concentradas (dependiendo de la disponibilidad de infraestructura) con un almuerzo servido localmente durante todos los días hábiles del año. También se entrega una ración mensual para su preparación y consumo en casa. Además se hace entrega de un paquete de alimentos no perecederos para adultos mayores ubicados en zonas rurales dispersas, dentro del paquete se incluye una ración de Bienestarina® para su consumo en el hogar.

**5.10.3 Distribución de la Bienestarina®.** Existen en el país dos plantas productoras del producto. Una se encuentra ubicada en el municipio de Sabanagrande, departamento del Atlántico y la otra en el Zaragoza, corregimiento del municipio de Cartago en el Valle del Cauca. Desde estas plantas, el producto se reparte a 21 (veintiún) bodegas repartidas en todo el territorio nacional. Para el Valle del Cauca, foco de este proyecto, existe la excepción de no contar con una bodega, puesto que la planta de producción en Zaragoza despacha el producto directamente a los puntos de entrega en el departamento. **A continuación se definen los agentes de la cadena de abastecimiento del producto:**

- **Centro Zonal:** oficinas administrativas del ICBF desde las cuales se ejecutan las labores documentales. El producto no pasa por estas instalaciones, pero la información concerniente al mismo sí.

- **Punto de entrega:** lugares seleccionados por los Centros Zonales en los cuales el ICBF hace entrega de la Bienestarina® a los beneficiarios de los programas de nutrición o a las Unidades Ejecutoras. Los encargados deben conocer el valor nutricional del producto, promover su uso adecuado y hacerse responsables de la documentación de entrega del mismo.

- **Unidad Ejecutora:** es la encargada de atender a los beneficiarios de los programas del ICBF. Preparan el producto y llevan el registro de las entregas del producto a los usuarios.
- **Beneficiario:** es el consumidor final del producto. Está inscrito en una Unidad Ejecutora, es atendido o recibe entregas del producto por parte de ésta.
- **Bodega Satélite:** son bodegas utilizadas por la empresa Ingredion de Colombia S.A. para distribuir el producto desde las plantas productoras hasta los puntos de entrega en todo el país. Su responsabilidad es salvaguardar el producto para que éste se conserve en las condiciones exigidas de calidad. Aplican la normatividad vigente colombiana así como las exigencias del ICBF.

**5.10.4 Documentación.** Para asegurar y llevar control de los inventarios de la Bienestarina® y garantizar su adecuado uso, el ICBF exige a los agentes de la cadena de suministro diligenciar los siguientes formatos en todas las etapas de la distribución. Los responsables de cada Punto de Entrega deben revisar que las cantidades almacenadas y entregadas concuerden con lo estipulado en la documentación. En caso de inconformidad en los formatos e inventarios, se debe informar al Centro Zonal correspondiente. Toda documentación debe estar archivada y protegida adecuadamente, haciendo copias digitales para su seguridad en los casos en los que esto sea posible:

- **Formato de entrega de Bienestarina Más® a Unidades Ejecutoras:** en él se registra la entrega del producto a las asociaciones de Madres Comunitarias, entidades privadas, centros de salud, geriátricos, y todas aquellas instituciones relacionadas con los programas del ICBF.
- **Formato de control de inventarios:** al finalizar cada día, el responsable del Punto de Entrega registra las salidas del producto en un formato de control de inventario y resta ésta cantidad del registro anterior. En los casos en los cuales el responsable del Punto de Entrega en una Madre Comunitaria u otra figura de Unidad Ejecutora, debe registrar asimismo la cantidad que le corresponde y la entregada a los usuarios.
- **Formato de entrega de Bienestarina Más® a usuarios:** se debe diligenciar uno de estos formatos por usuario y por entrega, dejando constancia del cumplimiento de la misma. En él, queda registrada la información del usuario, lo cual ayuda a llevar un control de su estado de nutrición y salud.

**5.10.5 Almacenamiento de la Bienestarina®.** El ICBF recomienda las siguientes precauciones de higiene y seguridad para garantizar el estado de conservación de éste y cualquier producto alimenticio:

- Almacenar el producto en espacios limpios, libres de olores y plagas.
- El lugar debe estar protegido del sol y la lluvia.
- Los pisos deben contar con drenajes que impidan el acceso de roedores y que a su vez faciliten el aseo del lugar.
- El producto debe estar separado de las paredes y del piso. Usar estibas, mesas, anaqueles o recipientes.
- El lugar de almacenamiento debe contar con puertas y cerrojos que impidan el ingreso de extraños.
- El hacer el apilamiento del producto se deben conservar libres los corredores y áreas de acceso.
- El número de lote y fechas de vencimiento de cada paquete deben estar a la vista para facilitar la rotación del producto y el consumo más pronto del paquete más antiguo.
- Utilizar apilamiento cruzado.
- La Bienestarina® no puede ser almacenada junto a productos químicos o de aseo, carnes lácteos y demás productos perecederos.

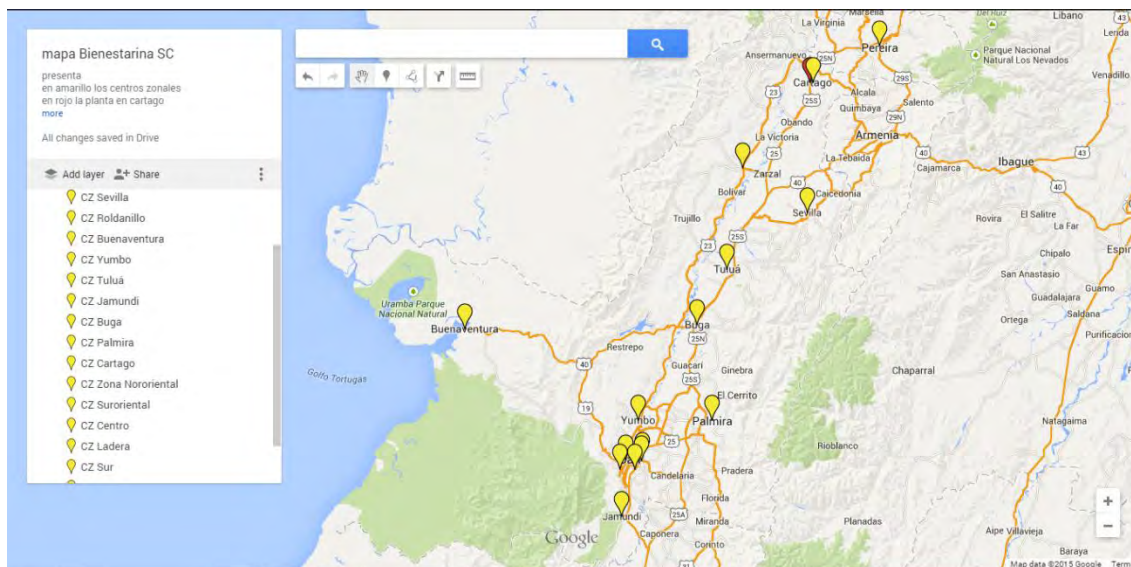
**5.10.6 Demanda de Bienestarina® en el Valle del Cauca.** La demanda del producto se encontró en la página web del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar ICBF<sup>65</sup>, documentos referenciados en el Anexo D de este informe. A partir de ellos se realizaron las gráficas con la demanda de todos los municipios del departamento del Valle del Cauca en el año 2013, que se encuentran en el Anexo A. Todos los datos están dados en kilogramos.

En la figura 5 se muestra la ubicación geográfica de la planta de producción de Ingredion S.A. (rojo) y de los centros zonales del Valle del Cauca (amarillo).

---

<sup>65</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR ICBF. Distribución Bienestarina – Programas regulares [en línea]. Bogotá D.C.: Enero – diciembre, 2013 [consultado el 16 de octubre de 2014]. Disponible en Internet: <http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/Bienestar/Bienestarina/R-Valle/2013>.

**Figura 5. Ubicación geográfica Centros Zonales e Ingredion S.A.**



**Fuente:** Ingredion S.A.[en línea]Google MyMaps@[consultado el 16 de octubre de 2014]. Disponible en Internet: <https://www.google.com/maps/d/splash?app=mp>

A continuación, se encuentran los datos de la demanda histórica del producto para el departamento del Valle del Cauca en el año 2013. El cuadro 7 muestra detalladamente los niveles entregados a cada municipio mensualmente. Posteriormente se grafican los datos.

**Cuadro 6. Histórico de demanda departamental del Valle del Cauca 2012**

DEMANDA DE BIENESTARINA® POR MUNICIPIOS AÑO 2012 (KILOGRAMOS)										
MUNICIPIO	FEBRERO- MARZO	MARZO- ABRIL	ABRIL-MAYO Y JUNIO	MAYO- JULIO	JULIO- AGOSTO	AGOSTO- SEPTIEMBRE	SEPTIEMBR E-OCTUBRE	OCTUBRE- NOVIEMBRE	NOVIEMBRE -DICIEMBRE	TOTAL
Alcalá	766	811	586	3	3	3	3	4	4	2183
Ansermanuevo	811	722	699	9	5	6	6	9	9	2276
Argelia	788	541	428	3	2	2	2	3	3	1772
Bolívar	203	225	293	2	2	2	2	1	1	731
Buenaventura	14500,838	10446,393	15020,116	51	50	51	51	51	50	40271,347
Buga	947	520,25	1130,15	7	6	6	6	6	6	2634,4
Bugalagrande	248	181	248	2	2	2	2	2	2	689
Caicedonia	0	68	180	1	1	1	1	1	1	254
Cali	40988,755	27302,359	45859,191	143	144	146	146	151	139	115019,305
Calima	653	406	203	2	2	2	2	2	2	1274
Candelaria	2014,8	1351	2105,713	7	6	7	7	7	7	5512,513
Cartago	3696	2818,835	1780	7	7	7	11	16	7	8349,835
Dagua	1157,078	789	1667	7	7	7	7	8	7	3656,078
Dosquebradas	0	203	0	0	1	1	1	0	1	207
El Águila	293	428	270	2	2	1	1	2	2	1001
El Cairo	677	248	248	5	3	3	3	4	5	1196
El Cerrito	1014	720	990	4	4	4	4	4	4	2748
El Dovio	743	495	653	1	1	1	1	1	1	1897
Florida	1689	1262	1936	4	4	4	4	4	4	4911
Ginebra	563	338	630	2	2	2	2	2	2	1543
Guacarí	362,688	69,215	294,53	1	1	0	1	1	1	731,433
Jamundí	18,068	506,081	903,938	2	2	2	3	4	2	1443,087
La Unión	878	563	945	2	2	2	2	2	1	2397

DEMANDA DE BIENESTARINA® POR MUNICIPIOS AÑO 2012 (KILOGRAMOS)										
MUNICIPIO	FEBRERO- MARZO	MARZO- ABRIL	ABRIL-MAYO Y JUNIO	MAYO- JULIO	JULIO- AGOSTO	AGOSTO- SEPTIEMBRE	SEPTIEMBR E-OCTUBRE	OCTUBRE- NOVIEMBRE	NOVIEMBRE -DICIEMBRE	TOTAL
La Victoria	541	347,293	270	3	4	3	4	5	3	1180,293
Obando	518	474	473	2	3	2	4	4	2	1482
Palmira	995,488	344,851	2372,641	9	9	10	9	9	9	3767,98
Pereira	4780,66	0	0	0	1	0	1	0	0	4782,66
Pradera	1216	765	1306	4	4	4	4	4	4	3311
Restrepo	541	361	158	1	1	1	1	1	1	1066
Riofrío	90	23	180	1	1	1	1	1	1	299
Roldanillo	4,545	271,98	656,443	2	2	1	2	2	2	943,968
San Pedro	698	428	158	1	1	1	1	1	1	1290
Sevilla	229,523	72,06	541	4	3	3	3	4	4	863,583
Toro	540	360	563	1	1	1	1	1	1	1469
Trujillo	135	91	158	2	2	2	2	2	2	396
Tuluá	550,743	256,345	1111,953	13	15	13	13	12	12	1997,041
Ulloa	113	225	113	1	1	1	2	3	1	460
Versalles	360	225	360	1	1	1	1	1	1	951
Yotoco	540	338	0	0	0	0	0	0	0	878
Yumbo	4482	2477	3101,478	14	15	16	16	12	13	10146,478
Zarzal	180	68	405	1	1	1	1	1	1	659
***pendiente por definir	0	0	1987,458	0	0	0	0	0	0	1987,458
Total general	89526,186	58141,662	90984,611	327	324	323	334	348	319	240627,459

**Fuente:** Cuadro elaborado a partir de: INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR. Distribución Bienestarina® - programas regulares: regional Valle del Cauca [en línea]. Bogotá: ICBF, 2014. [consultado el 13 de enero de 2015]. Disponible en internet: <http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/Bienestar/Bienestarina/R-Valle>

**Cuadro 7. Histórico de demanda departamental del Valle del Cauca 2013**

<b>DEMANDA DE BIENESTARINA® POR MUNICIPIOS AÑO 2013 (KILOGRAMOS)</b>											
<b>MUNICIPIO</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>	<b>TOTAL</b>
Alcalá	562,50	315,00	157,50	585,00	112,50	180,00	405,00	225,00	180,00	562,50	<b>3.285,00</b>
Andalucía	-	45,00	-	135,00	-	-	67,50	112,50	-	-	<b>360,00</b>
Ansermanuevo	-	1.170,00	360,00	1.237,50	315,00	517,50	517,50	337,50	427,50	607,50	<b>5.490,00</b>
Argelia	270,00	405,00	270,00	270,00	247,50	337,50	360,00	112,50	360,00	495,00	<b>3.127,50</b>
Bolívar	225,00	67,50	67,50	135,00	-	180,00	202,50	112,50	157,50	112,50	<b>1.260,00</b>
Buenaventura	15.435,00	20.857,50	10.665,00	18.180,00	11.632,50	21.915,00	26.010,00	10.665,00	16.897,50	24.315,00	<b>176.572,50</b>
Buga	-	2.655,00	247,50	945,00	315,00	472,50	585,00	495,00	360,00	1.237,50	<b>7.312,50</b>
Bugalagrande	-	315,00	135,00	270,00	45,00	-	225,00	112,50	112,50	180,00	<b>1.395,00</b>
Caicedonia	-	1.462,50	1.642,50	157,50	22,50	2.947,50	6.525,00	125,00	-	2.970,00	<b>15.852,50</b>
Cali	17.055,00	72.867,50	40.837,50	77.120,50	43.019,00	60.480,00	71.660,00	30.982,55	42.367,50	69.402,50	<b>525.792,05</b>
Calima	-	90,00	-	270,00	-	-	112,50	225,00	-	157,50	<b>855,00</b>
Candelaria	7.065,00	-	13.635,00	21.802,50	14.130,00	7.312,50	3.082,50	15.187,50	11.092,50	22.522,50	<b>115.830,00</b>
Cartago	-	4.680,00	4.207,50	3.375,00	2.880,00	3.285,00	3.465,00	2.587,50	3.015,00	5.490,00	<b>32.985,00</b>
Dagua	562,50	1.395,00	697,50	1.305,00	652,50	922,50	710,00	562,50	540,00	1.102,50	<b>8.450,00</b>
Dosquebradas	3.172,50	1.192,50	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>4.365,00</b>
El Águila	270,00	292,50	157,50	135,00	112,50	202,50	225,00	112,50	157,50	270,00	<b>1.935,00</b>
El Cairo	360,00	270,00	90,00	270,00	67,50	247,50	180,00	225,00	112,50	292,50	<b>2.115,00</b>
El Cerrito	-	697,50	112,50	585,00	247,50	427,50	382,50	337,50	202,50	697,50	<b>3.690,00</b>
El Dovio	495,00	202,50	147,50	270,00	-	472,50	517,50	225,00	472,50	517,50	<b>3.320,00</b>
Florida	360,00	1.192,50	585,00	1.080,00	832,50	1.147,50	1.080,00	855,00	787,50	1.417,50	<b>9.337,50</b>
Ginebra	-	427,50	135,00	305,00	247,50	337,50	315,00	112,50	315,00	562,50	<b>2.757,50</b>
Guacarí	-	45,00	-	157,50	-	-	180,00	112,50	-	202,50	<b>697,50</b>
Jamundí	315,00	2.857,50	607,50	2.520,00	5.265,00	1.440,00	2.070,00	1.800,00	360,00	225,00	<b>17.460,00</b>
La Cumbre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



<b>DEMANDA DE BIENESTARINA® POR MUNICIPIOS AÑO 2013 (KILOGRAMOS)</b>											
<b>MUNICIPIO</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>	<b>TOTAL</b>
La Unión	-	765,00	585,00	405,00	-	562,50	585,00	225,00	562,50	810,00	<b>4.500,00</b>
La Victoria	540,00	517,50	337,50	450,00	270,00	405,00	270,00	225,00	292,50	540,00	<b>3.847,50</b>
Obando	382,50	427,50	427,50	562,50	135,00	247,50	315,00	157,50	270,00	652,50	<b>3.577,50</b>
Palmira	13.747,50	6.570,00	17.550,00	8.977,50	6.435,00	8.032,50	9.832,50	1.642,50	6.255,00	12.037,50	<b>91.080,00</b>
Pradera	-	902,50	450,00	742,50	945,00	922,50	1.080,00	450,00	990,00	1.485,00	<b>7.967,50</b>
Restrepo	-	135,00	112,50	135,00	112,50	112,50	90,00	112,50	67,50	225,00	<b>1.102,50</b>
Riofrio	-	67,50	22,50	135,00	22,50	-	45,00	112,50	-	-	<b>405,00</b>
Roldanillo	1.597,50	3.262,50	7.290,00	4.162,50	-	2.970,00	2.452,50	2.610,00	-	5.197,50	<b>29.542,50</b>
San Pedro	-	67,50	-	135,00	-	-	112,50	112,50	-	112,50	<b>540,00</b>
Sevilla	-	3.262,50	337,50	2.395,00	67,50	-	-	225,00	-	225,00	<b>6.512,50</b>
Toro	-	495,00	360,00	202,50	-	360,00	382,50	135,00	382,50	517,50	<b>2.835,00</b>
Trujillo	-	96,50	-	405,00	-	-	112,50	225,00	22,50	-	<b>861,50</b>
Tuluá	-	7.042,50	3.622,50	5.085,00	540,00	4.895,00	5.625,00	3.037,50	5.040,00	7.515,00	<b>42.402,50</b>
Ulloa	202,50	90,00	-	135,00	45,00	112,50	-	-	67,50	112,50	<b>765,00</b>
Versalles	-	337,50	270,00	180,00	-	225,00	202,50	112,50	202,50	292,50	<b>1.822,50</b>
Yotoco	-	22,50	-	135,00	-	-	-	-	-	-	<b>157,50</b>
Yumbo	10.822,50	3.555,00	20.115,00	15.582,50	1.867,50	2.272,50	15.232,50	16.582,50	7.720,00	7.402,50	<b>101.152,50</b>
Zarzal	-	135,00	90,00	337,50	-	112,50	22,50	112,50	67,50	360,00	<b>1.237,50</b>
<b>TOTAL</b>	<b>73.440,00</b>	<b>141.254,00</b>	<b>126.327,50</b>	<b>171.273,00</b>	<b>90.584,00</b>	<b>124.055,00</b>	<b>155.237,50</b>	<b>91.700,05</b>	<b>99.857,50</b>	<b>170.825,00</b>	<b>1.244.553,55</b>

**Fuente:** Cuadro elaborado a partir de: INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR. Distribución Bienestarina® - programas regulares: regional Valle del Cauca [en línea]. Bogotá: ICBF, 2014. [consultado el 13 de enero de 2015]. Disponible en internet: <http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/Bienestar/Bienestarina/R-Valle>

**Cuadro 8. Histórico de demanda departamental del Valle del Cauca 2014**

<b>DEMANDA DE BIENESTARINA® POR MUNICIPIOS AÑO 2014 (KILOGRAMOS)</b>												
<b>MUNICIPIO</b>	<b>ENERO- FEBRERO</b>	<b>FEBRERO -MARZO</b>	<b>MARZO- ABRIL</b>	<b>ABRIL- MAYO</b>	<b>MAYO- JUNIO</b>	<b>JUNIO- JULIO</b>	<b>JULIO- AGOSTO</b>	<b>AGOSTO- SEPTIEMBRE</b>	<b>SEPTIEMBRE -OCTUBRE</b>	<b>OCTUBRE- NOVIEMBRE</b>	<b>NOVIEMBRE -DICIEMBRE</b>	<b>TOTAL</b>
Alcalá	0	247,5	157,5	135	45	22,5	22,5	45	45	90	22,5	<b>832,5</b>
Ansermanuevo	0	810	585	225	517,5	180	562,5	157,5	562,5	180	472,5	<b>4252,5</b>
Argelia	0	405	315	67,5	292,5	90	292,5	67,5	315	90	225	<b>2160</b>
Bolívar	180	90	157,5	45	562,5	202,5	562,5	225	675	270	877,5	<b>3847,5</b>
Buenaventura	1552,5	29047,5	20407,5	26235	25380	19732,5	20452,5	16492,5	20002,5	17055	17662,5	<b>214020</b>
Buga	1035	0	292,5	855	180	157,5	315	225	180	630	67,5	<b>3937,5</b>
Bugalagrande	0	157,5	112,5	45	135	22,5	112,5	45	112,5	22,5	90	<b>855</b>
Caicedonia	0	90	45	157,5	45	22,5	22,5	45	45	157,5	22,5	<b>652,5</b>
Cali	57015	30577,5	56475	50220	90787,5	62662,5	63472,5	26640	79515	56385	91080	<b>664830</b>
Calima	157,5	0	90	112,5	45	22,5	45	45	45	112,5	22,5	<b>697,5</b>
Candelaria	0	7335	6232,5	10642,5	13027,5	5332,5	2745	8302,5	17145	7110	1192,5	<b>79065</b>
Cartago	0	6817,5	5152,5	6682,5	6547,5	1957,5	4432,5	2092,5	3870	3217,5	4387,5	<b>45157,5</b>
Dagua	1260	0	810	607,5	652,5	270	787,5	315	697,5	540	810	<b>6750</b>
El Águila	0	270	225	67,5	202,5	67,5	202,5	67,5	225	67,5	180	<b>1575</b>
El Cairo	0	315	157,5	157,5	135	67,5	247,5	67,5	135	157,5	112,5	<b>1552,5</b>
El Cerrito	0	472,5	630	675	450	225	787,5	135	472,5	675	562,5	<b>5085</b>
El Dovio	630	90	562,5	292,5	517,5	202,5	517,5	270	630	270	270	<b>4252,5</b>
Florida	0	1395	1080	855	1080	540	1215	607,5	1215	832,5	1102,5	<b>9922,5</b>
Ginebra	0	247,5	225	450	225	157,5	337,5	180	270	405	180	<b>2677,5</b>
Guacarí	0	0	0	202,5	0	0	0	0	0	0	0	<b>202,5</b>
Jamundí	315	1710	1665	2587,5	1192,5	1012,5	675	9045	14040	7987,5	1350	<b>41580</b>
La Unión	765	0	562,5	382,5	585	270	630	225	652,5	382,5	652,5	<b>5107,5</b>
La Victoria	0	540	360	315	382,5	180	315	180	337,5	315	292,5	<b>3217,5</b>

<b>DEMANDA DE BIENESTARINA® POR MUNICIPIOS AÑO 2014 (KILOGRAMOS)</b>												
<b>MUNICIPIO</b>	<b>ENERO-FEBRERO</b>	<b>FEBRERO-MARZO</b>	<b>MARZO-ABRIL</b>	<b>ABRIL-MAYO</b>	<b>MAYO-JUNIO</b>	<b>JUNIO-JULIO</b>	<b>JULIO-AGOSTO</b>	<b>AGOSTO-SEPTIEMBRE</b>	<b>SEPTIEMBRE-OCTUBRE</b>	<b>OCTUBRE-NOVIEMBRE</b>	<b>NOVIEMBRE-DICIEMBRE</b>	<b>TOTAL</b>
Obando	0	607,5	225	427,5	202,5	225	337,5	225	247,5	427,5	180	<b>3105</b>
Palmira	0	2632,5	2722,5	6547,5	3982,5	2430	1890	6682,5	10440	7177,5	2137,5	<b>46642,5</b>
Pradera	0	945	742,5	652,5	135	90	157,5	90	157,5	270	112,5	<b>3352,5</b>
Restrepo	202,5	0	135	135	45	22,5	45	45	45	112,5	22,5	<b>810</b>
Riofrio	0	0	45	135	22,5	45	22,5	45	45	135	0	<b>495</b>
Roldanillo	3667,5	2385	4635	3915	1080	945	0	2700	2070	2205	0	<b>23602,5</b>
San Pedro	157,5	0	22,5	135	0	0	0	0	0	0	0	<b>315</b>
Sevilla	0	4950	3487,5	1890	3060	1507,5	3307,5	1305	3465	1710	3622,5	<b>28305</b>
Toro	540	0	360	225	427,5	202,5	427,5	180	450	225	495	<b>3532,5</b>
Trujillo	0	90	67,5	112,5	112,5	45	45	67,5	67,5	90	67,5	<b>765</b>
Tuluá	0	6232,5	7087,5	4657,5	6772,5	3510	7807,5	3397,5	7290	4050	7065	<b>57870</b>
Ulloa	0	90	45	22,5	0	0	0	0	0	0	0	<b>157,5</b>
Versalles	315	0	202,5	135	270	112,5	270	67,5	270	157,5	337,5	<b>2137,5</b>
Yotoco	67,5	0	22,5	45	22,5	0	67,5	0	22,5	45	0	<b>292,5</b>
Yumbo	56407,5	57645	53910	54360	51570	50557,5	3172,5	50940	13860	49995	2722,5	<b>445140</b>
Zarzal	180	0	67,5	315	1822,5	900	2115	832,5	2340	1395	2182,5	<b>12150</b>
<b>TOTAL</b>	<b>124447,5</b>	<b>156195</b>	<b>170077,5</b>	<b>175725</b>	<b>212512,5</b>	<b>153990</b>	<b>118417,5</b>	<b>132052,5</b>	<b>181957,5</b>	<b>164947,5</b>	<b>140580</b>	<b>1730902,5</b>

**Fuente:** Cuadro elaborado a partir de: INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR. Distribución Bienestarina® - programas regulares: regional Valle del Cauca [en línea]. Bogotá: ICBF, 2014. [consultado el 13 de enero de 2015]. Disponible en internet: <http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/Bienestar/Bienestarina/R-Valle>

**Cuadro 9. Histórico de demanda departamental del Valle del Cauca 2015**

DEMANDA DE BIENESTARINA® POR MUNICIPIOS AÑO 2015 (KILOGRAMOS)					
MUNICIPIOS	ENERO-ENERO	FEBRERO - FEBRERO Y MARZO	MARZO-ABRIL	ABRIL-MAYO	TOTAL
Alcalá	22,5	45	2	90	<b>159,5</b>
Ansermanuevo	517,5	202,5	1	135	<b>856</b>
Argelia	247,5	112,5	2	90	<b>452</b>
Bolivar	360	360	2	202,5	<b>924,5</b>
Buenaventura	16537,5	10080	24	16222,5	<b>42864</b>
Buga	180	450	5	382,5	<b>1017,5</b>
Bugalagrande	247,5	112,5	3	45	<b>408</b>
Caicedonia	22,5	90	1	112,5	<b>226</b>
Cali	49432,5	43830	148	42075	<b>135485,5</b>
Calima	0	67,5	1	90	<b>158,5</b>
Candelaria	5445	10102,5	4	39870	<b>55421,5</b>
Cartago	3442,5	4680	20	3712,5	<b>11855</b>
Dagua	675	315	6	517,5	<b>1513,5</b>
El Águila	180	67,5	1	45	<b>293,5</b>
El Cairo	225	112,5	2	202,5	<b>542</b>
El Cerrito	720	450	4	832,5	<b>2006,5</b>
El Dovio	382,5	270	1	292,5	<b>946</b>
Florida	742,5	585	5	472,5	<b>1805</b>
Ginebra	270	405	3	427,5	<b>1105,5</b>

DEMANDA DE BIENESTARINA® POR MUNICIPIOS AÑO 2015 (KILOGRAMOS)					
MUNICIPIOS	ENERO-ENERO	FEBRERO - FEBRERO Y MARZO	MARZO-ABRIL	ABRIL-MAYO	TOTAL
Guacarí	90	135	1	45	<b>271</b>
Jamundí	405	652,5	6	562,5	<b>1626</b>
La Unión	495	405	1	360	<b>1261</b>
La Victoria	292,5	247,5	2	315	<b>857</b>
Obando	135	337,5	2	427,5	<b>902</b>
Palmira	990	1755	11	2340	<b>5096</b>
Pradera	135	135	1	247,5	<b>518,5</b>
Restrepo	22,5	45	1	112,5	<b>181</b>
Riofrio	22,5	67,5	1	135	<b>226</b>
Sevilla	2520	2632,5	3	427,5	<b>5583</b>
Toro	337,5	292,5	1	225	<b>856</b>
Trujillo	90	67,5	3	45	<b>205,5</b>
Tulua	4680	5332,5	13	3847,5	<b>13873</b>
Versalles	180	225	1	135	<b>541</b>
Yotoco	45	67,5	1	0	<b>113,5</b>
Yumbo	2272,5	2025	15	1665	<b>5977,5</b>
Zarzal	1507,5	1575	1	1372,5	<b>4456</b>
<b>TOTAL</b>	<b>93870</b>	<b>88335</b>	<b>299</b>	<b>118080</b>	<b>300584</b>

**Fuente:** Cuadro elaborado a partir de: INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR. Distribución Bienestarina® - programas regulares: regional Valle del Cauca [en línea]. Bogotá: ICBF, 2014. [consultado el 13 de enero de 2015]. Disponible en internet: <http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/Bienestar/Bienestarina/R-Valle>

## 6 METODOLOGIA

Al tratarse de un proyecto de investigación que busca un resolver un problema del entorno regional con componente social y que integra distintas áreas del conocimiento relacionadas con la logística, éste se divide en aspectos cualitativos y cuantitativos de igual importancia. Esto determina la metodología a seguir. Para la fase cualitativa, se integra el reconocimiento del funcionamiento de la distribución y el acopio del producto alimenticio de primera necesidad con los métodos identificados y establecidos desde la academia para éstos fines. En esta fase de hará una exploración in situ en las vías del Valle del Cauca y se aplicarán herramientas propias del método explorativo como las entrevistas a transportadores y gerentes de almacenes. Subsecuentemente, la fase cuantitativa lleva a cabo la aplicación de técnicas de medición en aspectos como el número y capacidad de los vehículos de transporte de carga, la distancia entre los almacenes y los destinos de distribución y los costos totales del ejercicio. Además, se integra la información recolectada en un modelo matemático que permite representar, simular, y con ello, predecir y proponer un nuevo modelo de distribución y acopio del producto alimenticio de primera necesidad en el Valle del Cauca.

Las etapas de desarrollo son:

1. Reconocimiento del objeto de estudio, asignación de responsabilidades entre los participantes del proyecto y revisión bibliográfica del estado del arte.
2. Recolección de información in situ del objeto de estudio. Organización y análisis de la información. Abstracción y acercamiento al diseño de modelos matemáticos.
3. Aproximación a la propuesta del nuevo sistema de acopio y distribución del producto perecedero. Realización de pruebas en el modelo establecido y ajustes.
4. Validación de la propuesta.
5. Acercamiento de resultados a los interesados y redacción del informe final del proyecto de investigación.

## 7 MODELO CONCEPTUAL DE LOGÍSTICA Y DISTRIBUCIÓN. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

### 7.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS VÍAS DEL VALLE DEL CAUCA

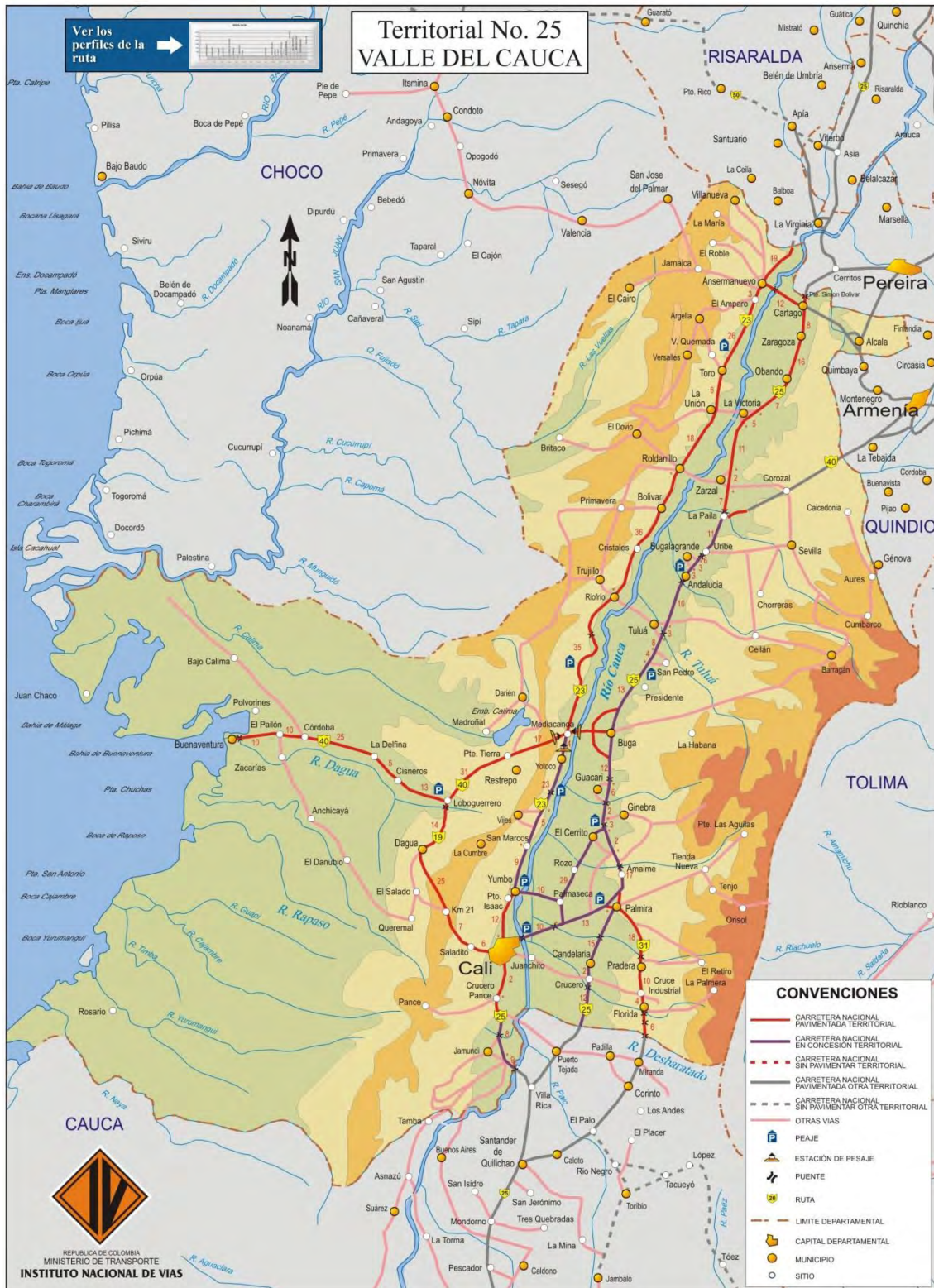
A continuación se caracterizan las rutas del Valle del Cauca que permiten el acceso a los diferentes municipios en los que se distribuye el producto. Para ello se hace un primer acercamiento al Valle del Cauca y sus 42 municipios en la Figura 5, luego se usa la figura 6 para mostrar las principales vías que atraviesan el departamento y por último, se hace uso de un cuadro resumen de las características de dichos municipios en cuanto a altimetría y población (cuadro 11). Los detalles de cada ruta se encuentran en el anexo B.

Figura 6. Mapa del Valle del Cauca con sus municipios



Fuente: Mapa mundo del Valle del Cauca [en línea]. ZONU.COM. [Consultado el 13 de enero de 2015]. Disponible en internet: <<http://www.zonu.com/detail/2011-08-21-14416/Mapa-mudo-del-Valle-del-Cauca.html>>

Figura 7. Mapa vial del Valle del Cauca.



Fuente: Mapa de carreteras del Valle del Cauca [en línea] ZONU.COM.  
 [Consultado el 13 de enero de 2015]. Disponible en internet:  
 <<http://www.zonu.com/America-del-Sur/Colombia/Valle-del-Cauca/Carreteras.html>>

**Cuadro 10. Resumen de características de los municipios del Valle del Cauca, Pereira y Dosquebradas**

Municipio	Altimetría [Metros Sobre el Nivel del Mar]	Población (año) [habitantes]	Puntos de entrega de Bienestarina® por municipio al 2015	Fuente
Alcalá	1.290	21.364 (2014)	2	<a href="http://www.alcala-valle.gov.co/index.shtml">http://www.alcala-valle.gov.co/index.shtml</a>
Andalucía	995	18.100 (2009)	1	<a href="http://www.andalucia-valle.gov.co/index.shtml">http://www.andalucia-valle.gov.co/index.shtml</a>
Ansermanuevo	1.035	20.714 (2007)	1	<a href="http://www.ansermanuevo-valle.gov.co/index.shtml">http://www.ansermanuevo-valle.gov.co/index.shtml</a>
Argelia	1.560	6.493 (2013)	2	<a href="http://www.argelia-valle.gov.co/index.shtml">http://www.argelia-valle.gov.co/index.shtml</a>
Bolívar	978	13.480 (2015)	2	<a href="http://www.bolivar-valle.gov.co/index.shtml">http://www.bolivar-valle.gov.co/index.shtml</a>
Buenaventura	7	271.401 (2006)	24	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/buenaventura_pub+&amp;cd=3&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co">www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/buenaventura_pub+&amp;cd=3&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co</a>
Buga	969	115.946 (2011)	5	<a href="http://www.guadalajaradebuga-valle.gov.co/index.shtml">http://www.guadalajaradebuga-valle.gov.co/index.shtml</a>
Bugalagrande	950	18000 (2010)	3	<a href="http://www.bugalagrande-valle.gov.co/index.shtml">http://www.bugalagrande-valle.gov.co/index.shtml</a>
Caicedonia	1.100	30.132 (2012)	1	<a href="http://www.caicedonia-valle.gov.co/index.shtml">http://www.caicedonia-valle.gov.co/index.shtml</a>
Cali	995	2.264.256 (2006)	151	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones.php?id=35">http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones.php?id=35</a>
Calima	1.485	18.127	1	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones.php?id=22">http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones.php?id=22</a>
Candelaria	973	68.555 (2008)	4	<a href="http://www.candelaria-valle.gov.co/index.shtml">http://www.candelaria-valle.gov.co/index.shtml</a>
Cartago	917	135.365 (2006)	19	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/cartago_pub">http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/cartago_pub</a>
Dagua	828	41.752 (2014)	6	<a href="http://www.dagua-valle.gov.co/indicadores_anuales.shtml?apc=bexx-1-&amp;x=2983894#poblacion">http://www.dagua-valle.gov.co/indicadores_anuales.shtml?apc=bexx-1-&amp;x=2983894#poblacion</a>
Dosquebradas	1.400	185.209 (2008)	57	<a href="http://www.dosquebradas.gov.co/index.php?option=com_content&amp;view=category&amp;layout=blog&amp;id=29&amp;Itemid=214">http://www.dosquebradas.gov.co/index.php?option=com_content&amp;view=category&amp;layout=blog&amp;id=29&amp;Itemid=214</a>
El Águila	1.800	10.903 (2006)	1	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones.php?id=8">http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones.php?id=8</a>
El Cairo	1.850	8.763 (2006)	2	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones.php?id=9">http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones.php?id=9</a>
El Cerrito	987	61.424 (2006)	4	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/el_cerrito_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co">www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/el_cerrito_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co</a>
El Dovio	1.434	13.472 (2011)	1	<a href="http://www.eldovio-valle.gov.co/index.shtml">http://www.eldovio-valle.gov.co/index.shtml</a>
Florida	1.038	61.521 (2006)	5	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/florida_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co">www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/florida_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co</a>
Guacarí	900	1.000 (2008)	3	<a href="http://www.guacari-valle.gov.co/index.shtml">http://www.guacari-valle.gov.co/index.shtml</a>
Ginebra	1.100	20.270 (2006)	1	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/ginebra_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co">www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/ginebra_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co</a>



Municipio	Altimetría [Metros Sobre el Nivel del Mar]	Población (año) [habitantes]	Puntos de entrega de Bienestarina® por municipio al 2015	Fuente
Jamundí	975	62.846 (2006)	7	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/jamundi_pub+&amp;cd=2&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co">www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/jamundi_pub+&amp;cd=2&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co</a>
La Cumbre	1.591	17.055 (2007)	0	<a href="http://www.lacumbre-valle.gov.co/informacion_general.shtml">http://www.lacumbre-valle.gov.co/informacion_general.shtml</a>
La Unión	975	32.698 (2008)	1	<a href="http://www.launion-valle.gov.co/index.shtml">http://www.launion-valle.gov.co/index.shtml</a>
La Victoria	915	15.745 (2006)	2	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/la_victoria_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co">www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/la_victoria_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co</a>
Obando	917	14.491 (2011)	2	<a href="http://www.obando-valle.gov.co/index.shtml">http://www.obando-valle.gov.co/index.shtml</a>
Palmira	1.001	283.431 (2006)	12	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/palmira_pub+&amp;cd=2&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co">www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/palmira_pub+&amp;cd=2&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co</a>
Pereira	1.411	448.971 (2012)	139	<a href="http://www.colombiaturismoweb.com/DEPARTAMENTOS/RISARALDA/MUNICIPIOS/PEREIRA/PEREIRA.htm">http://www.colombiaturismoweb.com/DEPARTAMENTOS/RISARALDA/MUNICIPIOS/PEREIRA/PEREIRA.htm</a>
Pradera	1.057	49.888 (2006)	1	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/pradera_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co">www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/pradera_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co</a>
Restrepo	1.400	17.499 (2006)	1	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/restrepo_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co">www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/restrepo_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co</a>
Riofrío	909	22.588 (2006)	1	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/riofrio_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co">www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/riofrio_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co</a>
Roldanillo	966	33.724 (2010)	0	<a href="http://roldanillo-valle.gov.co/index.shtml">http://roldanillo-valle.gov.co/index.shtml</a>
San Pedro	980	14.754 (2006)	0	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/san_pedro_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co">www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/san_pedro_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co</a>
Sevilla	1.612	46.240 (2011)	4	<a href="http://www.sevilla-valle.gov.co/index.shtml">http://www.sevilla-valle.gov.co/index.shtml</a>
Toro	950	19.076 (2006)	1	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/toro_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co">www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/toro_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co</a>
Trujillo	1.260	13.894 (2008)	3	<a href="http://www.trujillo-valle.gov.co/index.shtml">http://www.trujillo-valle.gov.co/index.shtml</a>
Tuluá	960	199.244 (2010)	13	<a href="http://www.tulua.gov.co/informacion_general.shtml">http://www.tulua.gov.co/informacion_general.shtml</a>
Ulloa	1.350	5.646 (2012)	0	<a href="http://www.ulloa-valle.gov.co/index.shtml">http://www.ulloa-valle.gov.co/index.shtml</a>
Versalles	1.864	7.635 (2011)	1	<a href="http://www.versalles-valle.gov.co/index.shtml">http://www.versalles-valle.gov.co/index.shtml</a>
Vijes	987	7.805 (2006)	0	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/vijes_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co">www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/vijes_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co</a>
Yotoco	972	16.959 (2006)	1	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/yotoco_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co">www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/yotoco_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co</a>
Yumbo	1.000	77.369 (2006)	15	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/yumbo_pub+&amp;cd=2&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co">www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/yumbo_pub+&amp;cd=2&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co</a>
Zarzal	916	39.287 (2006)	1	<a href="http://www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/zarzal_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co">www.valledelcauca.gov.co/publicaciones/zarzal_pub+&amp;cd=1&amp;hl=es&amp;ct=clnk&amp;gl=co</a>

Fuente: Elaboración propia

En la Ruta Cartago-Ansermanuevo, el estado de la vía de 25,5 km de longitud es regular debido a que la vía no presenta doble calzada, el pavimento de la vía es asfáltico que se encuentra en mal estado, y algunas zonas de la vía no están señalizadas, también hay un puente debajo del cual pasa el río Cauca. A través de esta vía transitan vehículos de diferentes tipos: de carga pesada, de carga liviana, microbuses, buses, busetas, carros particulares, motocicletas y bicicletas.

En la ruta Ansermanuevo-Restrepo se encuentran dos vías nacionales: la ruta nacional 23 o vía panorama, que va desde el municipio de Ansermanuevo hasta el municipio de Yotoco, y la ruta nacional 40, que recorre la vía desde Yotoco hasta Restrepo.

En general, el pavimento de las vías tiene una superficie uniforme, impermeable, con color y textura conformes con los requerimientos de la zona y resistencia a la repetición de cargas. El resumen del estado de la vía se encuentra en el Anexo B.

La vía Cartago-Guacarí tiene una longitud de 126 Km recorridos a través de la ruta nacional 25, también llamada Troncal de Occidente o Vía Panamericana.

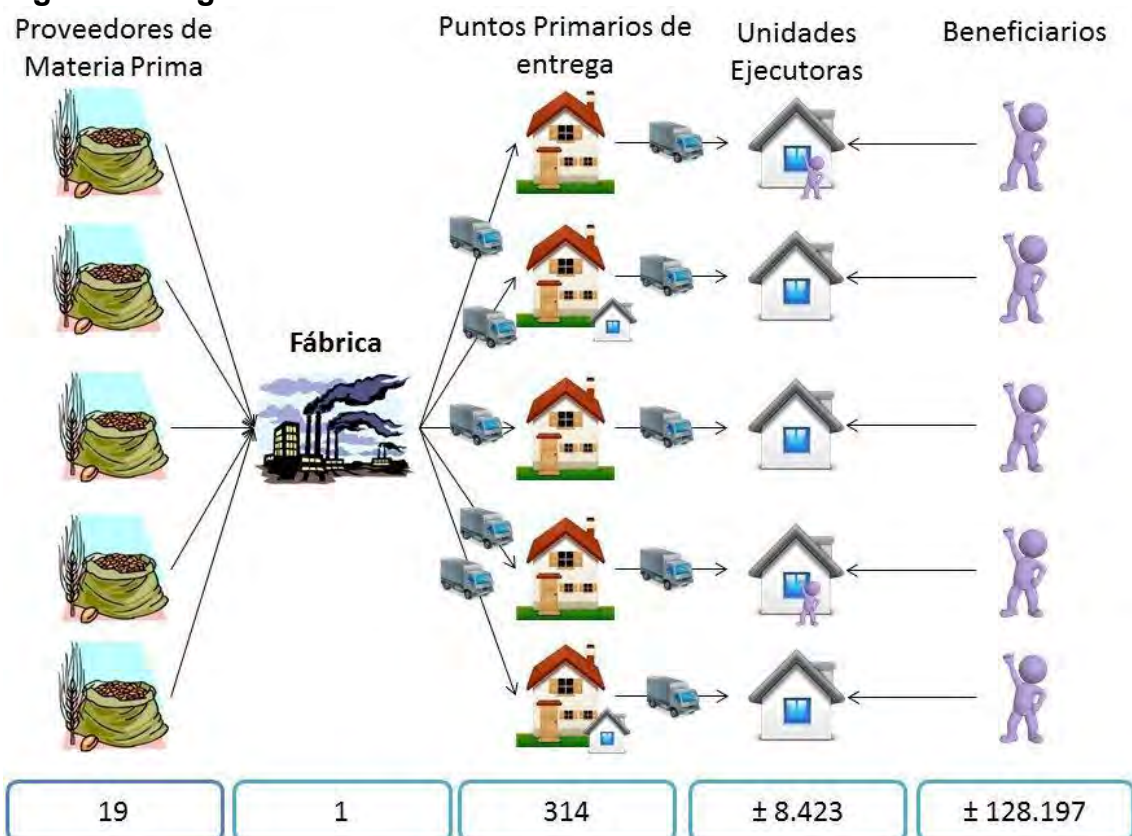
## 8 CARACTERIZACIÓN DE LA OPERACIÓN LOGÍSTICA

Dentro de los objetivos del proyecto de investigación se establece la necesidad de hacer partícipe del mismo a la empresa Ingredion de Colombia S.A., la cual produce y distribuye el producto de primera necesidad en el departamento del Valle de Cauca. Siendo el punto de partida para lograr el entendimiento de la cadena de suministro y las operaciones logísticas que se llevan a cabo, es fundamental recolectar y analizar la información que la empresa pueda proporcionar. Para ello se estableció una reunión con empleados de la empresa para lograr este cometido.

El día 27 de marzo de 2015 se presentaron en reunión uno de los estudiantes realizadores de este proyecto de investigación junto con la directora del mismo en las oficinas de Ingredion de Colombia S.A. Cali, el Ingeniero Pablo Germán Parra, Subgerente Económico de la ANDI-Valle del Cauca, la Ingeniera Claudia Hincapié, Gerente de Logística de Ingredion de Colombia S.A, y dos funcionarios más de la empresa Ingredion. En dicha reunión se expusieron los objetivos planteados, el estado del proyecto y se obtuvo información del producto y su proceso logístico.

La Bienestarina® se empaca en bolsas de 900 gramos para su consumo final y en bultos de 22.5 kilogramos para su transporte entre los distintos nodos que componen la cadena de abastecimiento desde la salida del producto de la planta de producción Ingredion en el municipio de Cartago. Según Ingredion, la entrega del producto se cumple en un 100% hasta los puntos de entrega (ver Figura 8). Sin embargo, resulta difícil asegurar que el producto se entrega a los usuarios finales, es decir, a los beneficiarios pertenecientes a las poblaciones vulnerables. Esto se debe a que una buena proporción de esta población vive en regiones rurales aisladas o concentraciones urbanas de difícil acceso, zonas rojas o que no tienen una residencia fija, y no existe la infraestructura documental o tecnológica para llevar el control de las entregas del producto, ni un censo actualizado en estas regiones, ya que el último censo realizado fue en el año 2005.

**Figura 8. Diagrama de la cadena de suministro de la Bienestarina®**



**Fuente:** Elaboración propia

La conformación de la cadena de abastecimiento del producto, como se muestra en la figura 8 viene dado por la información adquirida a través de una entrevista a una funcionaria del ICBF del centro zonal Cartago. Inicia con los 19 proveedores de Ingredion, los cuales entregan la mercancía a la planta de Cartago. Desde aquí la red se expande y comprende distintos nodos, los cuales hacen parte de los programas del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, de este modo:

La planta de producción de Ingredion de Colombia S.A., ubicada en el municipio de Cartago, Valle del Cauca, es una de dos plantas en el país. La segunda se encuentra en el municipio de Sabanalarga, en el departamento del Atlántico. A excepción del Valle del Cauca, los departamentos cuentan con 21 bodegas satélites ubicadas en todo el país. Posteriormente el producto se transfiere a los Puntos de Entrega, los cuales son en su mayoría escuelas y hogares infantiles, pueden encontrarse también centros geriátricos, iglesias, estaciones de policía, resguardos indígenas ubicados en municipios y corregimientos, e incluso casas de personas que voluntariamente se ofrecen para recibir el producto y entregarlo a los beneficiarios. Las Unidades Ejecutoras son los entes encargados de repartir, preparar y servir el producto a los beneficiarios, constituyen el eslabón más específico en la cadena de

suministro antes de los más de seis millones de beneficiarios del programa. Se encargan de, como su nombre lo indica, ejecutar las modalidades de entrega del producto, entre las cuales se encuentran, según la cartilla del ICBF, los siguientes programas:

- Programa de complemento nutricional: entrega de bolsas del producto a familias con niños entre los 6 meses y los 4 años y 11 meses de edad.
- Hogares comunitarios FAMI: atención y entregas de bolsas del producto a niños los entre 6 y 24 meses de edad, así como a mujeres gestantes y lactantes durante 11 meses al año.
- Hogares comunitarios de bienestar: preparación del producto a niños entre los 6 meses y 4 años de edad. Con entregas a sus hogares en los meses de febrero, abril, mayo, junio, agosto, octubre y noviembre.
- Hogares infantiles, lactantes y preescolar: preparación del producto a niños entre los 6 meses y 4 años de edad cada día.
- Jardines sociales: preparación del producto a niños entre los 6 meses y los 4 años y 11 meses de edad. De igual manera se hace entrega de un paquete en mayo y uno en noviembre para preparar en casa.
- Centros de desarrollo infantil – CDI: preparación del producto a niños entre los 6 meses y los 4 años y 11 meses de edad. Asimismo, entrega de entre 4 y 12 paquetes del producto al año según la modalidad.
- Atención a niños hasta los 3 años en establecimientos de reclusión de mujeres: preparación del producto a niños entre los 6 meses y los 3 años y 11 meses de edad. Entrega de un (1) paquete mensual de producto durante un año para madres lactantes y gestantes.
- Nutrición materno infantil: entrega de dos (2) raciones del producto por un período determinado a mujeres gestantes, madres en período de lactancia y niños entre los 6 (seis) meses y los 4 (cuatro) años y 11 (once) meses de edad.
- Recuperación nutricional: Programa que atiende a niños entre los 6 (seis) y los 59 (cincuenta y nueve) meses, a mujeres gestantes y a madres lactantes. Se brinda el producto preparado a pacientes con desnutrición en

cama en establecimientos gubernamentales y bolsas de producto para preparar en casa a pacientes en recuperación ambulatoria.

- Programa por convenios: se atiende niños en edad de 6 (seis) a 59 (cincuenta y nueve) meses de edad, escolares, mujeres gestantes, madres en período de lactancia y adultos mayores con una ración preparada en días hábiles durante la ejecución de la modalidad, así como un paquete para preparar en casa cuando se trata de mujeres gestantes y madres lactantes.

- Modalidad familia y comunidades: Se atienden familias de grupos étnicos en proyectos de seguridad alimentaria. Se entregan dos (2) paquetes de producto a una familia de 1 a 2 personas y se entregan cuatro (4) paquetes a una familia de 3 (tres) a 5 (cinco) personas, por un periodo de 11 (once) meses o según atención en cada Regional.

- Modalidad restablecimiento de derechos: se hace la atención a entre 6 (seis) y menos de 18 (dieciocho) años de edad, personas mayores de 18 (dieciocho) años de edad en condición de discapacidad durante los 12 (doce) meses del año. A las madres gestantes y lactantes se les hace entrega de un paquete del producto mensualmente.

- Modalidad responsabilidad penal adolescente: se entrega un paquete mensual a jóvenes entre los 14 (catorce) y 26 (veintiséis) años de edad.

Además, de la reunión se averiguó que los niveles de producción de la Bienestarina® están por el orden de las 2000 toneladas al mes. El control de las entregas a los puntos se realiza por medio de tecnologías GPS y iLogistics.

## 9 FORMULACIÓN DEL MODELO OPERACIONAL DE LA CADENA DE SUMINISTRO EN LA ETAPA DE DISTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO DE PRIMERA NECESIDAD

Una vez identificadas las vías del departamento del Valle del Cauca y sus características, se procede a diseñar un plan de rutas para la distribución del producto que siga las pautas establecidas en los capítulos anteriores. Dada la naturaleza teórica de esta propuesta se asume: modelo del vehículo distribuidor, tiempo de carga y descarga del producto iguales en el tiempo, regularidad en el tiempo de recorrido de las rutas y resultados obtenidos a través del *software* seleccionado para la tarea.

El *software* utilizado es Route4Me®<sup>66</sup>, una plataforma en línea para el diseño, optimización y seguimiento de rutas de todo tipo; desde reparto de mercancía hasta vendedores puerta a puerta.

**Figura 9. Fotografía del camión de 8 toneladas**



**Fuente:** CUT PRICE AUTO RENTALS. 8 tonne van side door & tonne lifter [en línea]. cutprice.com. [Consultado el 13 de enero de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.cutprice.com.au/truck-hire/moving-vans/>

### 9.1 ASPECTOS PROPUESTOS DE MODELADO

El vehículo seleccionado es un camión con capacidad de carga de 8 toneladas, dos puertas laterales y cargador de dos toneladas para subir y bajar los productos más rápidamente. La capacidad del tanque de combustibles es de 180 litros diesel. Entre otras características se encuentran el bloqueo central de las puertas, aire acondicionado, control de navegación, asistente para arranque en pendiente, caja de cambios de seis velocidades y dirección asistida. Las dimensiones del vehículo (exceptuando la cabina) se especifican en el cuadro 12.

<sup>66</sup> Route4Me. Op.Cit.

### Cuadro 11. Dimensiones de camión

Dimensiones		
Largo	Ancho	Alto
7300	2400	2400

**Fuente:** CUT PRICE AUTO RENTALS. 8 tonne van side door & tonne lifter [fotografía online]. Disponible en: <http://www.cutprice.com.au/truck-hire/moving-vans/>

## 9.2 MODELO DE LA OPERACIÓN LOGÍSTICA DEL PRODUCTO PERECEDERO A NIVEL DEPARTAMENTAL

Las rutas propuestas están organizadas en meses, teniendo en cuenta la capacidad del camión y las restricciones horarias de circulación, se ha determinado que todos los despachos comenzarán a las 6:00 am y terminarán a las 4:00 pm. Se tiene en cuenta los tiempos de descanso para los conductores en una jornada regular de 8 horas.

Ya que el programa Route4Me® arroja cuál es la ruta más corta, lo que determina el número de paradas es la demanda de cada punto.

Los municipios y sus demandas en kilogramos se organizan en grupos sectoriales, la sumatoria de las demandas en kilogramos de producto de cada grupo debe ser menor a 8000, maximizando está cantidad.

A continuación se presenta un ejemplo arrojado por el *software* para el mes de Enero de 2013.

### 9.2.1 ENERO

#### Cuadro 12. Grupo 1. Tiempo: 8 horas, 20 minutos

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CARTAGO	-
PEREIRA	-
DOSQUEBRADAS	3.172,50
ALCALÁ	562,50
ULLOA	202,50
ANSERMANUEVO	-



MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
EL ÁGUILA	270,00
OBANDO	382,50
TORO	-
ARGELIA	270,00
EL CAIRO	360,00
VERSALLES	-
LA UNION	-
LA VICTORIA	540,00
EL DOVIO	495,00
ROLDANILLO	1.597,50
<b>TOTAL</b>	<b>7.852,50</b>

Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Ruta Grupo 1 enero



Fuente: Route4Me ®[en línea] . route4me [Consultado el 13 de enero de 2015]. Disponible en internet: /www.route4me.com/?lang=es

De este modo, esta propuesta estipula una ruta para cada día. En total se tienen 85 rutas que pueden ser ejecutadas en 85 días distintos, durante un año, de acuerdo a la capacidad de la empresa, la disponibilidad del camión y el

conductor y los requerimientos de demanda del producto en los centros zonales municipales.

### 9.3 MODELO DE LA OPERACIÓN LOGÍSTICA DEL PRODUCTO PERECEDERO A URBANO

A través del *software* de ruteo RouteXL® 20, se realizó la distribución urbana del producto para una muestra de siete municipios del Valle del Cauca, que sirviera para exponer el funcionamiento del *software*.

Como se muestra a continuación, con el ejemplo del municipio de Bolívar que utiliza datos del 2015, el *software* arroja dos gráficos: (i) Muestra las indicaciones para llegar a los destinos a través de una plataforma aliada llamada Graphhopper Maps. (ii) Muestra el recorrido de la ruta y enlista con cada uno de los nodos a visitar. Todas las rutas incluyen 15 minutos para cargue y descargue en cada una de las paradas y en ninguna se especifica la velocidad del vehículo.

**Figura 11. (i) Municipio de Bolívar [1440 kg. 1h52m. 125km]**



**Fuente:** Route4Me ®[en línea] . route4me [Consultado el 13 de enero de 2015]. Disponible en internet: /www.route4me.com/?lang=es

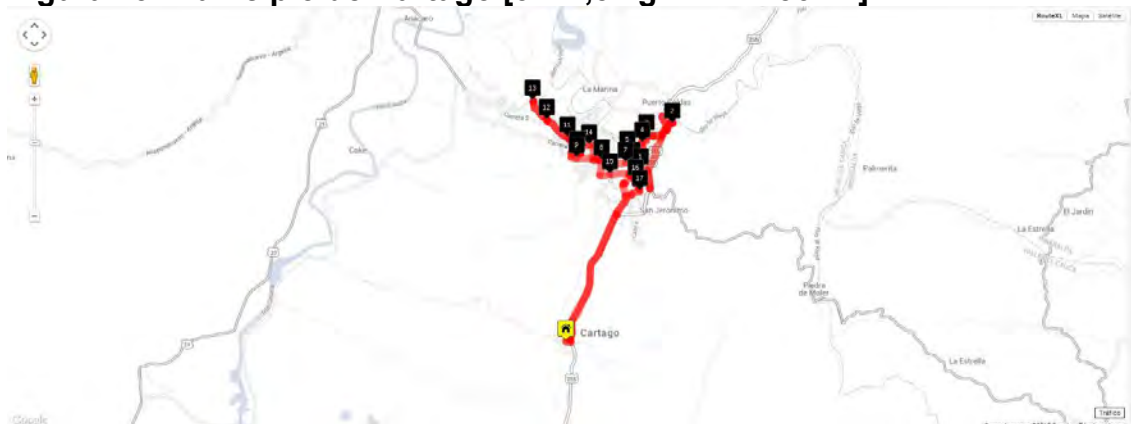
**Figura 12. (ii) Municipio de Bolívar [1440 kg. 1h52m. 125km]**



**Fuente:** Route4Me ®[en línea] . route4me [Consultado el 13 de enero de 2015].  
Disponible en internet: /www.route4me.com/?lang=es

La figura 13 muestra un ruteo para 17 puntos de entrega en ese municipio. Se especifica la duración de la ruta, los kilómetros recorridos y el peso de la carga entregada.

**Figura 13. Municipio de Cartago [3442,5 kg. 1h4m. 56km]**



**Fuente:** Route4Me ®[en línea] . route4me [Consultado el 13 de enero de 2015].  
Disponible en internet: /www.route4me.com/?lang=es

La figura 14 muestra un ruteo para 5 puntos de entrega en ese municipio. Se especifica la duración de la ruta, los kilómetros recorridos y el peso de la carga entregada.

**Figura 14. Municipio de Florida [7222,5 kg. 5h53m. 388 km]**



**Fuente:** Route4Me ®[en línea] . route4me [Consultado el 13 de enero de 2015].  
Disponibile en internet: /www.route4me.com/?lang=es

La figura 15 muestra un ruteo para 3 puntos de entrega en 3 municipios. Se especifica la duración de la ruta, los kilómetros recorridos y el peso de la carga entregada.

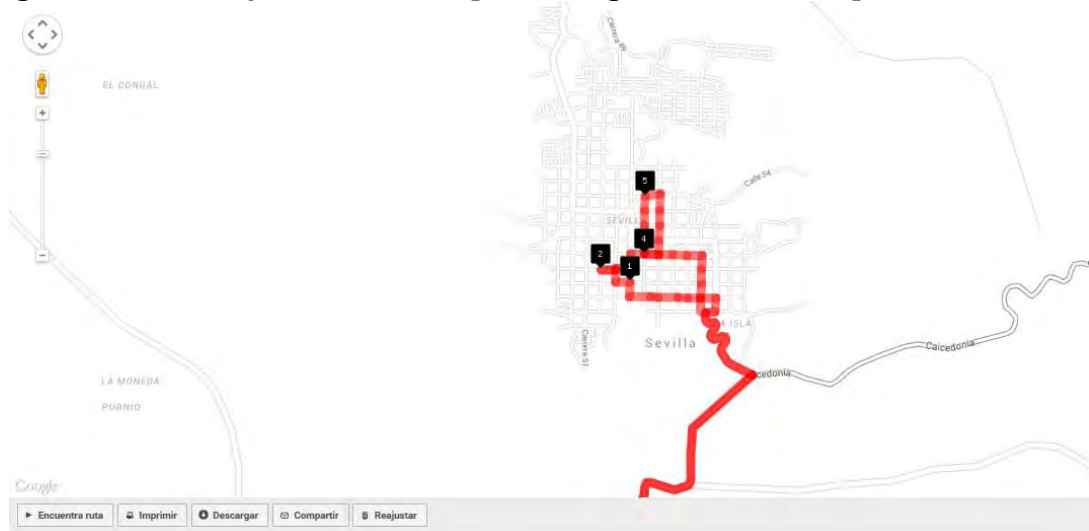
**Figura 15. Municipios de La Unión, Toro, Zarzal. [6573 kg. 2h8m.112 km.]**



**Fuente:** Route4Me ®[en línea] . route4me [Consultado el 13 de enero de 2015].  
Disponibile en internet: /www.route4me.com/?lang=es

La figura 16 muestra un ruteo para 5 puntos de entrega en ese municipio. Se especifica la duración de la ruta, los kilómetros recorridos y el peso de la carga entregada.

**Figura 16. Municipio de Sevilla. [4612,5 kg. 2h46m 179km]**



**Fuente:** Route4Me ®[en línea] . route4me [Consultado el 13 de enero de 2015]. Disponible en internet: /www.route4me.com/?lang=es

#### 9.4 DESARROLLO DEL MODELO MATEMÁTICO DE LA RED LOGÍSTICA

Como parte del este proyecto, se propone a continuación un modelo matemático el cual está compuesto de una función objetivo que minimiza el costo total de la ruta. Para ello se definen:

**Cuadro 13. Variables del modelo matemático**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR INICIAL	RANGO
$A = \{(p_i, p_j)   (\forall j, j \in I   i \neq j)\}$	Los arcos entre un punto $p_i$ y un punto $p_j$ . Se hace la distinción de que $j$ siempre será un punto diferente a $i$ y que $j$ pertenece al mismo conjunto que $i$ .	$(p_s, p_i)$	N/A
$\forall (p_i, p_j) \exists d_{ij}$	Especifica que para todo arco existe una distancia $d$ .	0	$(0, \dots, d)$
$\forall p_i \exists D_{WC}$	Establece que para todos los puntos de parada $p$ existe una demanda $D$ de peso $W$ y volumen $C$ .	0; 0	$(0,8000)[Kg];$ $(0,32)[m^3]$
$\tau_{ij}^k$	Decide la secuencia de visitas del camión.	0	$(0, 1)$
$\sigma_{kt}$	Decide el tipo $t$ del vehículo $k$ usado.	0	$(0, 1)$
$\mu_{ik}$	Decide cuáles clientes $i$ son atendidos por cuál camión $k$ .	0	$(0, 1)$

**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro 14. Parámetros del modelo matemático**

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	RANGO
$P$	El conjunto de puntos de parada en el Valle del Cauca de 1 a $n$ , un punto de inicio $s$ (start) y un punto de llegada $e$ (end).	$\{1, 2, \dots, n, s, e\}$
$T$	Tipo de vehículo.	$\{1, 2, \dots, n\}$
$K$	Número de vehículo.	$\{1, 2, \dots, n\}$
$W_t$	Capacidad de peso del vehículo tipo $t$ .	$\{0, 8000\}$
$C_t$	Capacidad de volumen del vehículo tipo $t$ .	$\{0, 32\}$
$cd$	Costo por unidad de distancia.	<i>US\$3,58/kilómetro</i> <sup>67</sup>
$N_t$	Número disponible de vehículos.	$\{0, N\}$
$cf_t$	Costo fijo del camión tipo $t$ .	$\$98.000.000$ <sup>68</sup> <i>[Pesos Colombianos]</i>
$I$	El conjunto de iteraciones de $p$ . Pertenecen al conjunto $P$ .	$\{1, 2, \dots, n, s, e\}$

**Fuente:** Elaboración propia

Datos iniciación del modelo:

$P = \{1, 2, \dots, n, s, e\}$	El conjunto de puntos de parada en el Valle del Cauca de 1 a $n$ , un punto de inicio $s$ (start) y un punto de llegada $e$ (end).
$A = \{(p_i, p_j) \mid (\forall j, j \in I \mid i \neq j)\}$	Los arcos entre un punto $p_i$ y un punto $p_j$ . Se hace la distinción de que $j$ siempre será un punto diferente a $i$ y que $j$ pertenece al mismo conjunto que $i$ .
$T = \{1, 2, \dots, n\}$	Tipo de vehículo.
$K = \{1, 2, \dots, n\}$	Número de vehículo.
$\forall (p_i, p_j) \exists d_{ij}$	Especifica que para todo arco existe una distancia $d$ .
$W_t$	Capacidad de peso del vehículo tipo $t$ .
$C_t$	Capacidad de volumen del vehículo tipo $t$ .
$cd$	Costo por unidad de distancia.
$cf_t$	Costo fijo del camión tipo $t$ .
$\forall p_i \exists D_{WC}$	Establece que para todos los puntos de parada $p$ existe una demanda $D$ de peso $W$ y volumen $C$ .
$N_t$	Número disponible de vehículos.

<sup>67</sup> COSOY, Natalio. Por qué es tres veces más barato mandar un contenedor de Colombia a China que dentro de Colombia. [en línea]. En: BBC Mundo, Bogotá [consultado 20 de mayo, 2015]. Disponible en Internet: [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/05/150425\\_colombia\\_economia\\_transporte\\_problemas\\_nc](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/05/150425_colombia_economia_transporte_problemas_nc) [citado en 28 de junio de 2015]

<sup>68</sup> Camiones JAC [en línea]. camionesjac [consultado 20 de mayo, 2015]. Disponible en Internet: <[http://camionesjac.com/index.php?option=com\\_content &view=article&id=9&Itemid=10](http://camionesjac.com/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=10)>

La función objetivo:

$$\text{Minimizar}_{\text{costo}} = \sum_{k \in K} \left[ (cd \cdot \sum_{i \in I} \sum_{j \in I, i \neq j} d_{ij} \cdot \tau_{ij}^k) + (cf_t \cdot \sum_{t \in T} \sigma_{kt}) \right]$$

Sujeta a:

$$\sum_{k \in K} \mu_{ik} = 1 \quad \forall i \in I \quad (1)$$

$$\sum_{t \in T} \sigma_{kt} = 1 \quad \forall k \in K \quad (2)$$

$$s = e; \quad \forall \sum (p_i, p_j) \exists [(p_s, p_i) \neq (p_i, p_e)] \quad (3)$$

$$\sum_{j \in I, j \neq i} \tau_{ij}^k - \sum_{j \in I, j \neq i} \tau_{ji}^k = 0 \quad \forall i \in I / (s, e), \forall k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I} \mu_{ik} \cdot W_i \leq \sum_{t \in T} \sigma_{kt} \cdot W_t \quad \forall t \in K \quad (5)$$

$$\sum_{k \in K} \sigma_{kt} \leq N_t \quad \forall t \in T \quad (6)$$

Las variables de decisión son:

$$\mu_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{Si el vehículo } k \text{ atiende al cliente } i; \\ 0 & \text{en caso contrario;} \end{cases}$$

Decide cuáles clientes  $i$  son atendidos por qué camión  $k$ .

$$\sigma_{kt} = \begin{cases} 1 & \text{Si el vehículo } k \text{ es de tipo } t; \\ 0 & \text{en caso contrario;} \end{cases}$$

Decide el tipo  $t$  del vehículo  $k$  usado.

$$\tau_{ij}^k = \begin{cases} 1 & \text{Si el arco } (p_i, p_j) \text{ es atendido por el vehículo } k; \\ 0 & \text{en caso contrario;} \end{cases}$$

Decide la secuencia de visitas del camión.

$$\mu_{ik} = \sum_{j \in I} \tau_{ij}^k \quad \forall i \in I, \forall k \in K$$

La restricción (1) indica que cualquier cliente  $i$  puede ser atendido por un solo vehículo  $k$ . La restricción (2) establece qué vehículo  $k$  es de tipo  $t$ . La restricción (3) impone que el punto de inicio  $s$  es el mismo que el punto de llegada  $e$  y que en todas las combinaciones de arcos  $(p_i, p_j)$  debe existir primero un arco  $(p_s, p_i)$  desde el punto de inicio  $s$  hacia el primer cliente  $i$  y por último un arco  $(p_i, p_e)$  desde el último cliente  $i$  de esa ruta hasta el punto de llegada  $e$ . La restricción (4) restringe al vehículo tipo  $k$  que una vez haya atendido al cliente  $i$  y al  $j$  regrese de nuevo al cliente  $i$ , excepto en los puntos de inicio  $s$  y de llegada  $e$ . La restricción (5) impide que en el vehículo tipo  $k$  se exceda la capacidad de peso del mismo. Por último, la restricción (6) limita la asignación de vehículos más allá de la flota disponible.



## 10 CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES

- Tras realizar el trabajo de campo durante la etapa de obtención de la información, se identificó que en el departamento del Valle del Cauca no existe acopio del producto perecedero como etapa logística. Esto es una excepción, ya que en otros departamentos existen 21 bodegas satélites en donde se almacena el producto provisionalmente entre las plantas de producción y las unidades ejecutoras dentro de los centros zonales. En el Valle del Cauca el producto parte directamente a los centros zonales municipales desde la planta de producción en Cartago.
- Con la investigación realizada, se determinó que los centros zonales no hacen parte de la cadena de distribución del producto como agentes de flujo físico del producto, pero sí de flujo de información.
- Para la consecución de la información relevante para el desarrollo del proyecto se recurrió en primera instancia a los altos mandos administrativos (Presidente, Gerente de Logística) de la Empresa Ingredion de Colombia S.A. Dada la negativa de estos funcionarios, fue necesario recabar información con otros colaboradores (nutricionistas, profesoras, niñeras y porteros) del Centro Zonal de Cartago, CDI el Hormiguero, CDI Fundamor, Oficina Regional del ICBF en Cali, 5 hogares infantiles y 1 hogar geriátrico.
- La causa principal que impide que la Bienestarina® llegue a los beneficiarios (niños y ancianos de las poblaciones más vulnerables) es la desconsideración de quienes hacen un uso indebido del producto. Dado su valor nutricional y su gratuidad, la Bienestarina® es objeto de hurto y venta ilegal.
- La red logística de distribución de la Bienestarina® es flexible en cuanto al número y denominación de agentes en cada eslabón. Durante la realización de este proyecto, La Unidad Ejecutora El Hormiguero, ubicada en el KM 5 variante a Puerto Tejada, a unos 15 minutos al sur de la Universidad Autónoma de Occidente, recibió la certificación exigida por el ICBF para iniciar operaciones como el Punto de Entrega CDI El Hormiguero.
- De los Puntos de Entrega y Unidades Ejecutoras visitados o encuestados, ninguno declaró que el producto llegase vencido o en malas condiciones que inhabilitaran su consumo. Sin embargo, aquellos beneficiarios que recogen personalmente su ración del producto en estos puntos no son puntuales o no asisten. Esto causa que se desperdicien bolsas por no ser entregadas.

- Después de hacer la caracterización de los *software* para el diseño de rutas de distribución en Colombia se identificó que sólo uno es un producto nacional. Al ser *software* especializados, éstos tienen costos elevados considerando que los autores de este proyecto aún son estudiantes. Las versiones gratuitas o de prueba ofrecen características limitadas y RouteXL® se adaptó mejor a las necesidades de este proyecto.
- Los *software* de diseño y simulación de rutas fueron diseñados para trabajar en las geografías Norteamérica y europea, por lo que las direcciones de los Puntos de Entrega en el Valle del Cauca tuvieron que ser configuradas manualmente.
- En los Puntos de Entrega y Unidades Ejecutoras que funcionan como hogares infantiles se prohíbe el ingreso de personal ajeno a éstos lugares. Con el propósito de poder ingresar y obtener la información requerida, los autores de este proyecto recurrieron a las donaciones y así generar empatía en los directores administrativos.
- En el trabajo de investigación se propone el modelo matemático, y se deja formulado para que su solución sea aplicada en futuras investigaciones. Para lo cual pueden usarse técnicas de programación lineal, métodos computacionales como Solver de Microsoft Excel ® o la aplicación de otros *software* especializados.
- Dada la naturaleza de los *software* de diseño de rutas, utilizados en este trabajo (Route4Me® y RouteXL®) los cuales realizan los cálculos de tiempo y distancia de forma automática, no se ha tenido en cuenta la información de altimetría obtenida durante la etapa de la caracterización de las rutas del Valle del Cauca. Sin embargo los autores consideran que la información relativa a este aspecto es pertinente al desarrollo y objetivos de esta investigación.

## 11 BIBLIOGRAFIA

AHUMADA, Omar y VILLALOBOS, J. René. Application of planning models in the agri-food supply chain: A review. En: European Journal of Operational Research. Julio, 2009. vol. 196, no. 1, p. 1-20.

ARCOS, Carlos Andrés; MOSQUERA, Silvio Andrés y VILLADA, Dora Clemencia. Evaluación de rutas para el transporte de productos perecederos en el sector rural. En: Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. Diciembre, 2008. vol. 6, no. 2, p. 40-46.

ATEHORTÚA, Andrés. OPTIMIZACIÓN BASADA EN COLONIA DE HORMIGAS: GENERALIDADES Y ESTUDIO DEL ALGORITMO SISTEMA HORMIGA Y APLICACIÓN A UN JOB SHOP [en línea]. Academia.edu: Universidad Nacional de Colombia, 2012 [Consultado 12 de septiembre de 2014]. Disponible en internet: [http://www.academia.edu/6824195/OPTIMIZACION\\_BASADA\\_EN\\_COLONIA\\_DE\\_HORMIGAS\\_GENERALIDADES\\_Y\\_ESTUDIO\\_DEL\\_ALGORITMO\\_SISTEMA\\_HORMIGA\\_Y\\_APLICACION\\_A\\_UN\\_JOB\\_SHOP\\_ANT\\_COLONY\\_OPTIMIZATION\\_GENERALITIES\\_AND\\_STUDY\\_OF\\_ANT\\_SYSTEM\\_ALGORITHM\\_AND\\_A\\_JOB\\_SHOP\\_APPLICATION\\_ANDRES\\_ATEHORTUA](http://www.academia.edu/6824195/OPTIMIZACION_BASADA_EN_COLONIA_DE_HORMIGAS_GENERALIDADES_Y_ESTUDIO_DEL_ALGORITMO_SISTEMA_HORMIGA_Y_APLICACION_A_UN_JOB_SHOP_ANT_COLONY_OPTIMIZATION_GENERALITIES_AND_STUDY_OF_ANT_SYSTEM_ALGORITHM_AND_A_JOB_SHOP_APPLICATION_ANDRES_ATEHORTUA)

AZI, Nabila; GENDREAU, Michel y POTVIN, Jean-Yves. Vehicle Routing for the Home Delivery of Perishable Products: the m-Vehicle Case [en línea]. École Polytechnique fédérale de Lausanne, 2006. [Consultado 2 de septiembre de 2014]. Disponible en internet: <https://documents.epfl.ch/users/b/bi/bierlair/dropbox/TRISTAN/130Gendreau.pdf>

BALLOU, Ronald H. Logística: Administración de la cadena de suministro. Traducido por Carlos Mendoza Barraza y María Jesús Herrero Díaz. 5 ed. México D.F.: Pearson Educación, 2004. 816 p.

BEHRISH, Michael et al. SUMO – Simulation of Urban MObility. Berlin. German Aerospace Center. SIMUL 2011. The Third International Conference on Advances in System Simulation. 2011.

BRITO, Julio., MARTÍNEZ, Javier., MORENO, José A., VERDEGAY, José L. Fuzzy approach for the vehicle routing problems with fuzzy travel time. IEEE. 2010.

CASTAÑO, Diego Alberto., ARRIETA, Andrés Amell., AGUDELO SANTAMARÍA, John Ramiro. Efecto de la altitud en un motor de encendido provocado convertido a GN [en línea]. Revista Gas Vehicular. No. 15. p. 37-40. [Consultado el 25 de mayo de 2015]. Disponible en Internet: <http://gasure.udea.edu.co/docs/Efecto%20de%20la%20altitud%20en%20un%20motor%20de%20encendido%20provocado%20convertido%20a%20GN.pdf>

CASTILLA PINEDO, Yolanda; JOLY HERRERA, Eliana y MERCADO MARTÍNEZ, Iván. Seguridad alimentaria del programa Apadrinamiento y Nutrición, de la Fundación Mamonal en Cartagena-Colombia. En: Revista Lasallista de Investigación. Enero-Junio, 2011. vol. 8, no. 1, p. 61-67.

Characterization. Oxford Learner's Dictionaries. [en línea]. Oxford University Press. 2015 [Consultado el 7 de febrero de 2015]. Disponible en Internet: <<http://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/characterization>>.

Characterize. Oxford dictionaries. Language matters [en línea]. 2015. Oxford University Press. [Consultado el 7 de febrero de 2015] Disponible en Internet: <<http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/characterize>>.

CHEN, Huey-Kuo; HSUEH, Che-Fu y CHANG, Mei-Shiang. Production scheduling and vehicle routing with time windows for perishable food products. En: Computers & Operations Research. Julio, 2009. vol. 36, no. 7, p. 2311-2319.

CHEN, James C., HSIEH W.H., CHENG, C.H., CHEN, C.S. Hybrid meta-heuristics for vehicle routing problem with time window constrains. IEEE. 2009.

CHEN, Tao., ZHANG, Miao., WEI, Lang. Driver behavior on combination of vertical and horizontal curves of mountainous freeways. Xi'an. Hindawi Publishing Corporation. Vol. 2014. 9 p.

COLOMBIA. ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE. Constitución Política. (20, Julio, 1991). Gaceta Constitucional. , 1991. 116. p.

COLOMBIA. PROCURADURÍA GENERAL DE LA NACIÓN. Informe de vigilancia superior a la contratación del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). Bogotá D.C: Procuraduría Delegada para la Defensa de los Derechos de la Infancia, la Adolescencia y la Familia, 2011. 354 p.

COLPRENSA. En la Guajira, el 27 por ciento de los niños menores de 5 años sufre desnutrición crónica [en línea]. En: El Colombiano. Envigado (Antioquia). 11, Julio, 2014. . [Consultado el 7 de febrero de 2015] Disponible en internet: <[http://www.elcolombiano.com/en\\_la\\_guajira\\_el\\_27\\_por\\_ciento\\_de\\_los\\_ninos\\_menores\\_de\\_5\\_anos\\_sufre\\_desnutricion\\_cronica-KGEC\\_302080](http://www.elcolombiano.com/en_la_guajira_el_27_por_ciento_de_los_ninos_menores_de_5_anos_sufre_desnutricion_cronica-KGEC_302080)>

CORADO, Debbie. Desafíos de la industria de transporte refrigerado alrededor del mundo [en línea]. Industria Alimenticia, 2014 [consultado 29 de agosto de 2014]. Disponible en internet: <http://www.industriaalimenticia.com/articulos/87310-desafios-en-la-industria-de-transporte-refrigerado-alrededor-del-mundo>

COSOY, Natalio. Por qué es tres veces más barato mandar un contenedor de Colombia a China que dentro de Colombia. En: BBC Mundo, Bogotá [en línea]. [consultado 20 de mayo, 2015]. Disponible en Internet: [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/05/150425\\_colombia\\_economia\\_transporte\\_problemas\\_nc](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/05/150425_colombia_economia_transporte_problemas_nc)

En Colombia mueren cada año 6000 niños de hambre: Senadora Sofía Gaviria [En línea]. En: El Heraldo. Barranquilla (Atlántico). 13, noviembre, 2014. . [Consultado el 7 de febrero de 2015] Disponible en internet: <<http://www.elheraldo.co/local/en-colombia-mueren-cada-ano-6000-ninos-de-hambre-senadora-sofia-gaviria-173890>>

FORERO AGUIRRE, Andrea. El dramático mapa de la desnutrición infantil [en línea]. En:El Tiempo. Bogotá D.C. 19, julio, 2014. . [Consultado el 7 de febrero de 2015] Disponible en internet: <<http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/salud/desnutricion-infantil-en-colombia/14272676>>

GONG, WeiWei y ZETIAN, Fu. ABC-ACO for Perishable Food Vehicle Routing Problem with Time Windows. INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL AND INFORMATION SCIENCES. (17-19, diciembre, 2010: Chengdu, Sichuan, China). Proceedings. Los Alamitos, California: IEEE Computer Society, 2010. 1366 p.

GUTIÉRREZ, Valentina., PALACIO, Juan David., VILLEGAS, Juan Guillermo. Reseña del *software* disponible en Colombia para el diseño de rutas de distribución y servicios. REVISTA Universidad EAFIT. 2007. vol. 43. no. 145. 2007. p. 60-80.

HARAGOS, I.M., HOLBAN, S., CERNAZANU-GLAVAN, C. Analytical model to determine the quality factor used in transport network. 14<sup>th</sup> IEEE International symposium on computational intelligence and informatics. Budapest. 2013.

HUISMAN, Dennis., WAGELMANS, Albert P.M. A solution approach for dynamic vehicle and crew scheduling. European Journal of Operational Research.[en línea] Elsevier. 2006. Science direct. . [Consultado el 7 de febrero de 2015] Disponible en Internet:<[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)>

INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR ICBF. Distribución Bienestarina® – Programas regulares [en línea]. Bogotá D.C.: Enero – diciembre, 2013 [consultado el 16 de octubre de 2014]. Disponible en Internet: <http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortallICBF/Bienestar/Bienestarina/R-Valle/2013>.

JIMENEZ, Gonzalo. Altimetría. Programa de topografía. Universidad del Quindío. 2014. 149. p.

JOSEFOWIEZ, Nicolas; SEMET, Frédéric y TALBI, EL-Ghazali. Multi-objective vehicle routing problems. En: European Journal of Operational Research. Septiembre, 2008. vol. 289, no. 2, p. 293-309.

KEWEI, Zheng., ZHIQIANG Lu., XIAOMING, Su. An effective parallel improving tabu search algorithm for heterogeneous fixed fleet vehicle routing problem. Shanghai. Shanghai Jiaotong University. IEEE. 2010.

KITAMURA, Takashi., OKAMOTO, Keishi. Automated route planning for milk-run transport logistics using model checking. Third international conference on networking and computing. IEEE. 2012.

LAPUERTA, Magín, et al. Estudio del efecto de la altitud sobre el comportamiento de motores de combustión interna. Parte 1: Funcionamiento [documento en línea]. Información tecnológica. V. 17. No. 5. 2006. ISSN: 0718-0764. [Consultado el 25 de mayo de 2015]. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642006000500005](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000500005)

LIANG, Zilu., WAKAHARA, Yasushi. Real-time urban traffic amount prediction models for dynamic route guidance systems. Tokyo. Journal on Wireless Communications and Networking. 2014.85.p

LIU, Xuexin. Designing and establishing food logistics safety system in China. Beijing. IEEE. 2011.

LOW, Chinyao., LI, Rong-Kwei., CHANG, Chien-Min. Integrated scheduling of production and delivery with time windows. International journal of production research. vol. 51. no. 3. 2013.

MILLER, T.; RYAN A. y CORADO, D. Soluciones inteligentes para el transporte de productos perecederos [en línea]. Industria Alimenticia, 2013 [consultado 29 de agosto de 2014]. Disponible en internet: <http://www.industriaalimenticia.com/articles/86582-soluciones-inteligentes-para-el-transporte-de-productos-perecederos>

Multi-agent Transport Simulation [en línea]. MATsim [consultado el 18 de mayo de 2015] Disponible en internet: <http://www.matsim.org>

Optilogistic editor de *software* especializados: Reducir los costos, mejorar la calidad de las rutas [en línea]. OPTILOGISTIC [consultado el 16 de mayo de 2015] Disponible en internet: <<http://optilogistic.fr/es/index.php>>

Optimización mediante colonia de hormigas: Problema de la mochila [en línea]. Sevilla, 1992 [consultado el 29 de abril de 2015]. Disponible en internet: <http://www.cs.us.es/cursos/ia1-2011/trabajos/propuesta-hormigas-rev.pdf>.

POLO-NAVARRO, Lorena., CIPRÉS-BAGÜESTE, David., GARCÍA-MILLA, Miriam. Análisis del impacto de un sistema inteligente de transporte sobre una red de distribución. Basado en simulación dinámica por eventos discretos y test ANOVA. Zaragoza. Instituto Tecnológico de Aragón. Tecnología y sistemas de transporte. Marzo-abril 2014. Vol. 82 no. 2. p. 83-91.

QUIÑONES BOTERO, Carlos. Modelación de sistemas logísticos. Medellín, Colombia: Institución Universitaria Esumer, 2011. 94 p

RATLIFF, H. Donald. Extending "quality sell-time" of perishables. En: Food Logistics. Octubre, 2010. no. 125, p. 14.

RONDEROS, Leonardo. Transporte de carga: retos para la próxima década. Bogotá D.C: Asecarga, 2014. 127 p.

Route Planner [en línea]. Route4Me®. 1992 [consultado el 29 de abril de 2015]. Disponible en internet: <<https://www.route4me.com/>>

ROUTEXL®. Multistop Route Planner. [en línea]. ROUTEXL®. [consultado el 16 de mayo de 2015] Disponible en internet: <<http://www.routexl.com/>>

Route planner. [en línea]. ROUTIST. [consultado el 16 de mayo de 2015] Disponible en internet:<<https://www.routist.com/product?secure=true>

Rutas óptimas [en línea]. SERVIFORMACIÓN. [consultado el 16 de mayo de 2015]. Disponible en internet:<<<http://www.servinformacion.com/?q=87/rutas-%C3%B3ptimas>>>

SALDARRIAGA, Diego Luis. Gestión del almacenamiento. En: Diseño, optimización y gerencia de los centros de distribución: Almacenar menos, distribuir más. Medellín (Colombia): Impresos Begón, 2012. p. 22-40.

SHY, Xioa-yuan., ZHANG, Wei-hua. Agricultural products circulation problem analysis and optimization of logistics operation. 6th International conference on information management, innovation management and industrial engineering. Shaoxing City. 2013.

Simulación, experimentacion y optimización de sistemas logísticos, industriales y de servicios [en línea]. Sinmaf Ltda [consultado el 16 de mayo de 2015] Disponible en internet:<<http://sinmaf.com.co/>>

Transcad. Sistema de información geográfica [en línea]. SAIP S.A.S.. [Consultado el 16 de mayo de 2015]. Disponible en internet:<<<http://www.saip.com.co/transcad.php>>>

Vehicle Routing and Scheduling Products [en línea]. ROADNET TECHNOLOGIES [consultado el 16 de mayo de 2015] Disponible en internet <<http://www.roadnet.com/pages/products/index.aspx>>

VIANCHA SÁNCHEZ, Zulma Hasbleidy. Modelos y configuraciones de cadenas de suministro en productos perecederos. En: Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte. Enero-Junio, 2014, vol. 32, no. 1, p. 138-154.

WANG, Lixing., KWOK, S.K., IP, W.H. A radio frequency identification and sensor-based system for the transportation of food. Hong Kong. En: Journal of food engineering. Volume 101. 2010 p. 120-129.

WANG, Xiaojun. RFID enabled pricing approach in perishable food supply chain. Norwich. Norwich Business School. IEEE. 2010.

WEI MING, Yi., AN PING, Zuo. Dynamic pricing for the perishable inventory management using RFID technology. International conference on management of e-commerce and e-government. 2009.

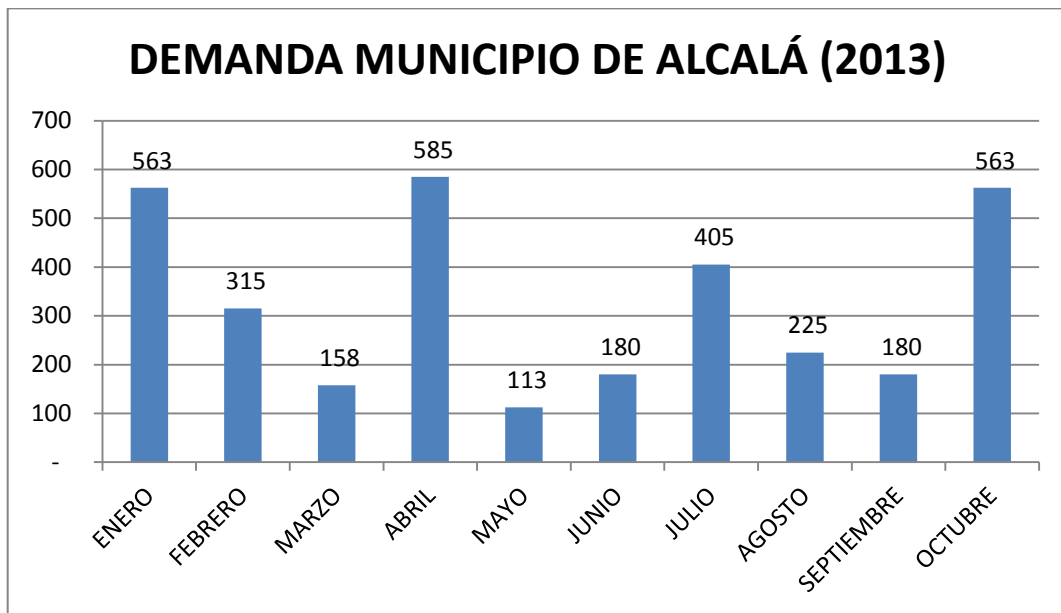
XU, Xunyu., TOMOHIRO, Murata. Perishable goods delivery and scheduling with time window by genetic algorithm. Hong Kong, Macau. International Conference on Automation and Logistics. IEEE. 2010.



## ANEXOS

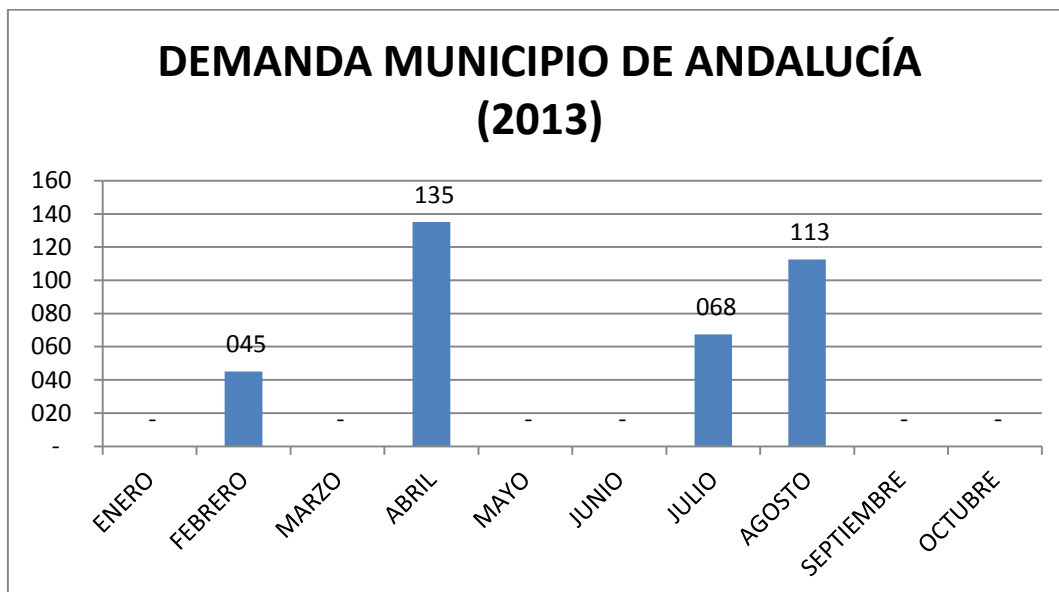
### Anexo A: Histórico de demandas por municipio año 2013, Valle del Cauca.

Figura 17. Histórico de demanda municipio de Alcalá



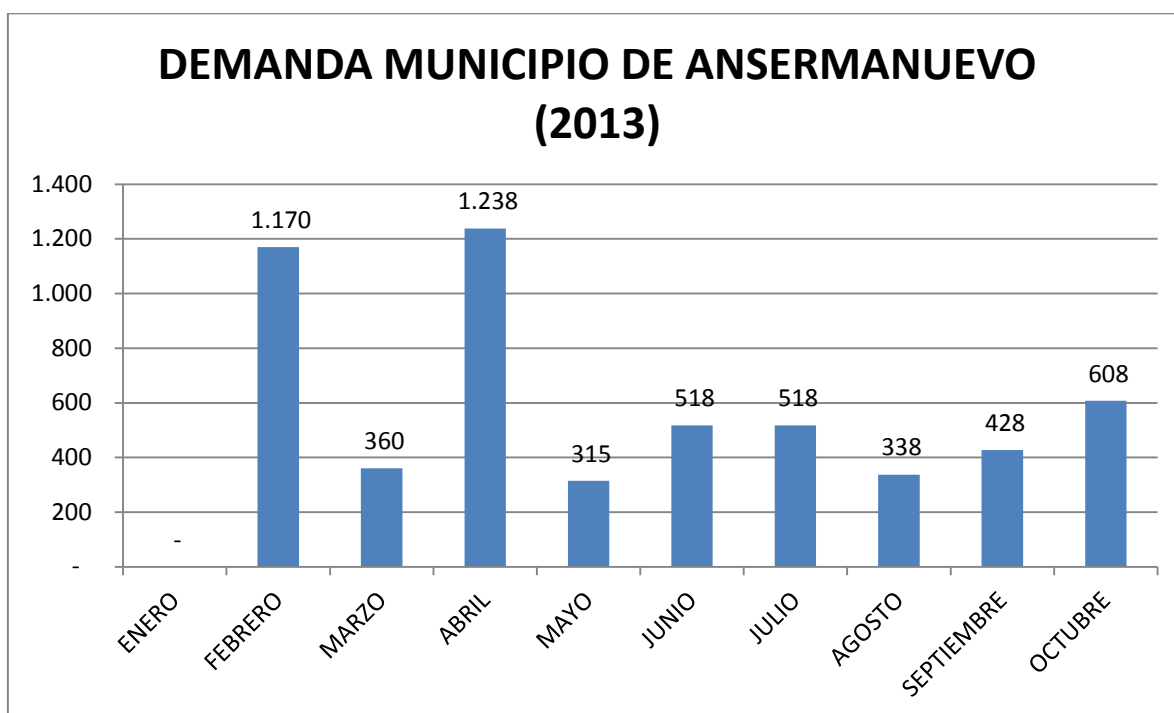
Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Histórico de demanda municipio de Andalucía



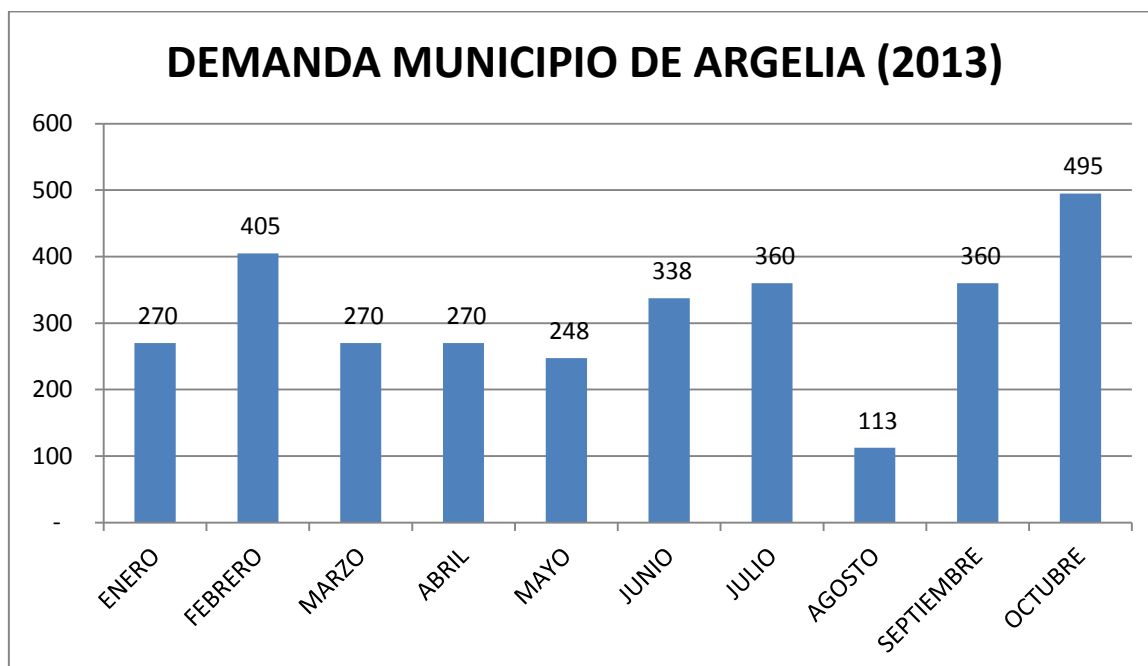
Fuente: Elaboración propia

**Figura 19. Histórico de demanda municipio de Ansermanuevo**



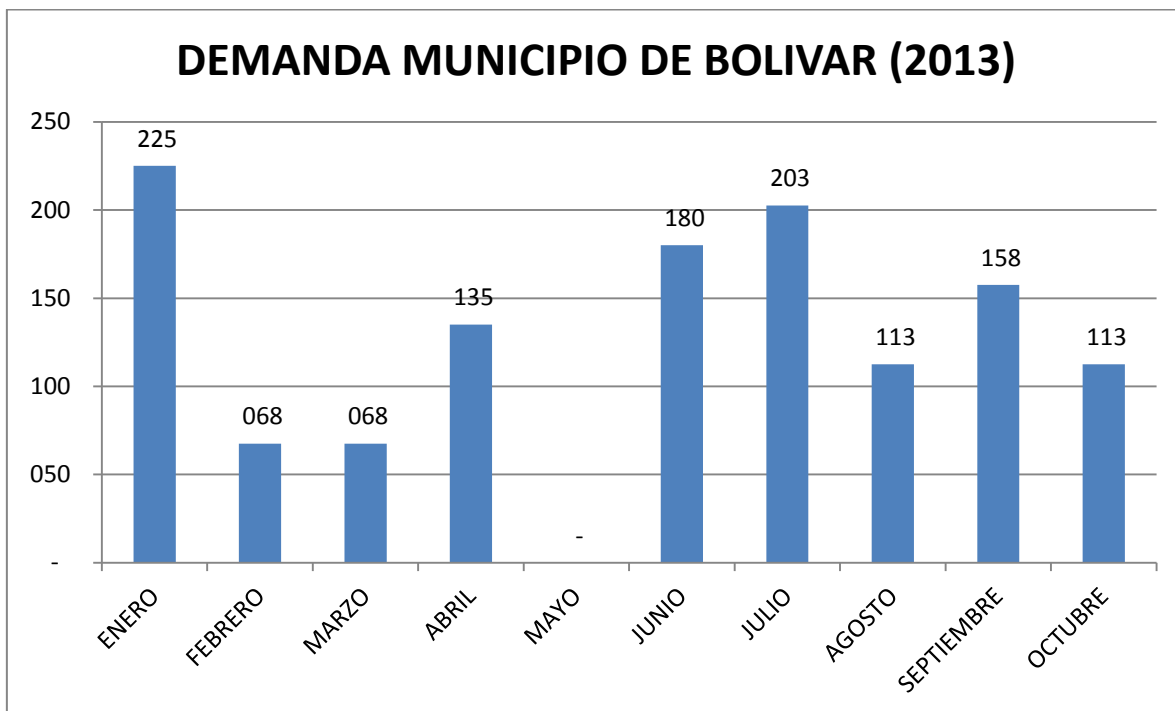
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 20. Histórico de demanda municipio de Argelia**



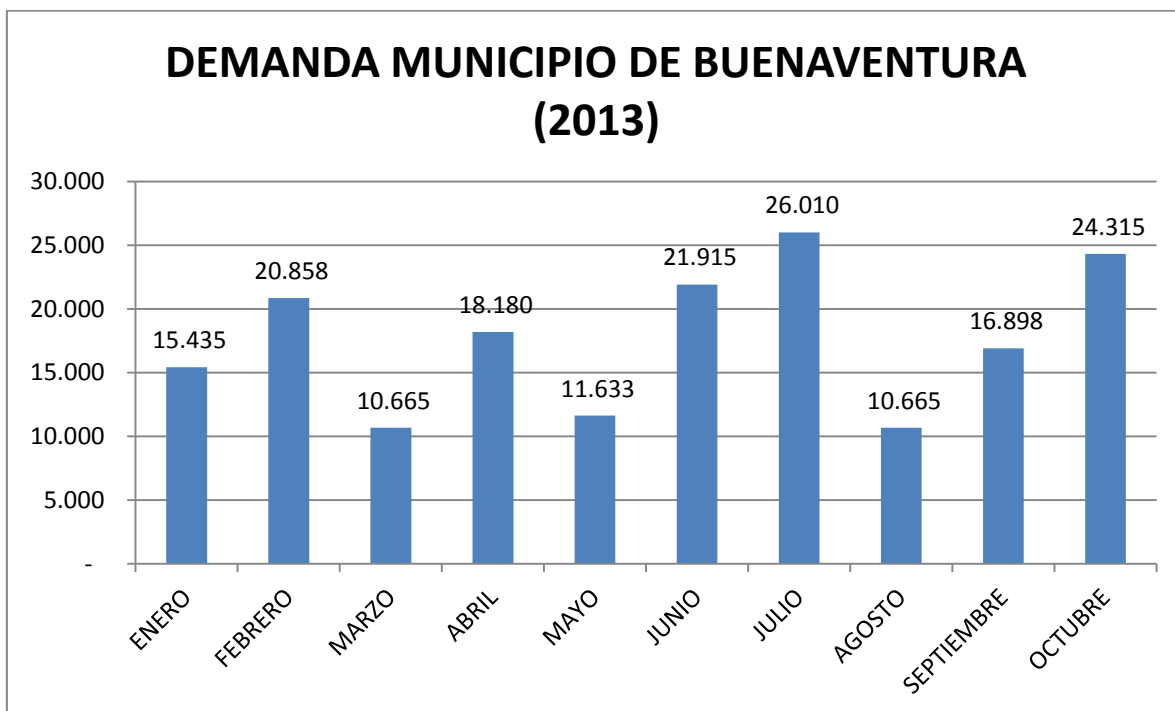
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 21. Histórico de demanda municipio de Bolívar**



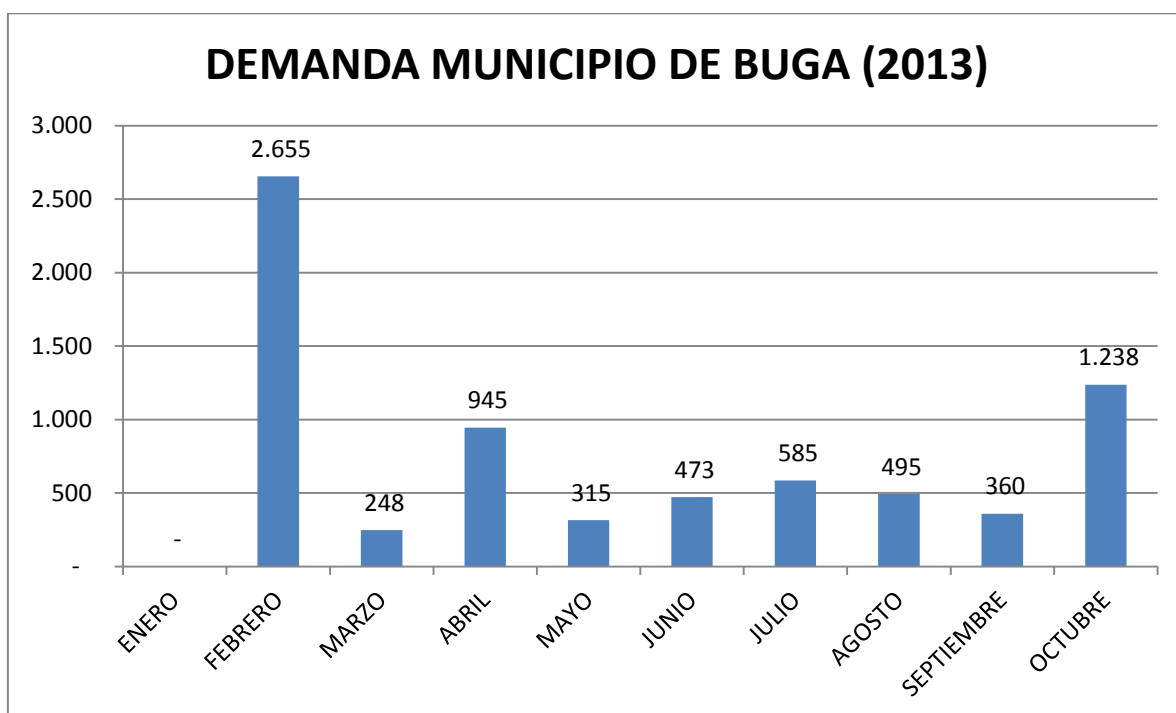
Fuente: Elaboración propia

**Figura 22. Histórico de demanda municipio de Buenaventura**



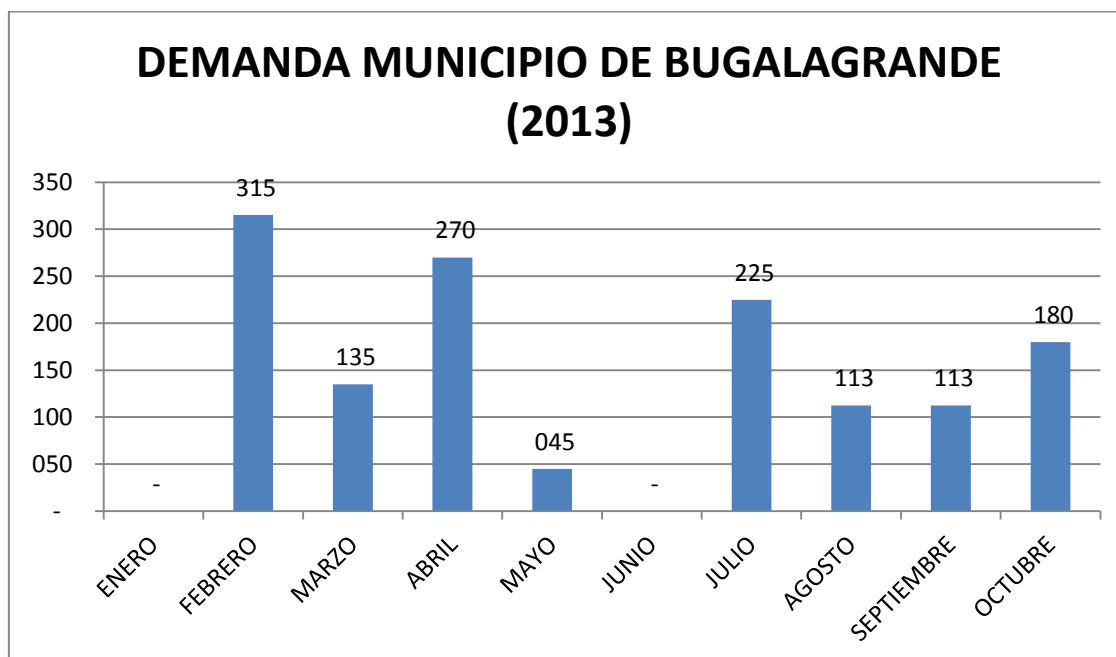
Fuente: Elaboración propia

**Figura 23. Histórico de demanda municipio de Buga**



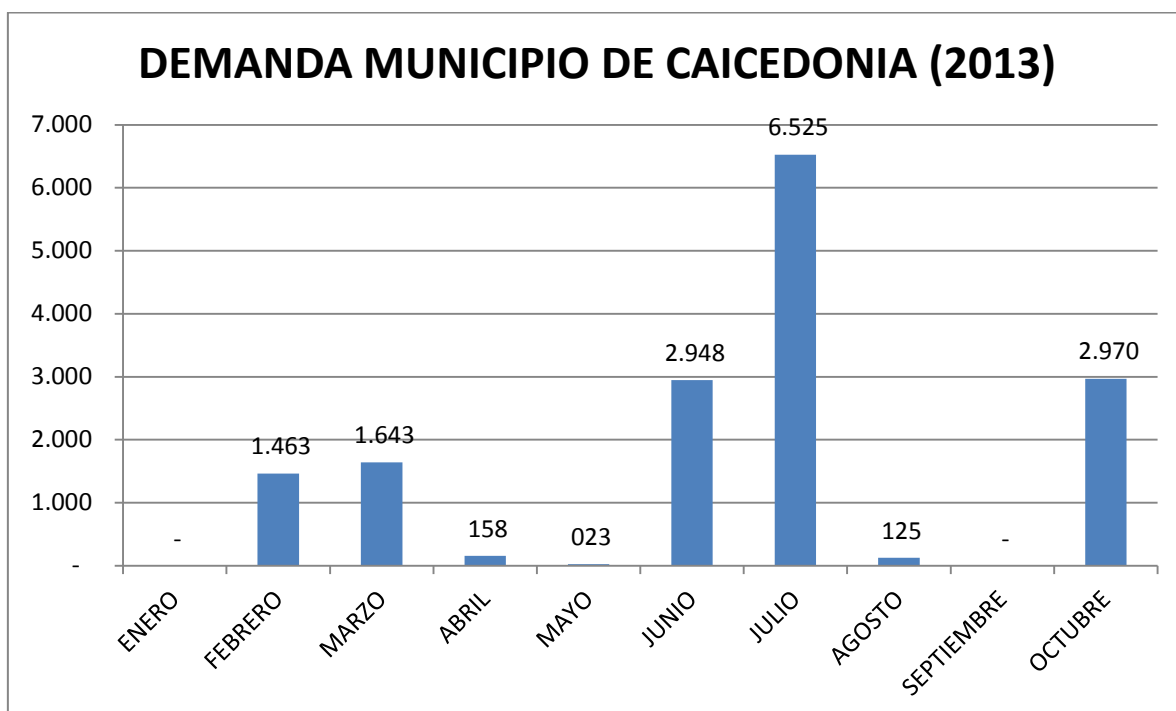
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 24. Histórico de demanda municipio de Bugalagrande**



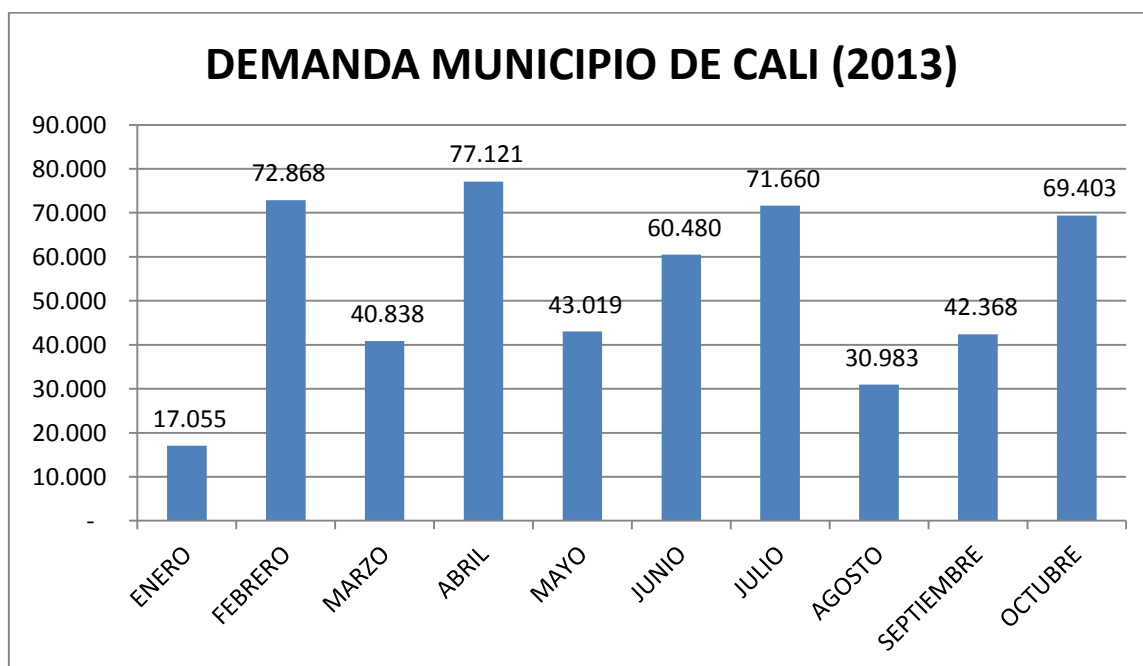
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 25. Histórico de demanda municipio de Caicedonia**



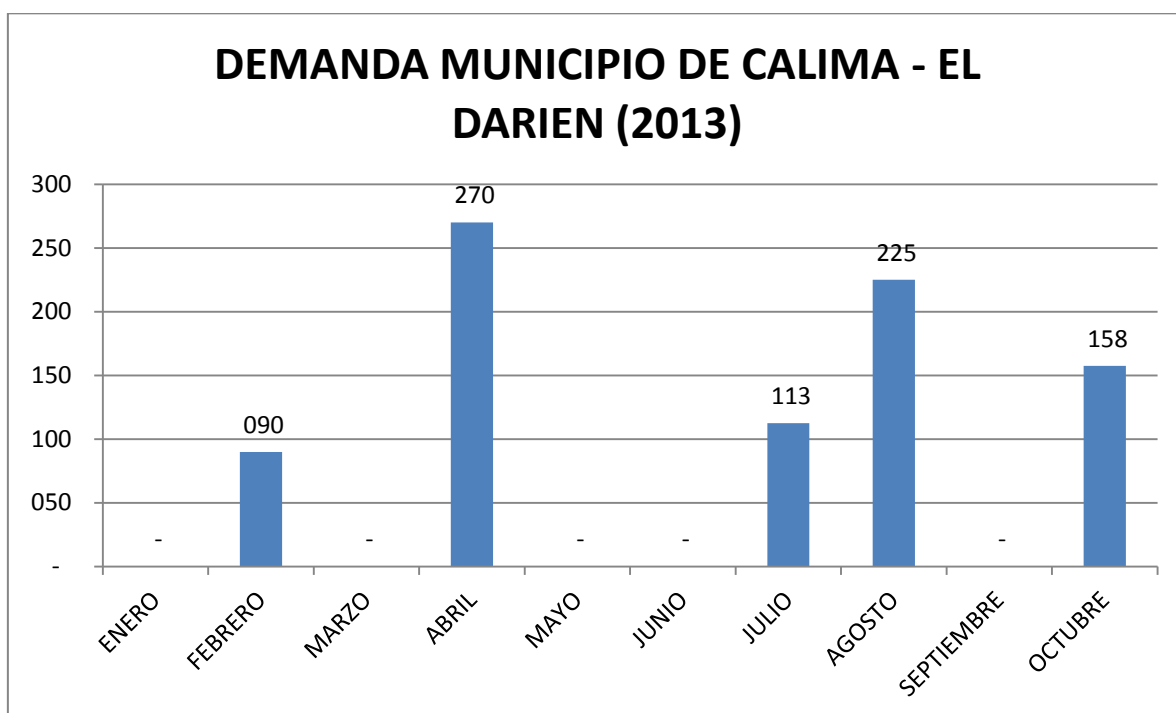
Fuente: Elaboración propia

**Figura 26. Histórico de demanda municipio de Cali**



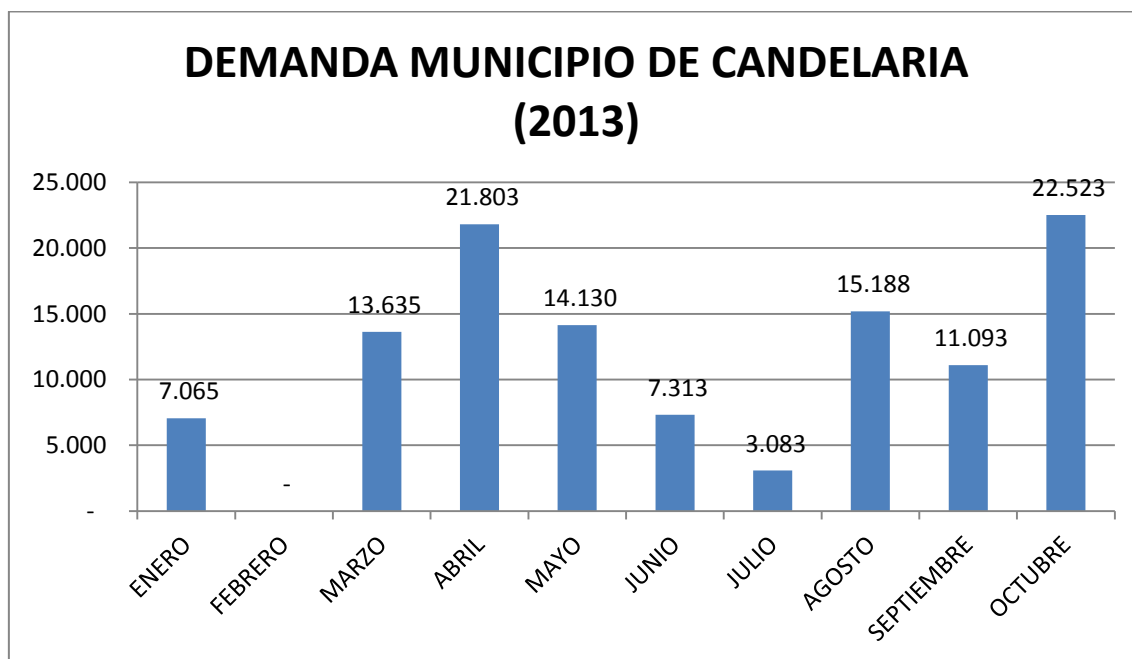
Fuente: Elaboración propia

**Figura 27. Histórico de demanda municipio de Calima - El Darién**



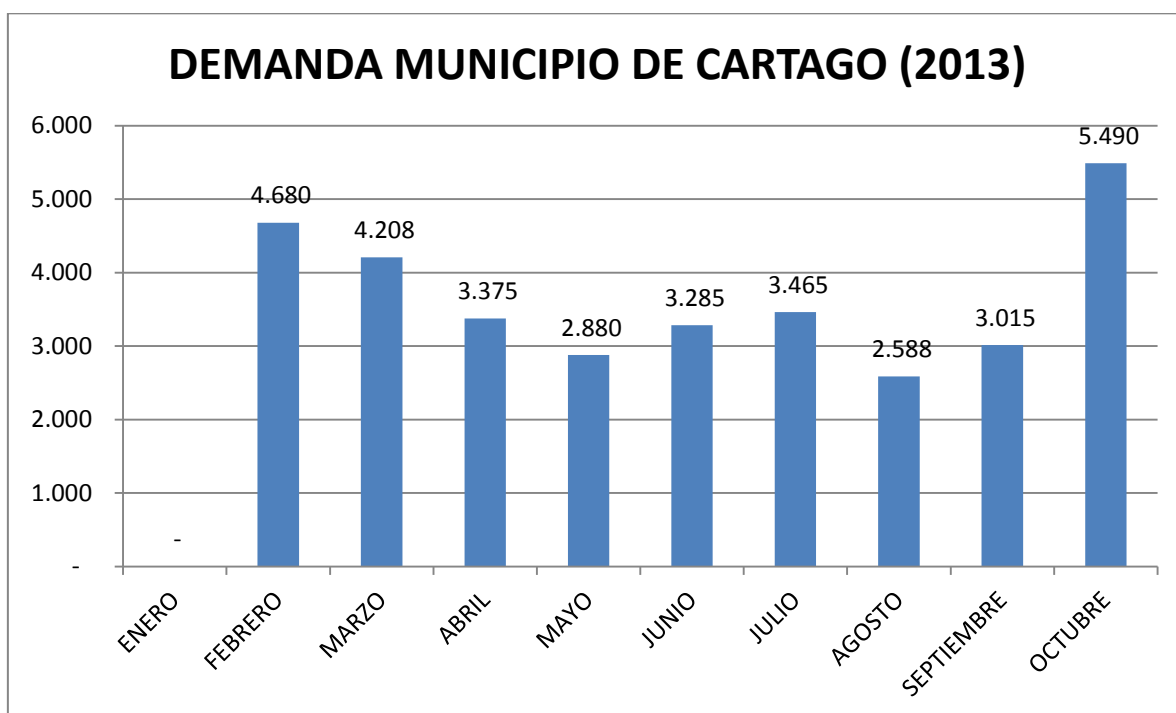
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 28. Histórico de demanda municipio de Candelaria**



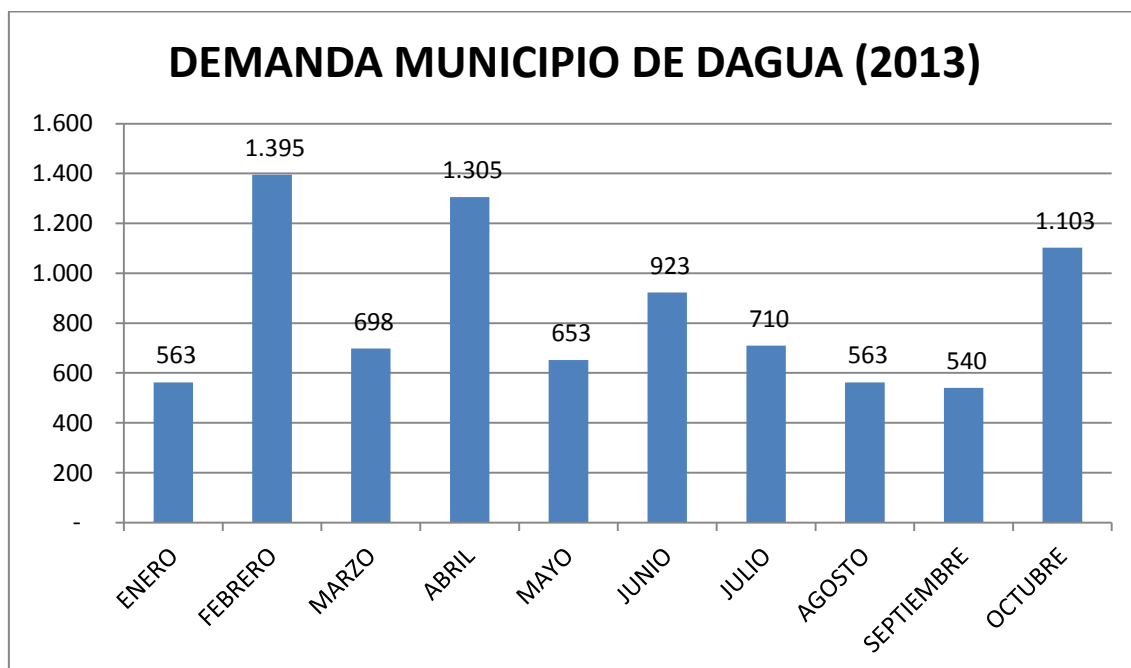
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 29. Histórico de demanda municipio de Cartago**



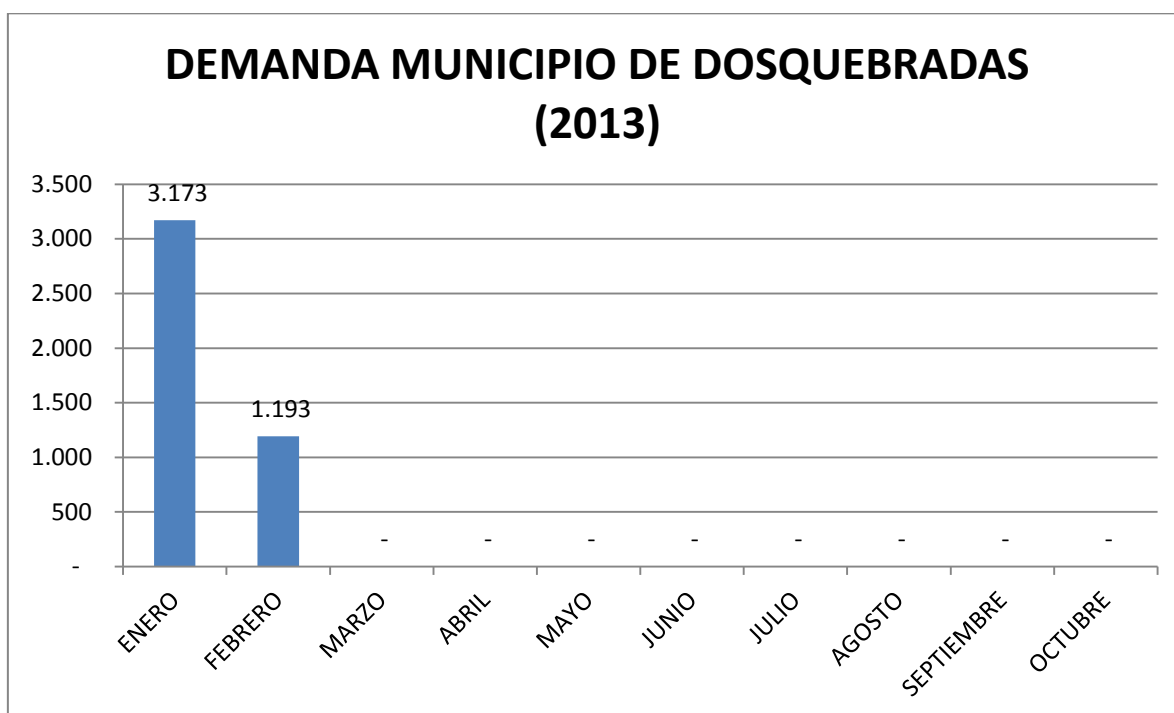
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 30. Histórico de demanda municipio de Dagua**



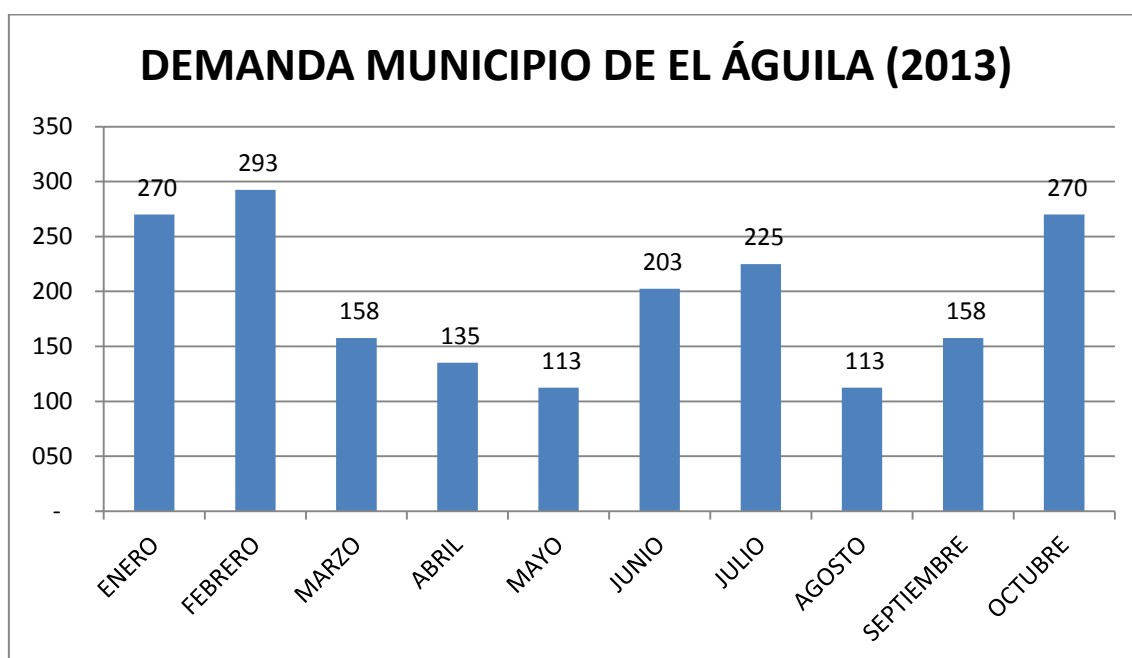
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 31. Histórico de demanda municipio de Dos Quebradas (Risaralda)**



**Fuente:** Elaboración propia

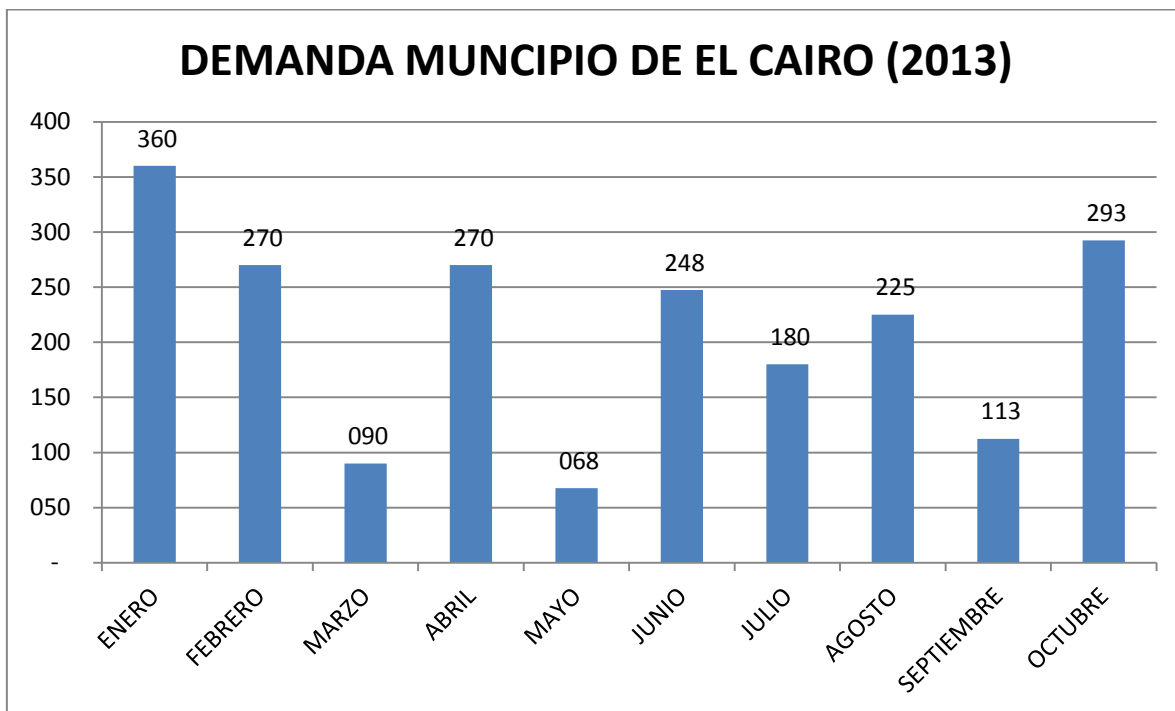
**Figura 32. Histórico de demanda municipio de El Águila**



**Fuente:** Elaboración propia

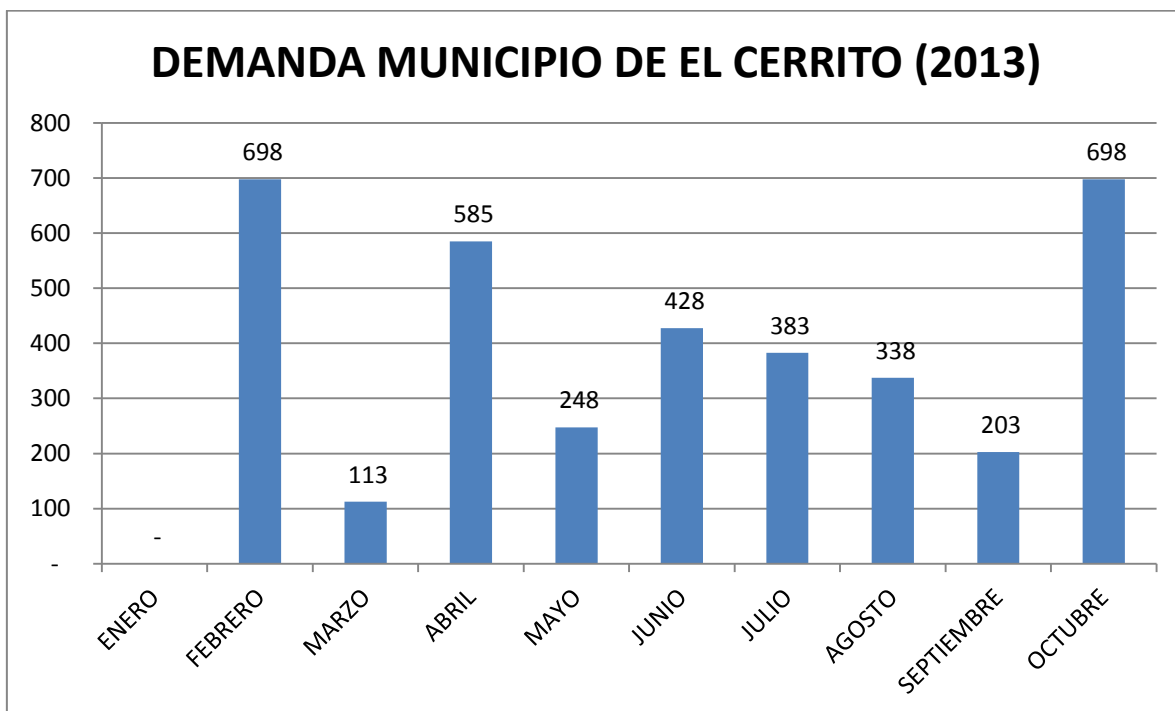


**Figura 33. Histórico de demanda municipio de El Cairo**



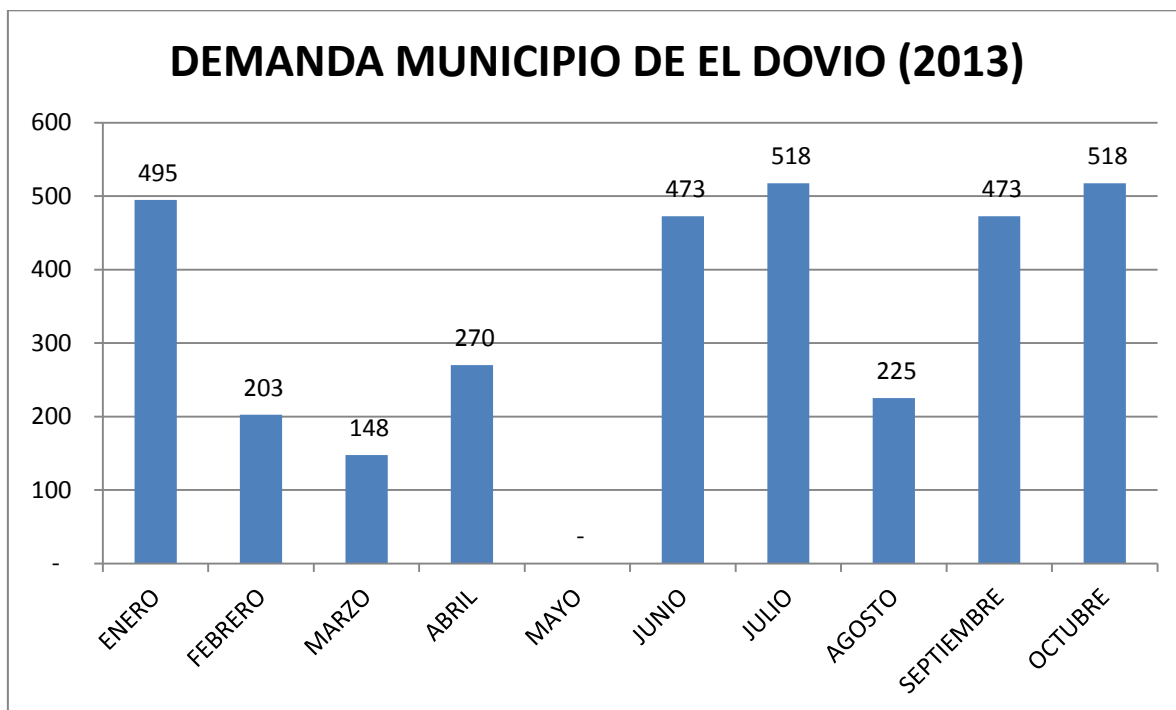
Fuente: Elaboración propia

**Figura 34. Histórico de demanda municipio de El Cerrito**



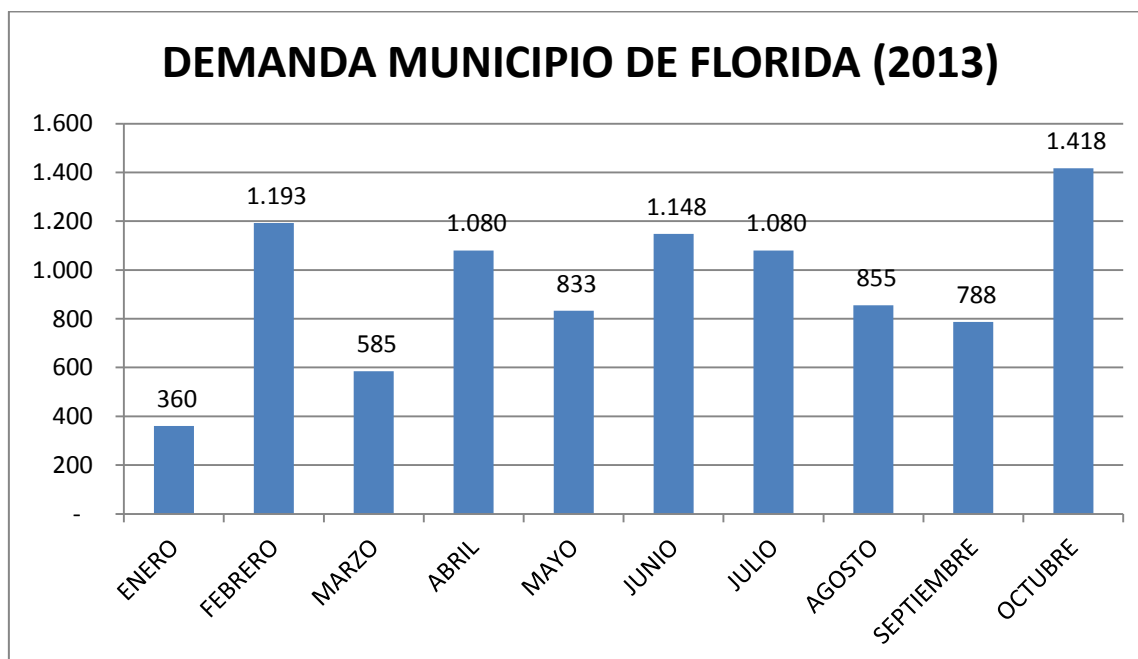
Fuente: Elaboración propia

**Figura 35. Histórico de demanda municipio de El Dovio**



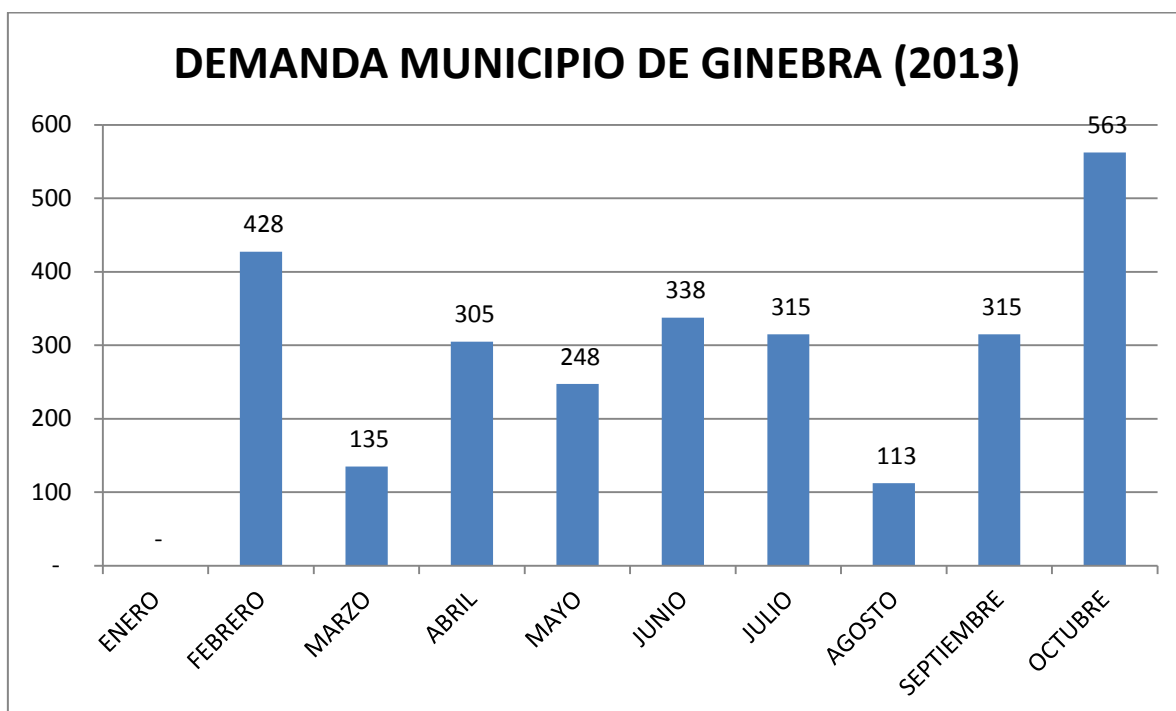
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 36. Histórico de demanda municipio de Florida**



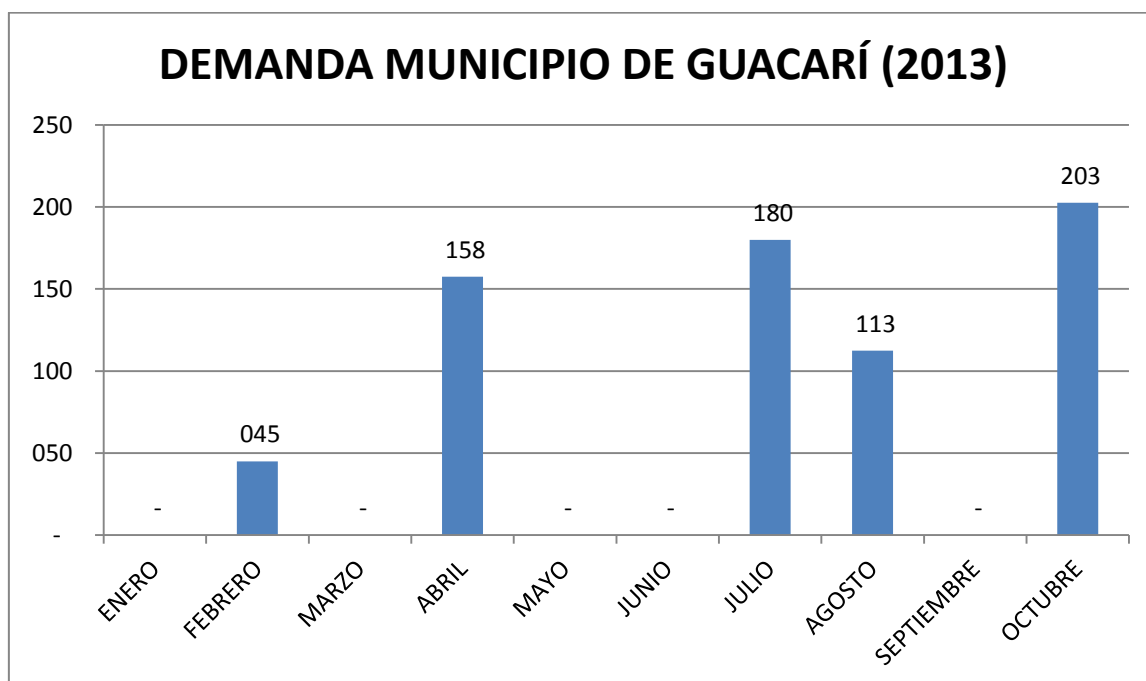
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 37. Histórico de demanda municipio de Ginebra**



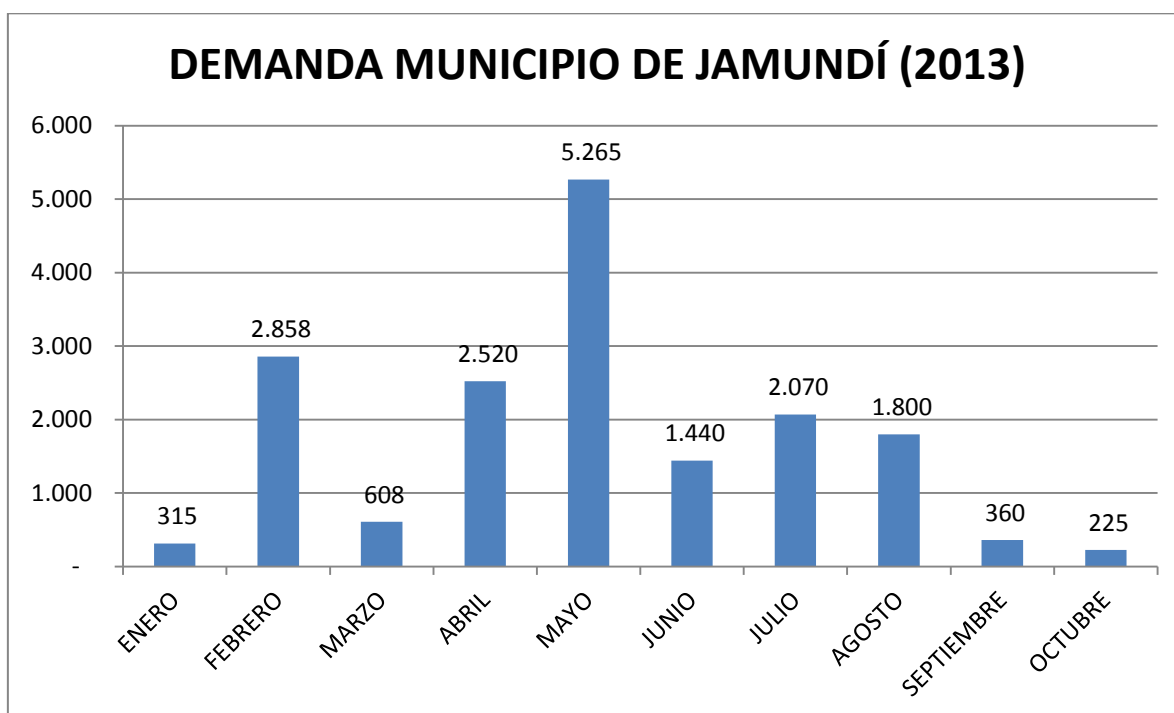
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 38. Histórico de demanda municipio de Guacarí**



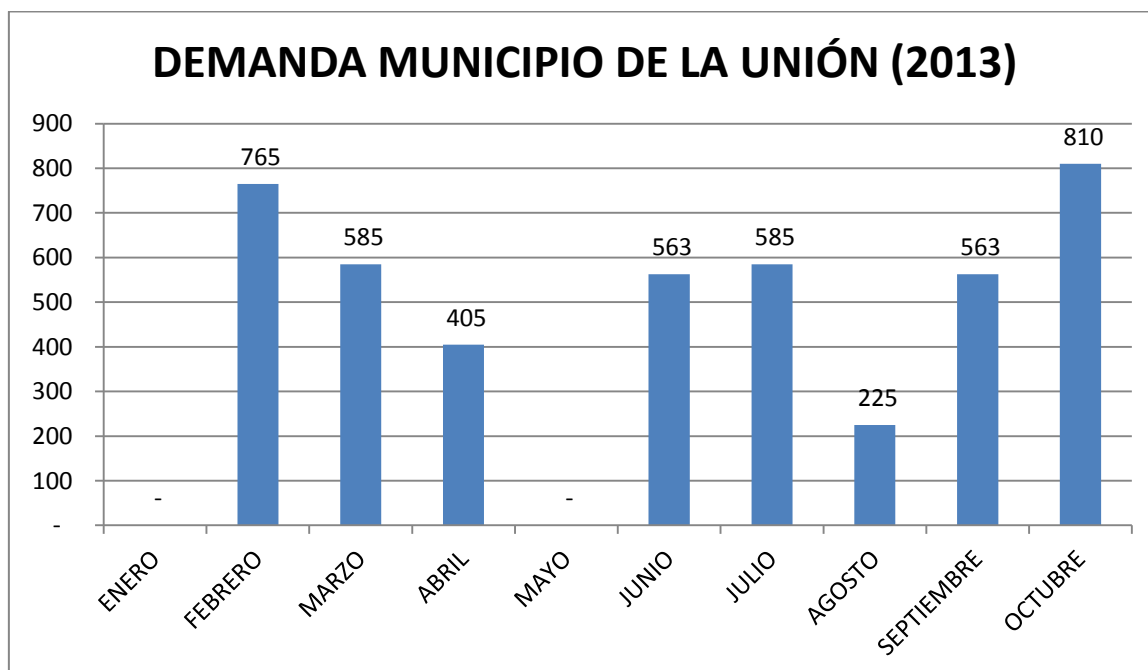
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 39. Histórico de demanda municipio de Jamundí**



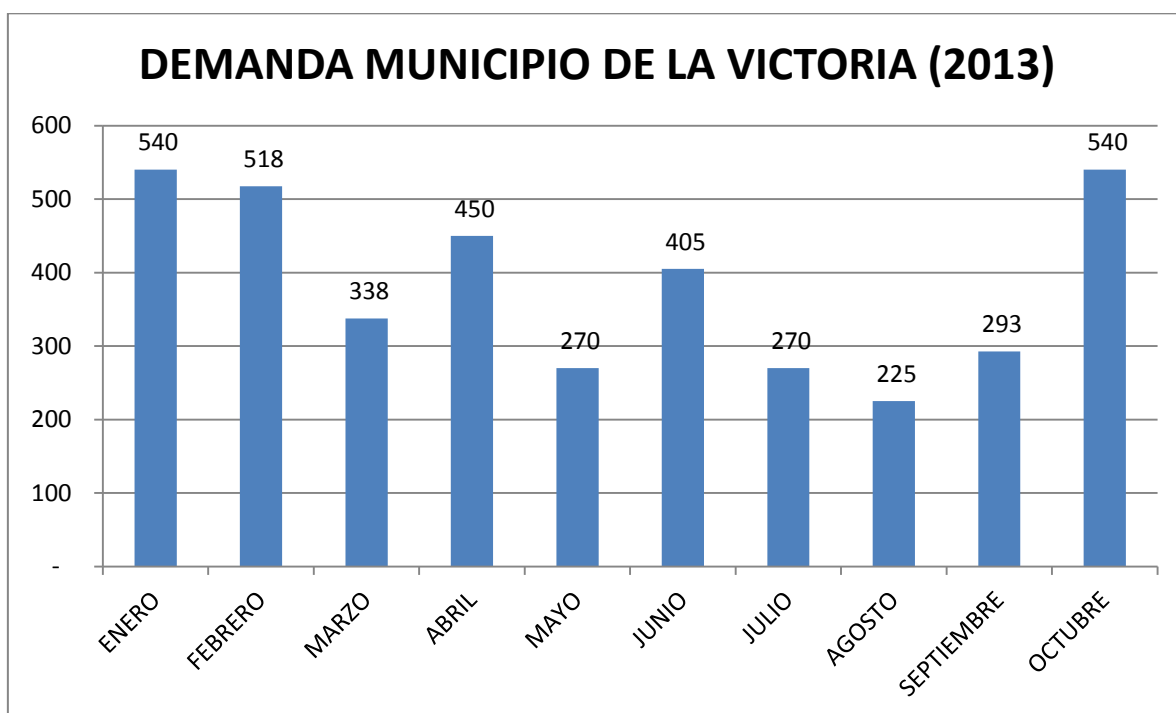
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 40. Histórico de demanda municipio de La Unión**



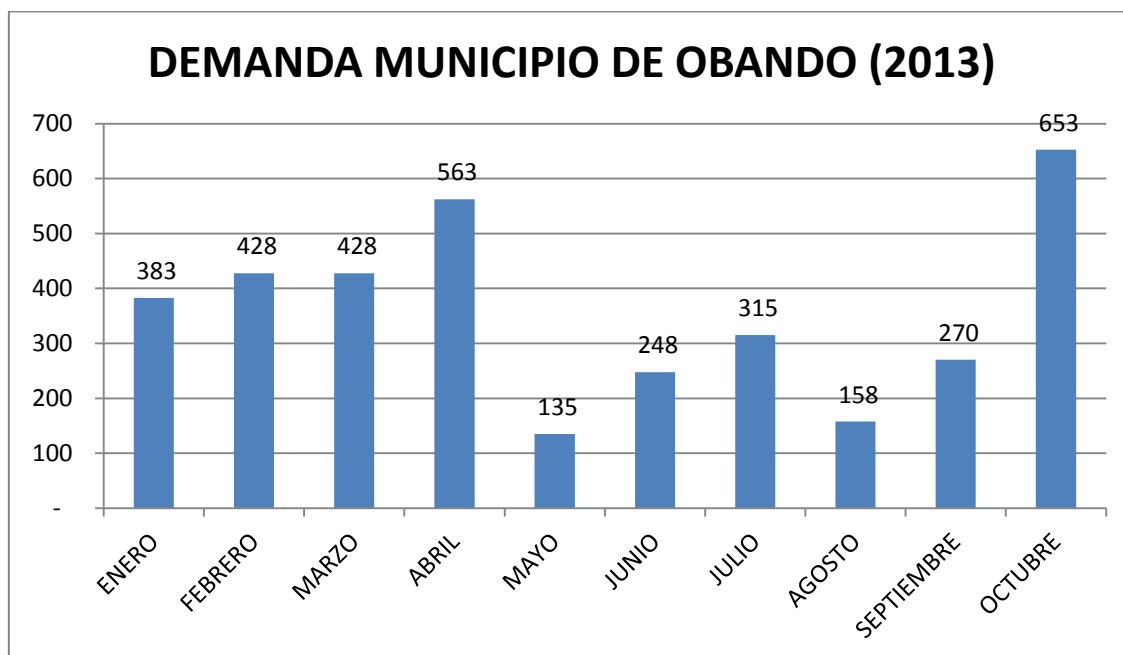
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 41. Histórico de demanda municipio de La Victoria**



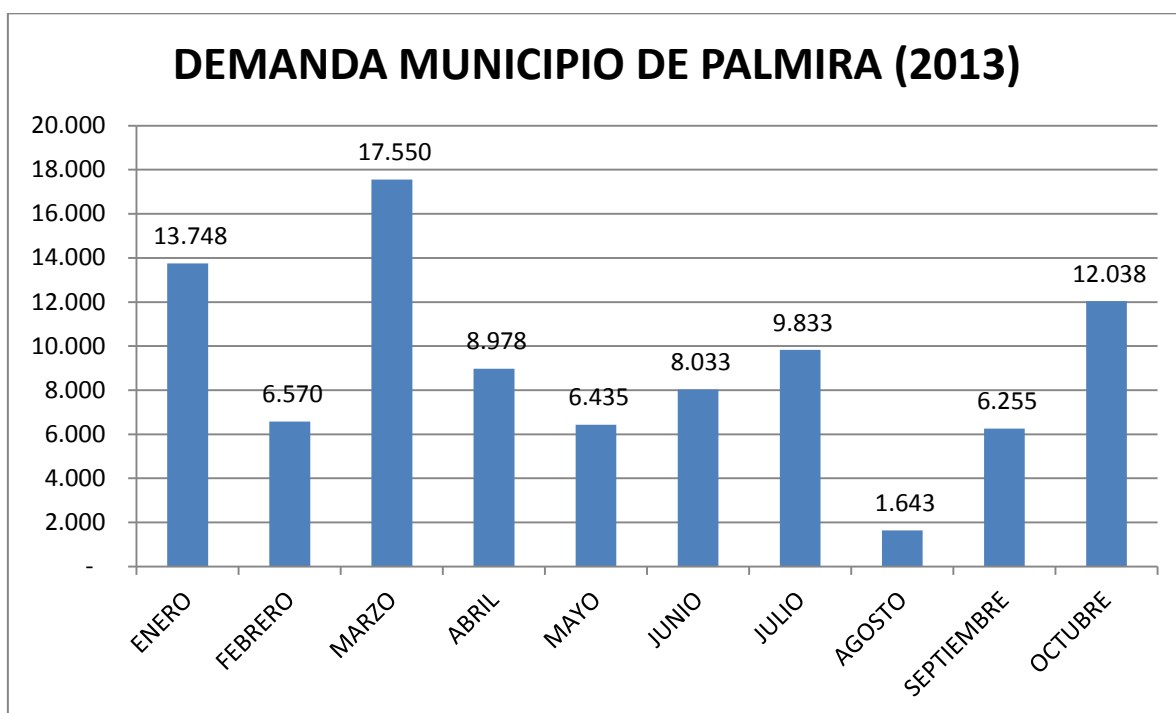
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 42. Histórico de demanda municipio de Obando**



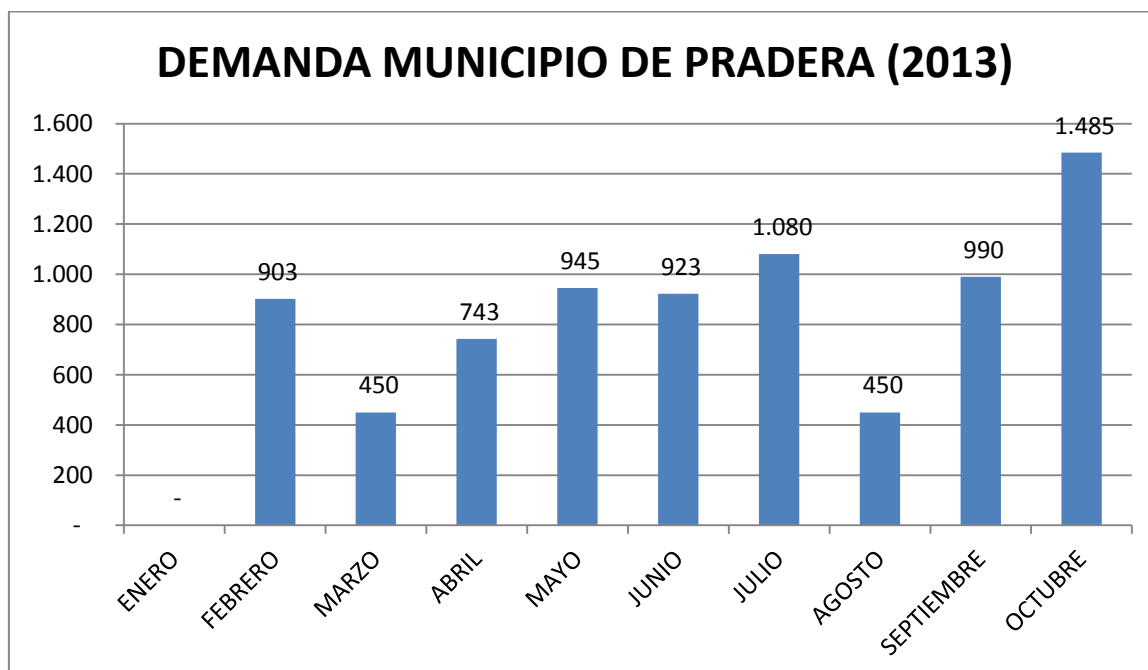
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 43. Histórico de demanda municipio de Palmira**



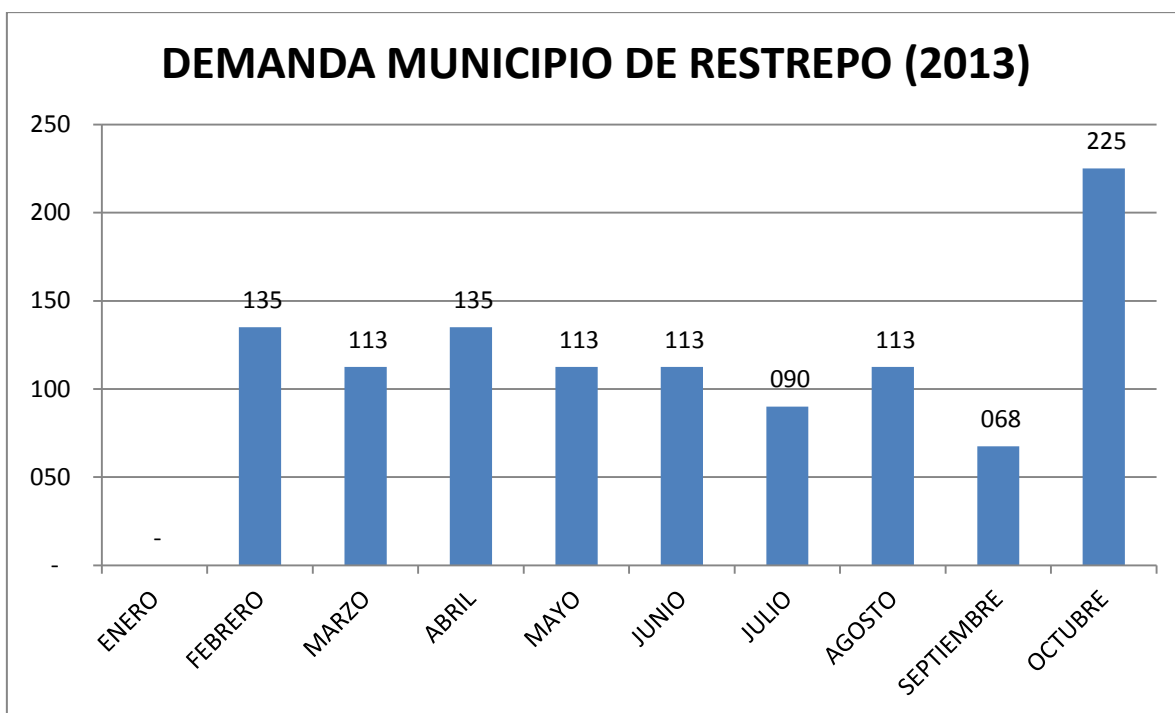
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 44. Histórico de demanda municipio de Pradera**



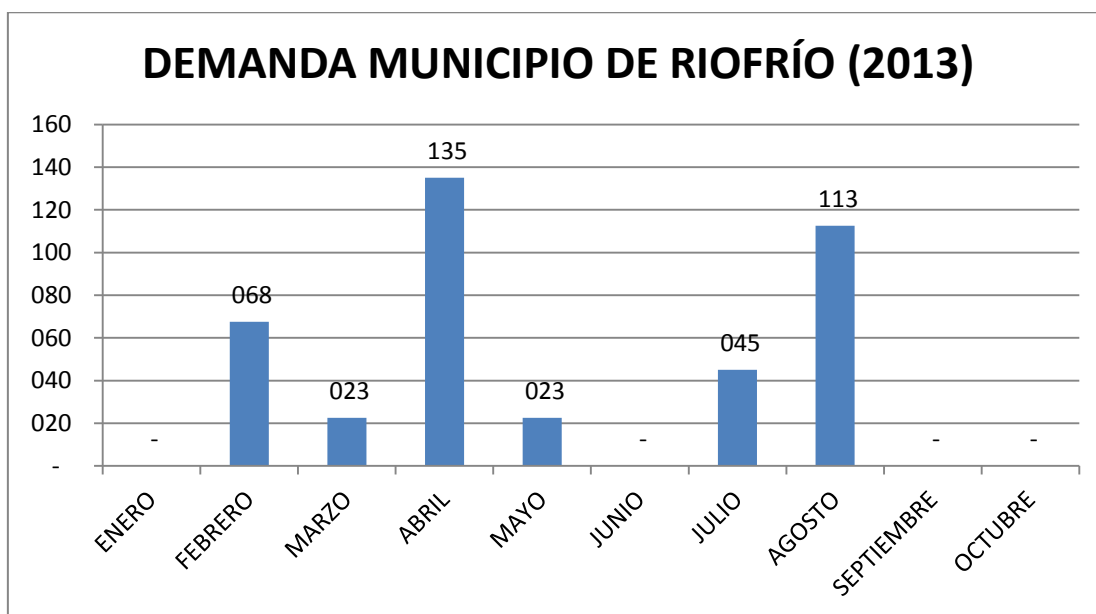
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 45. Histórico de demanda municipio de Restrepo**



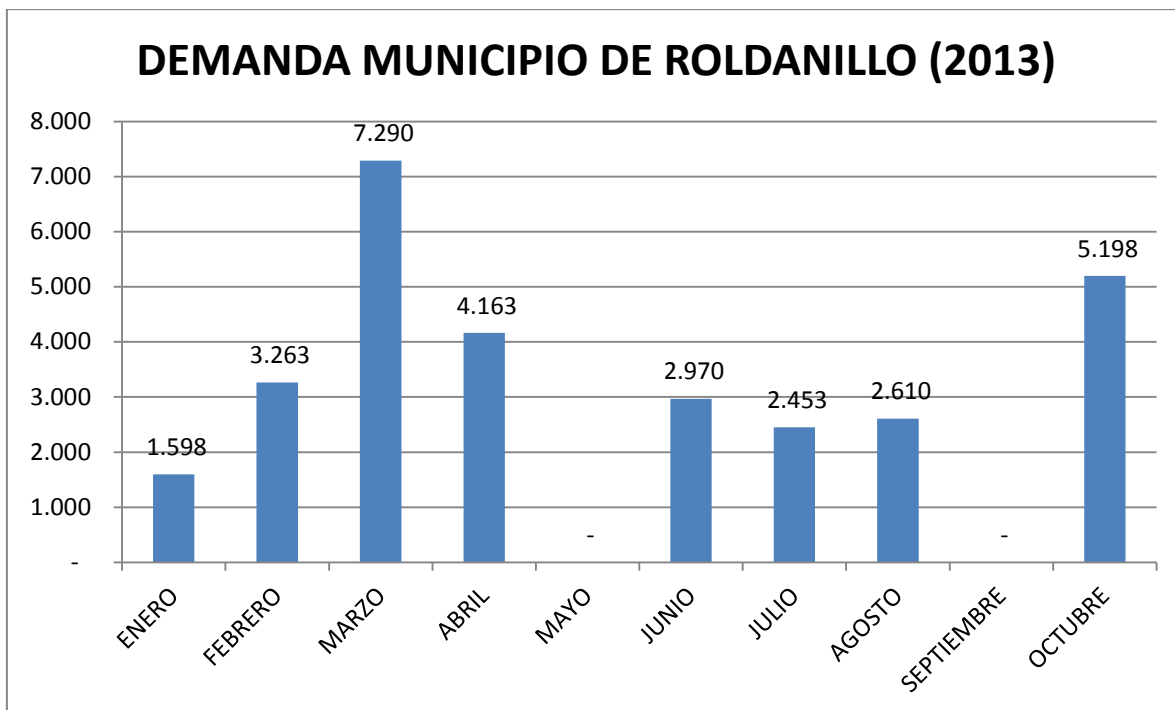
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 46. Histórico de demanda municipio de Riofrío**



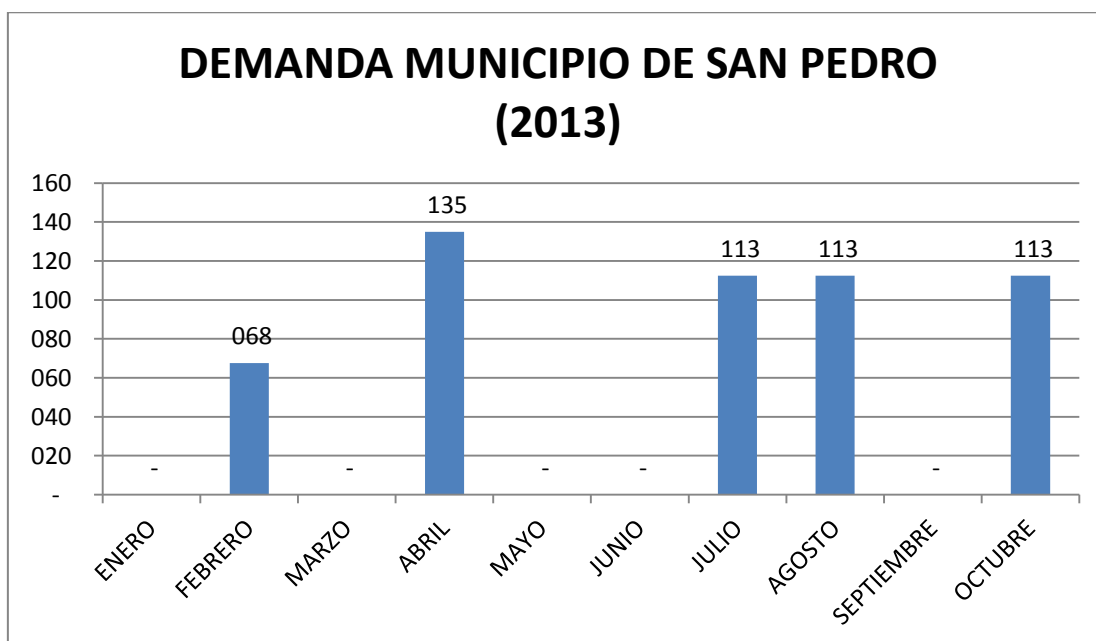
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 47. Histórico de demanda municipio de Roldanillo**



**Fuente:** Elaboración propia

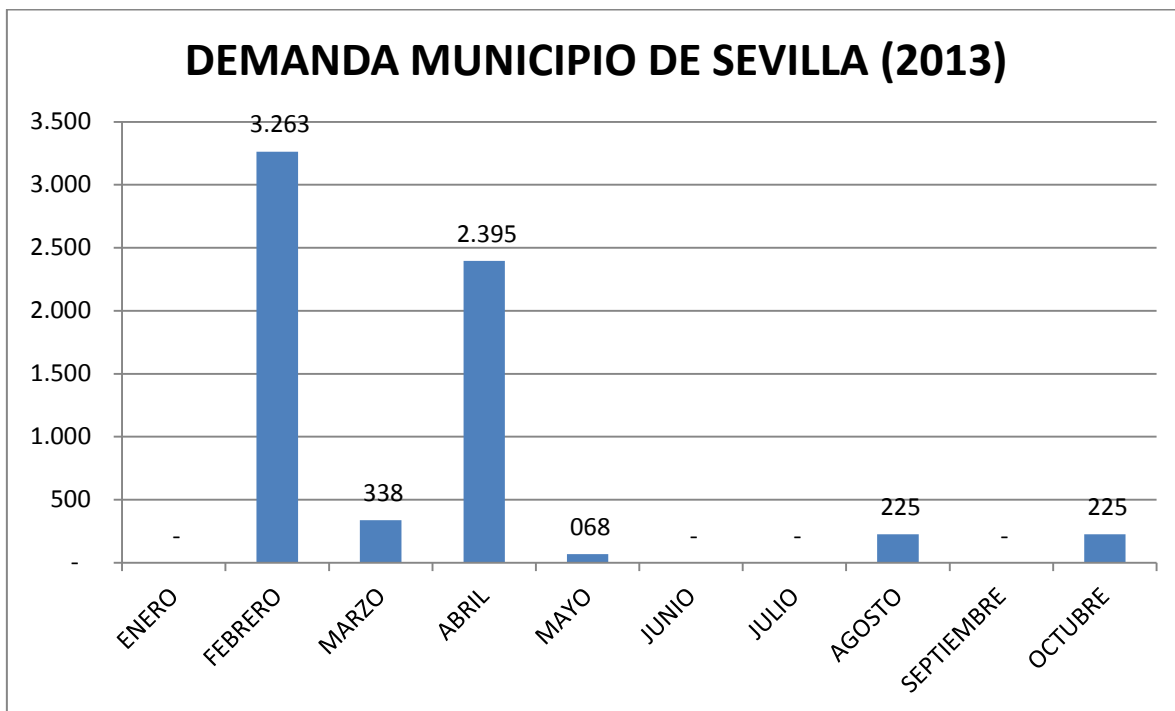
**Figura 48. Histórico de demanda municipio de San Pedro**



**Fuente:** Elaboración propia

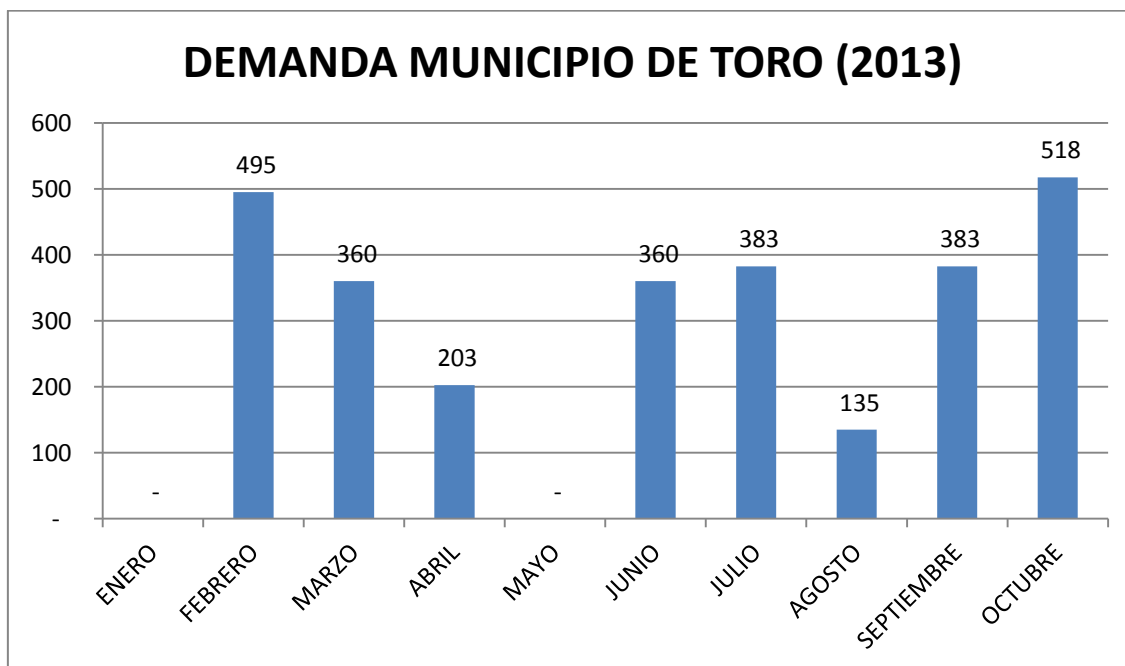


**Figura 49. Histórico de demanda municipio de Sevilla**



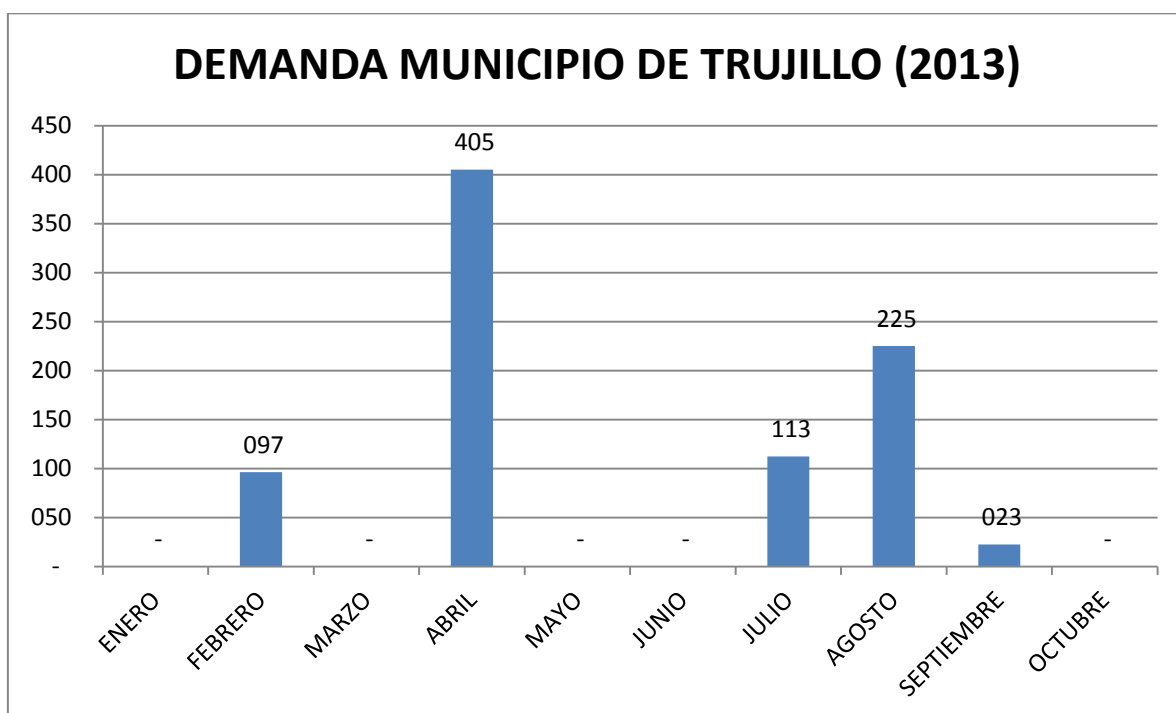
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 50. Histórico de demanda municipio de Toro**



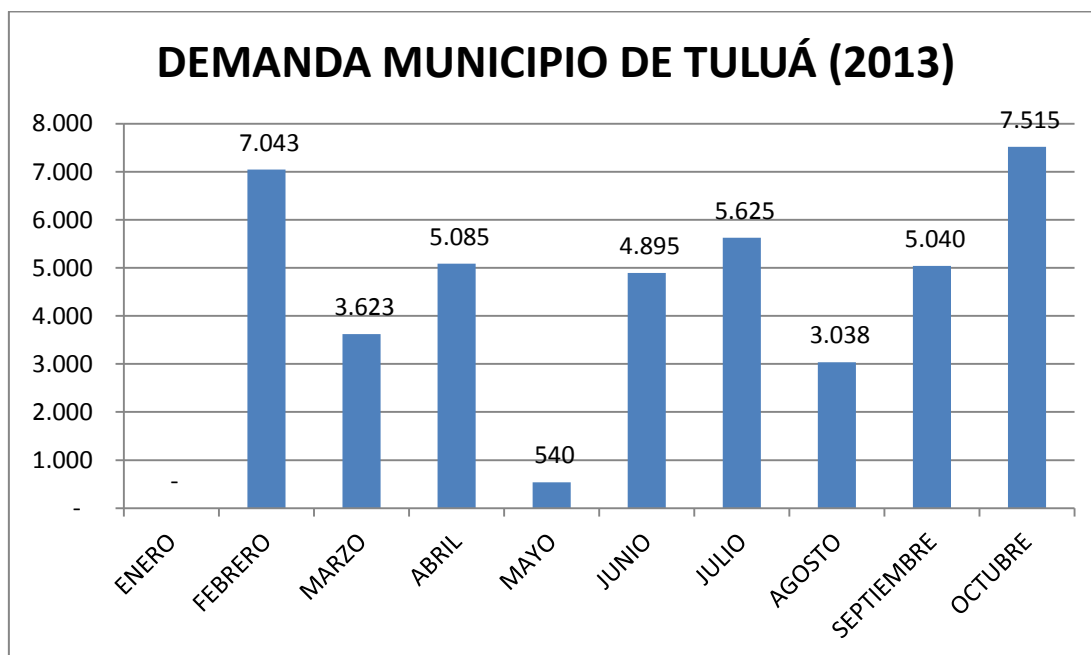
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 51. Histórico de demanda municipio de Trujillo**



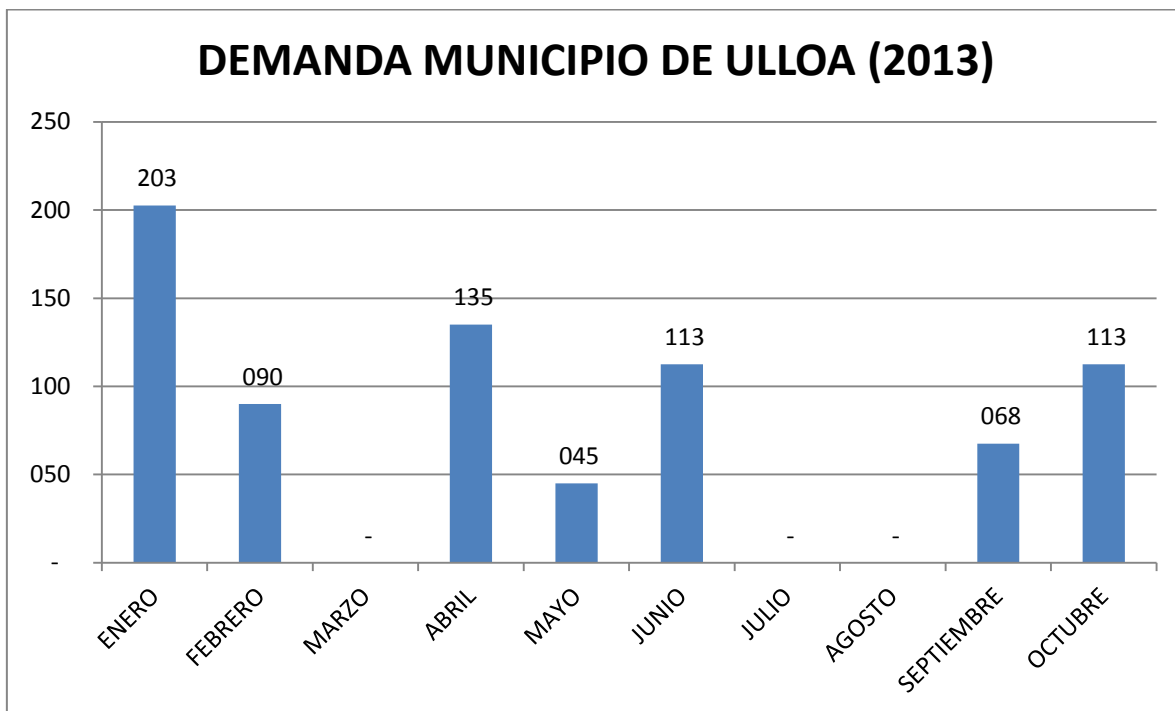
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 52. Histórico de demanda municipio de Tuluá**



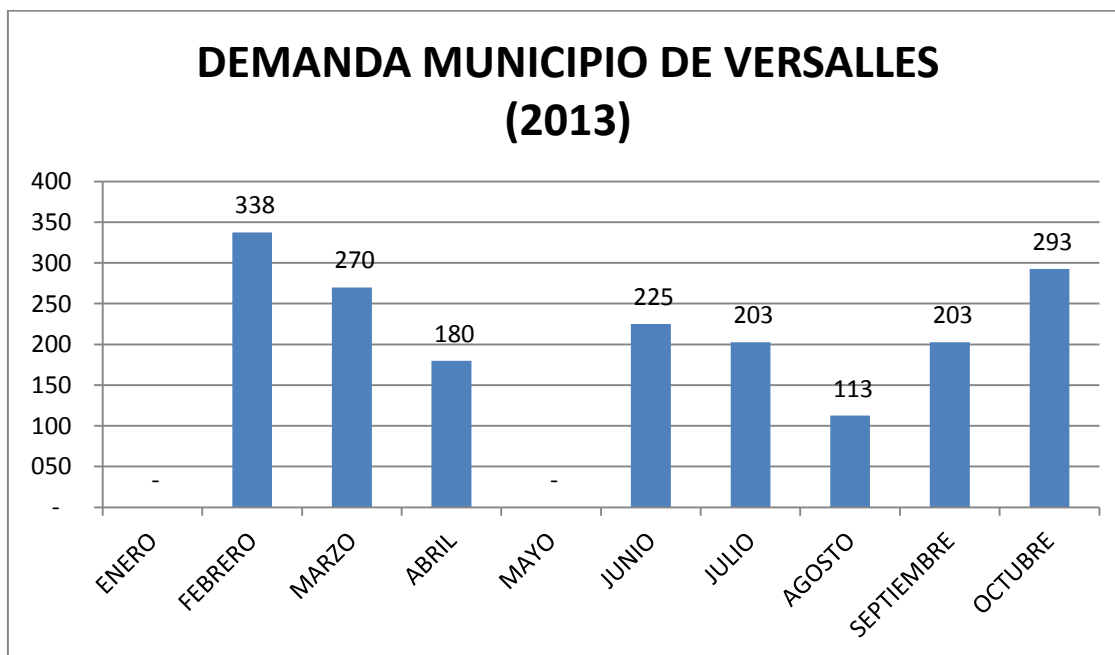
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 53. Histórico de demanda municipio de Ulloa**



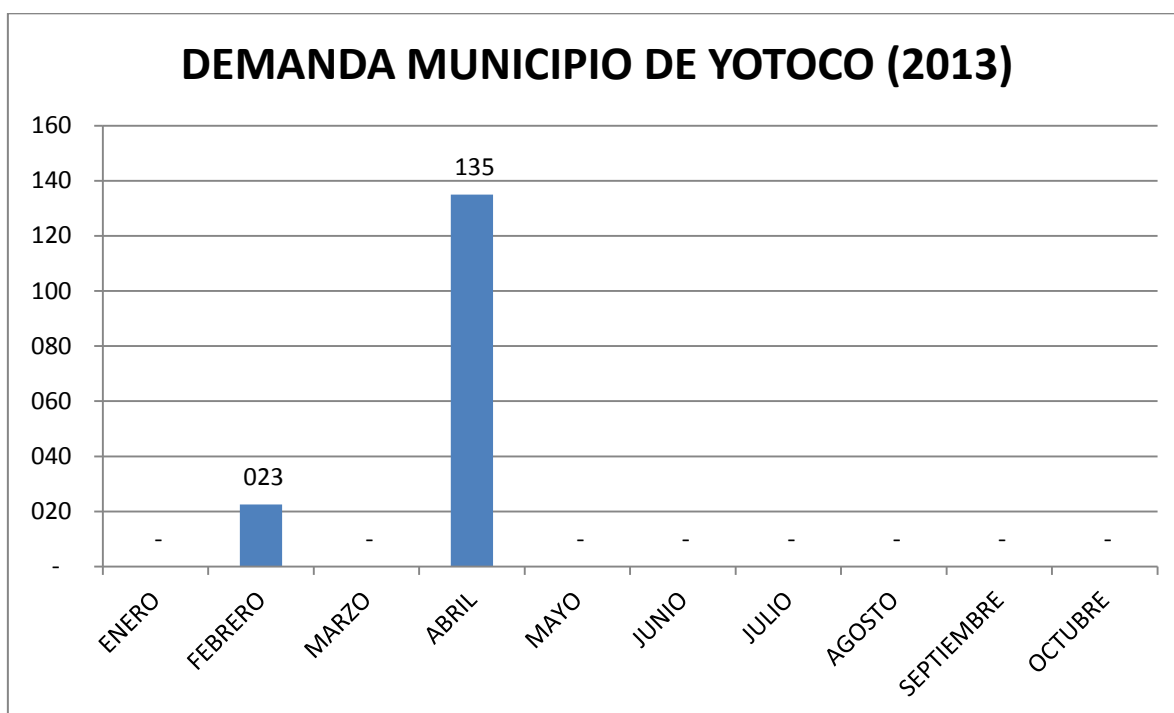
Fuente: Elaboración propia

**Figura 54. Histórico de demanda municipio de Versalles**



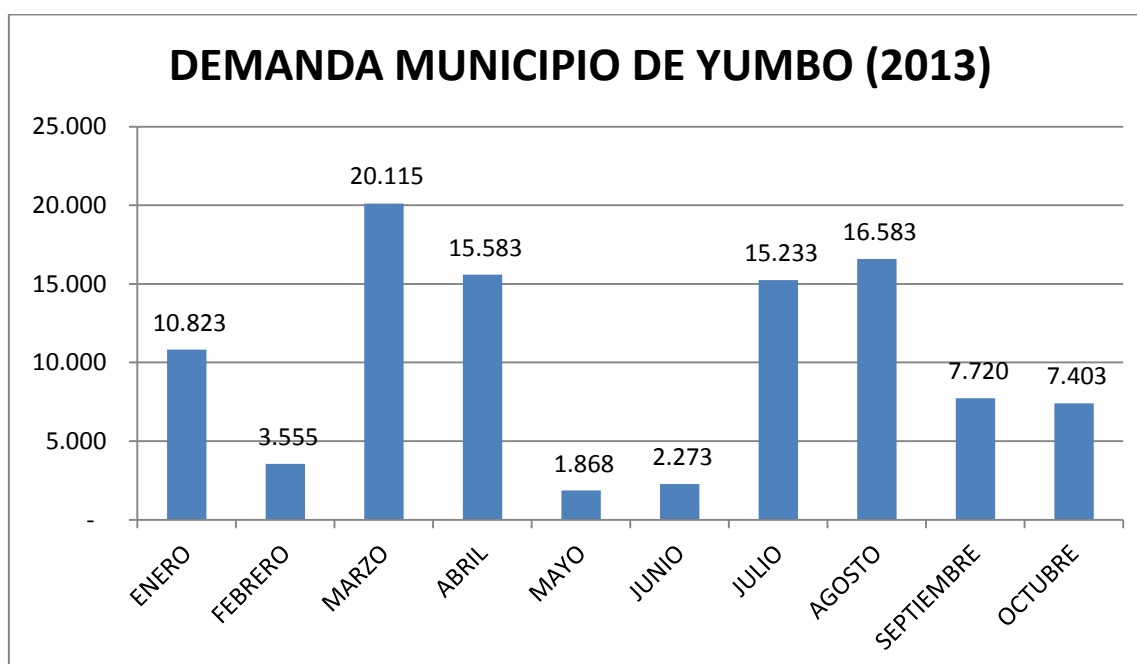
Fuente: Elaboración propia

**Figura 55. Histórico de demanda municipio de Yotoco**



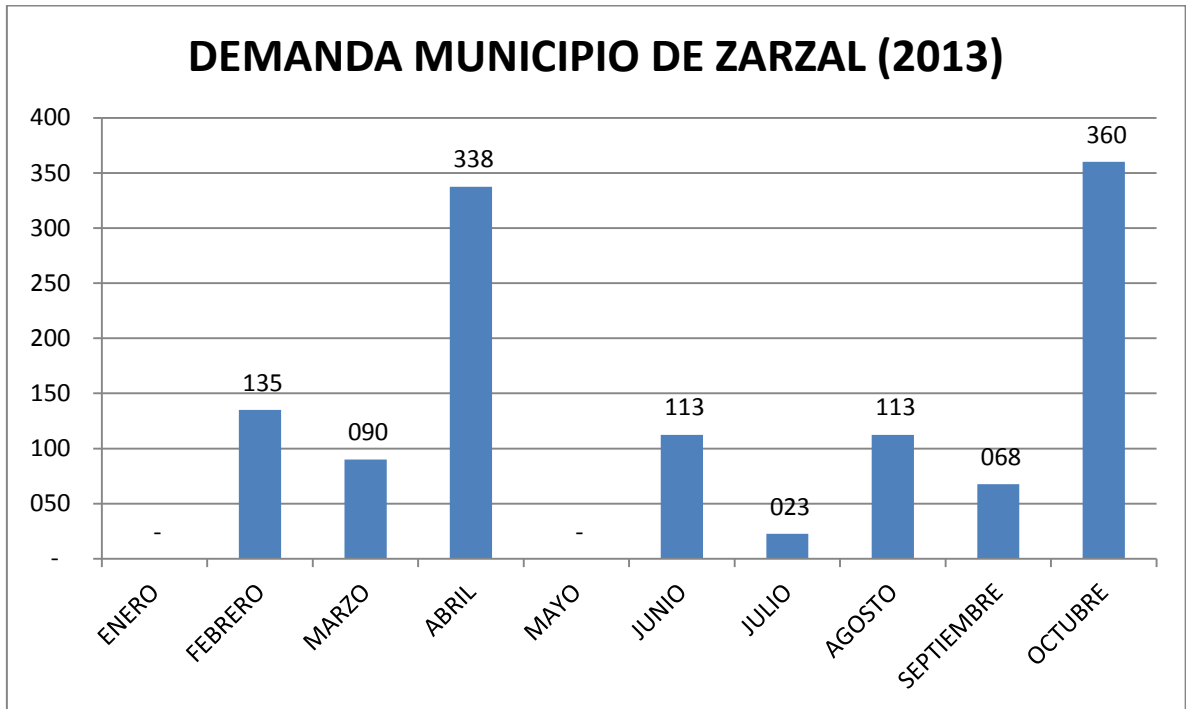
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 56. Histórico de demanda municipio de Yumbo**



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 57. Histórico de demanda municipio de Zarzal**

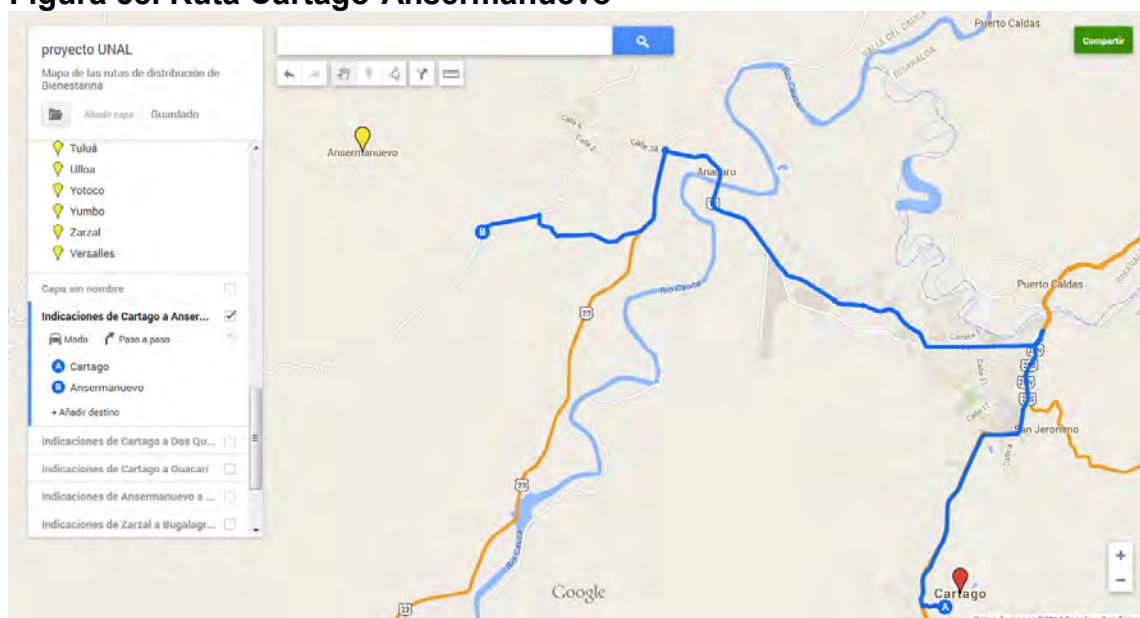


**Fuente:** Elaboración propia

## Anexo B: Información detallada de las rutas del Valle del Cauca.

### Ruta Cartago-Ansermanuevo

Figura 58. Ruta Cartago-Ansermanuevo



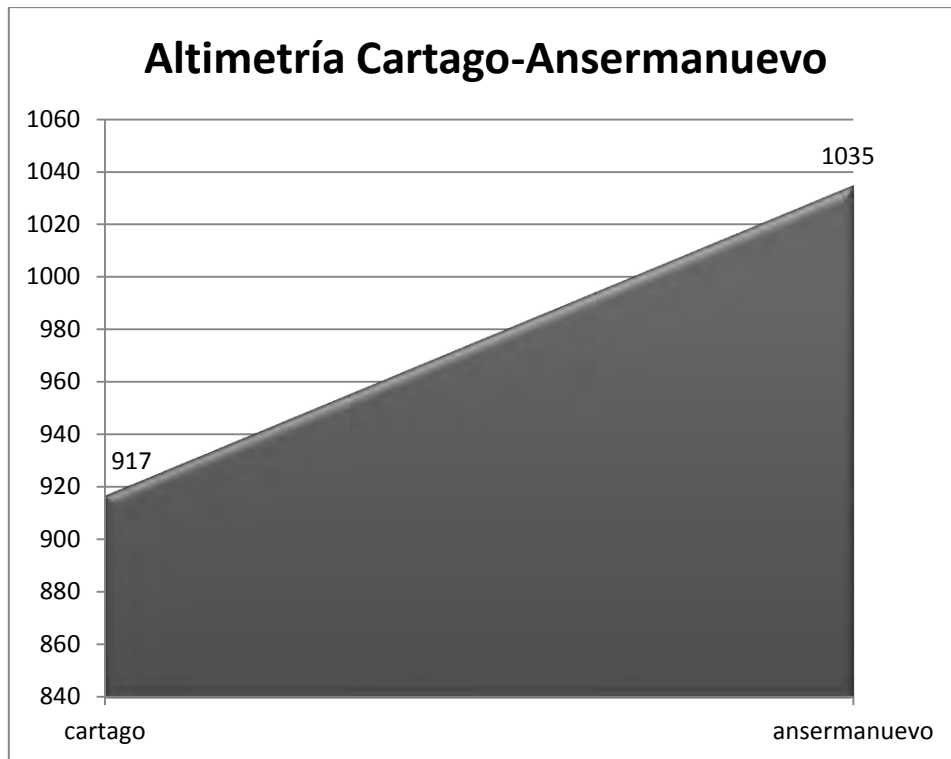
Fuente: MyMaps (Google)

Cuadro 15. Resumen de datos de la vía Cartago-Ansermanuevo

Nodos de la Ruta	Longitud de la vía (Km)	Pavimentación	Estado de la vía	Número de Carriles
Cartago - Ansermanuevo	25,5	Asfáltico (mal procesado)	Regular	1

Fuente: Elaboración propia

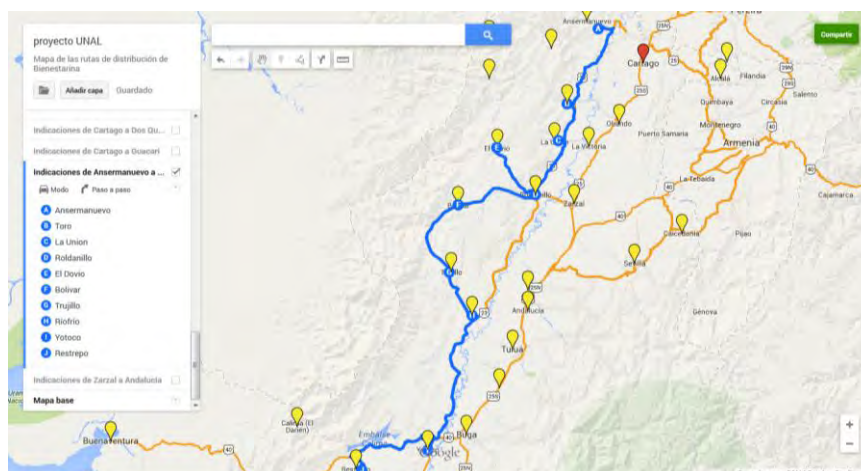
**Gráfico 1. Altimetría Cartago-Ansermanuevo**



**Fuente:** Elaboración propia

### Ruta Ansermanuevo-Restrepo

**Figura 59. Ruta Ansermanuevo-Restrepo**



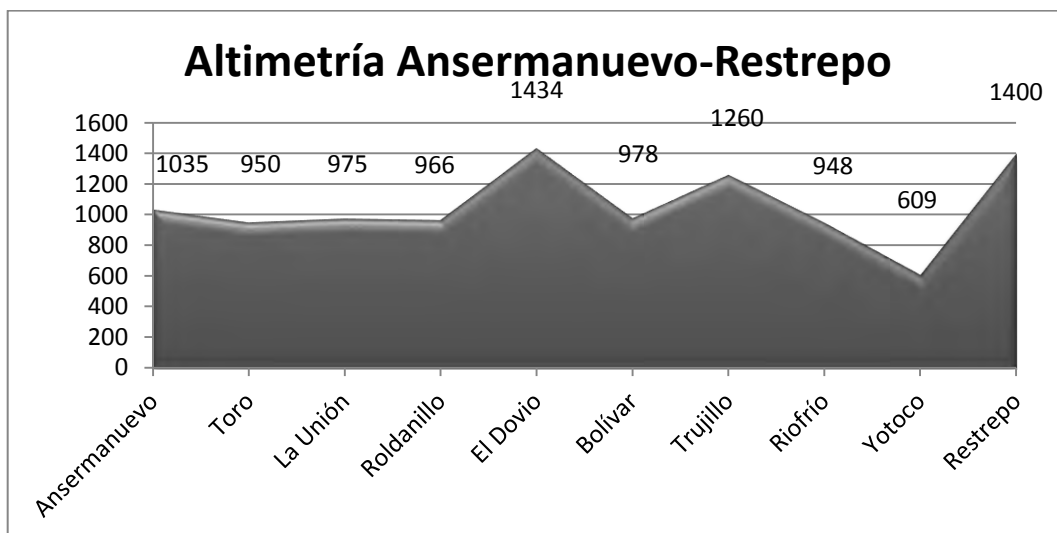
**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro 16. Resumen estado de las vías Ansermanuevo-Restrepo**

Nodos de la Ruta	Longitud de la vía (Km)	Pavimentación	Estado de la vía	Número de Carriles
Ansermanuevo - Toro	28,4	Asfáltico	Regular	1
Toro – La Unión	12,7	Asfáltico	Regular	1
La Unión - Roldanillo	17,3	Asfáltico	Bueno	1
Roldanillo - Riofrío	40,3	Asfáltico	Bueno	1
Riofrío - Restrepo	70,7	Asfáltico	Bueno	1

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 2. Altimetría Ansermanuevo-Restrepo**

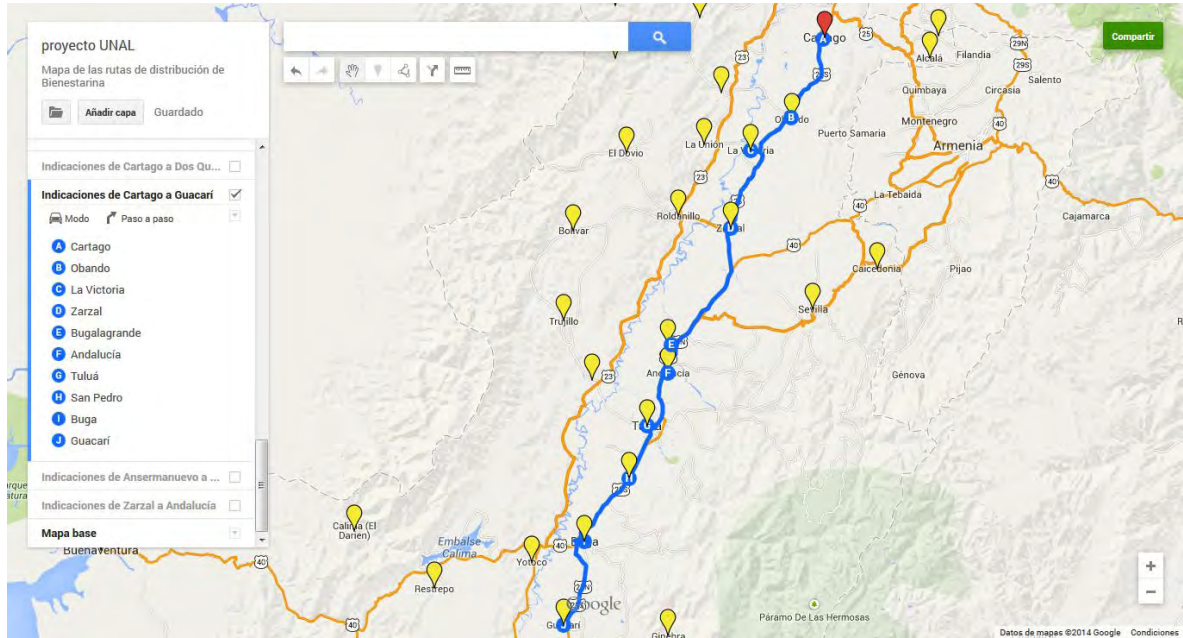


Fuente: Elaboración propia



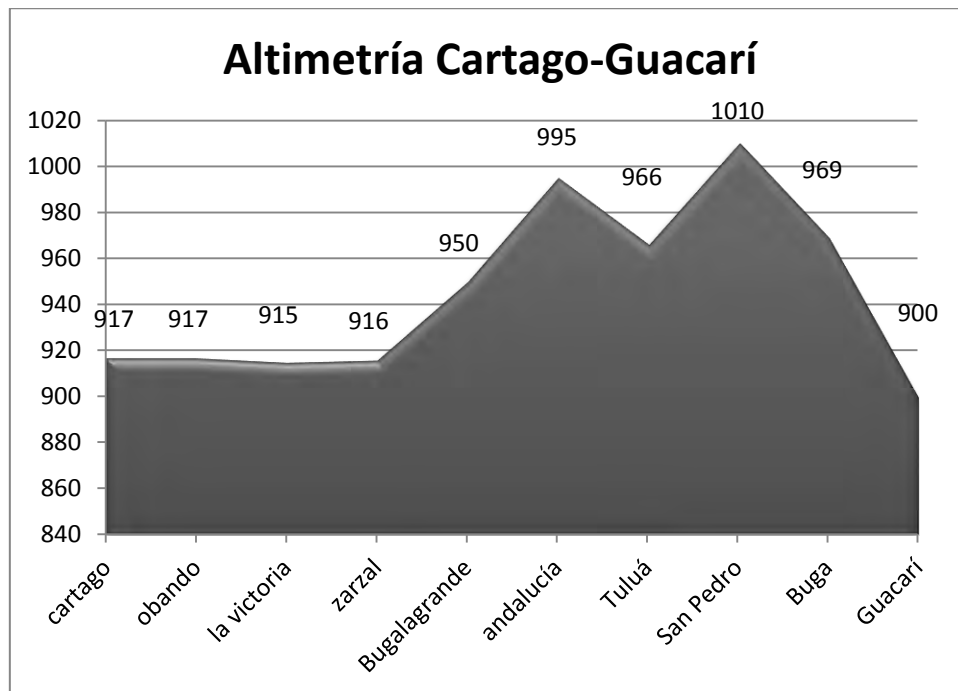
## Ruta Cartago-Guacarí

Figura 60. Ruta Cartago-Guacarí



Fuente: MyMaps (Google)

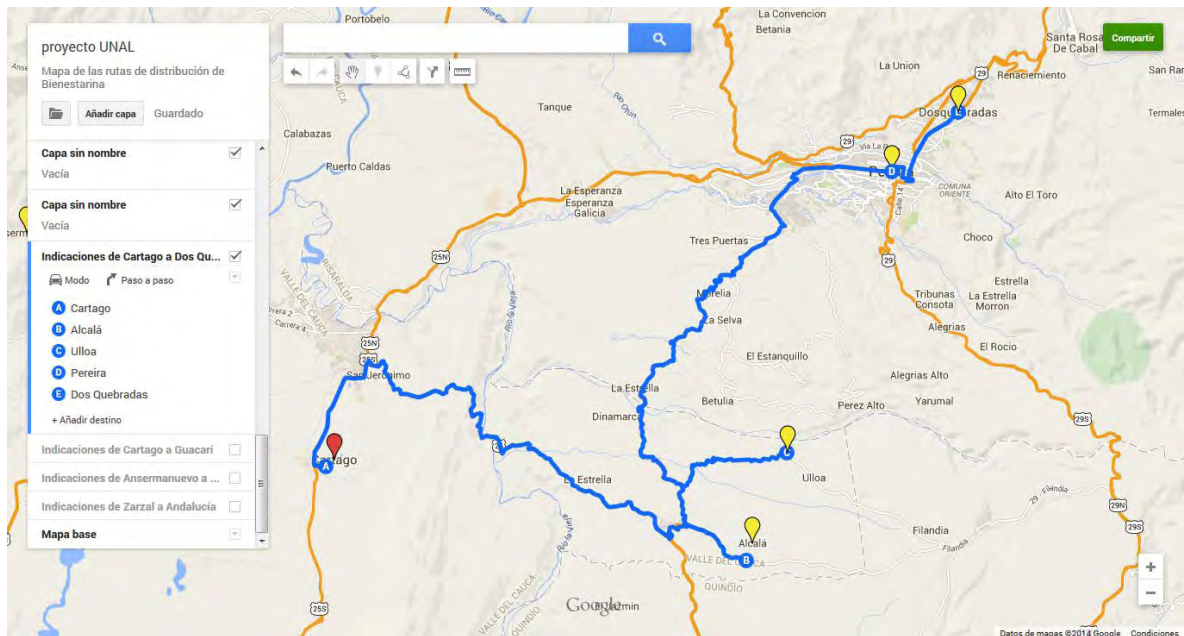
Gráfico 3. Altimetría Cartago-Guacarí



Fuente: Elaboración propia

## Ruta Cartago-Dosquebradas.

Figura 61. Ruta Cartago-Dosquebradas



Fuente: MyMaps (Google)

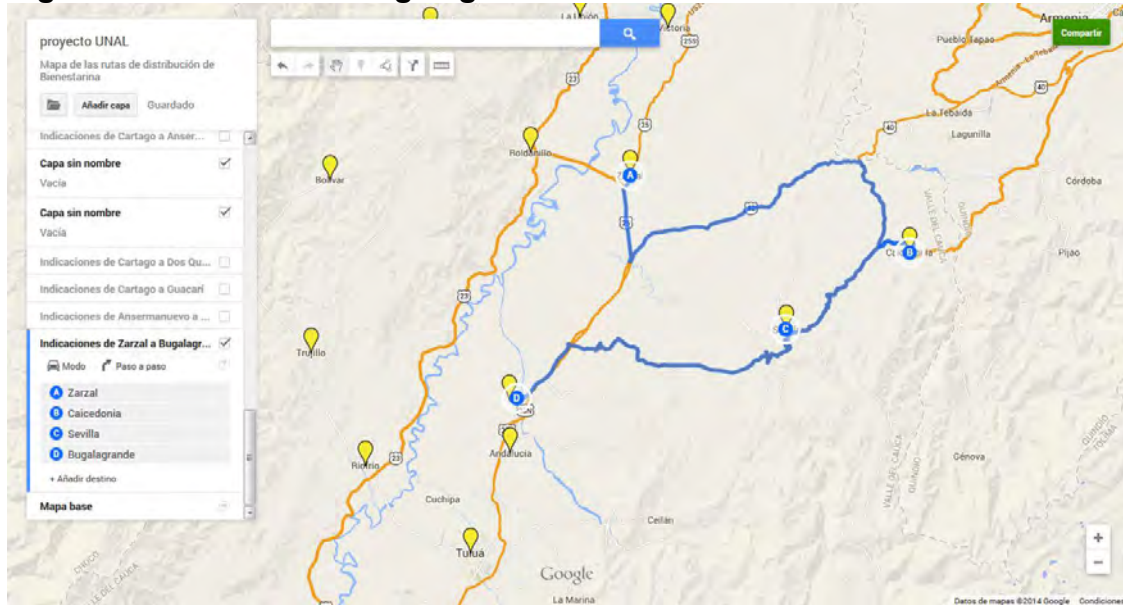
Cuadro 17. Resumen estado de las vías Cartago-Dosquebradas

Nodos de la Ruta	Longitud de la vía (Km)
Cartago - Alcalá	32,3
Alcalá - Ulloa	11,8
Ulloa - Dosquebradas	39,4

Fuente: Elaboración propia

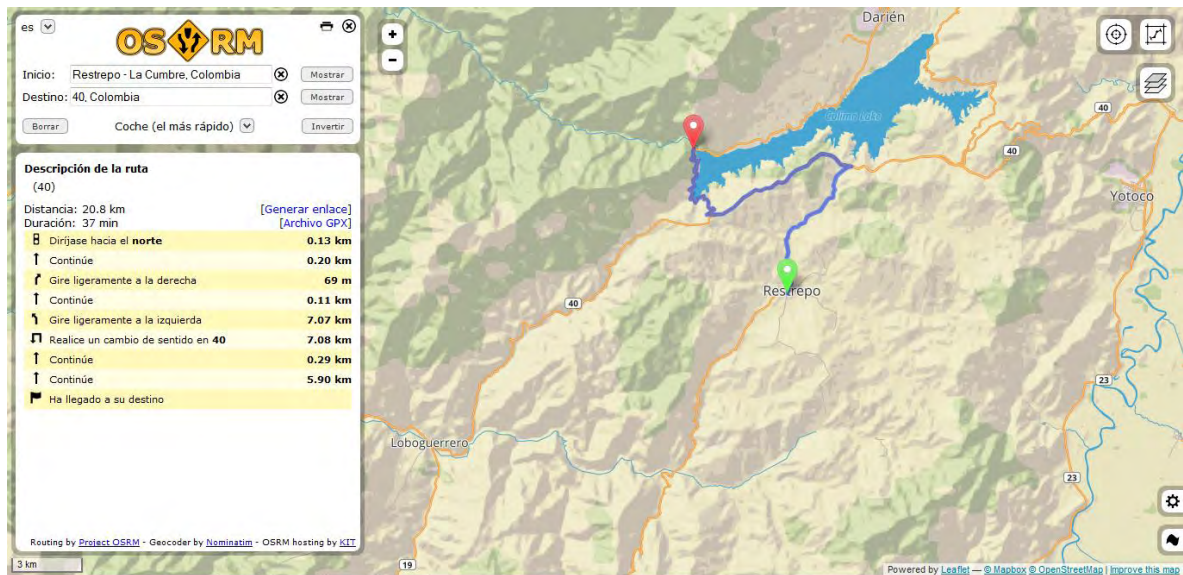
## Otras Rutas

Figura 62. Ruta Zarzal-Bugalagrande



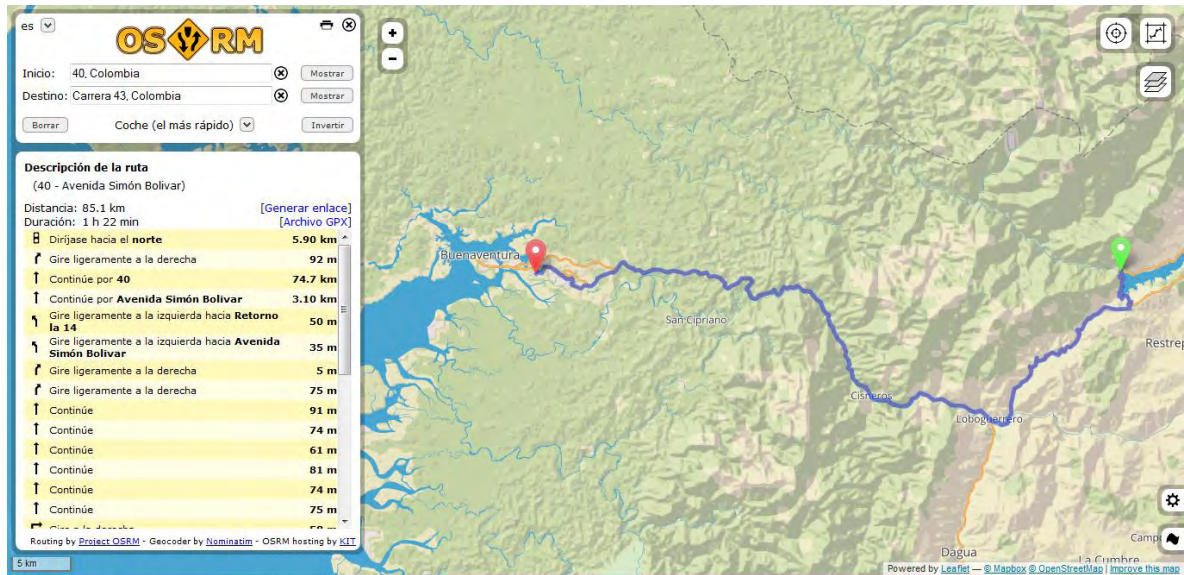
Fuente: MyMaps (Google)

Figura 63. Ruta Restrepo-Calima (El darién)



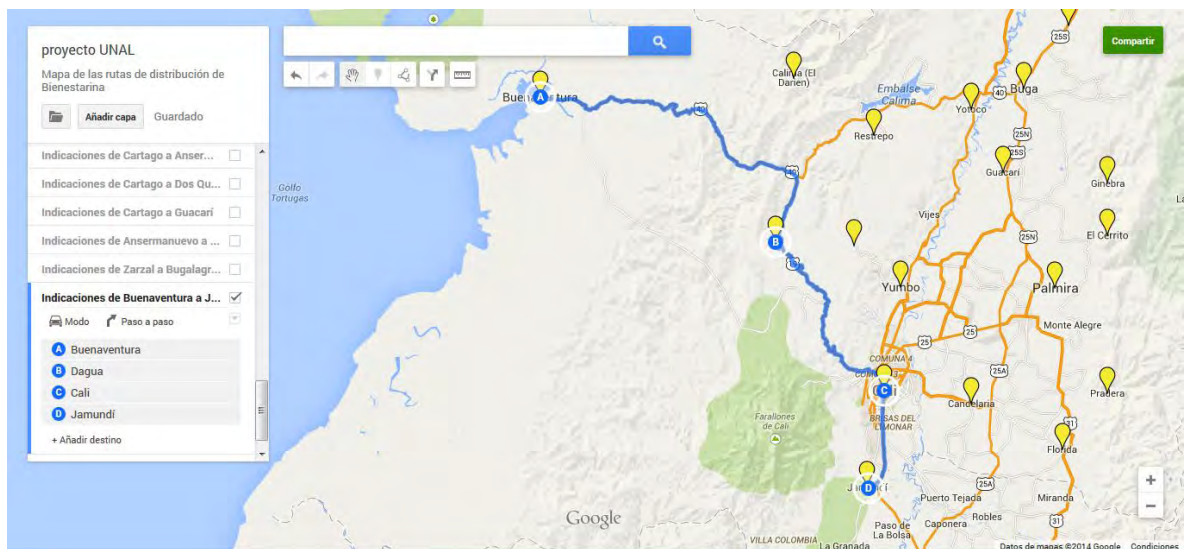
Fuente: MyMaps (Google)

**Figura 64. Ruta Calima (el Darién)-Buenaventura**



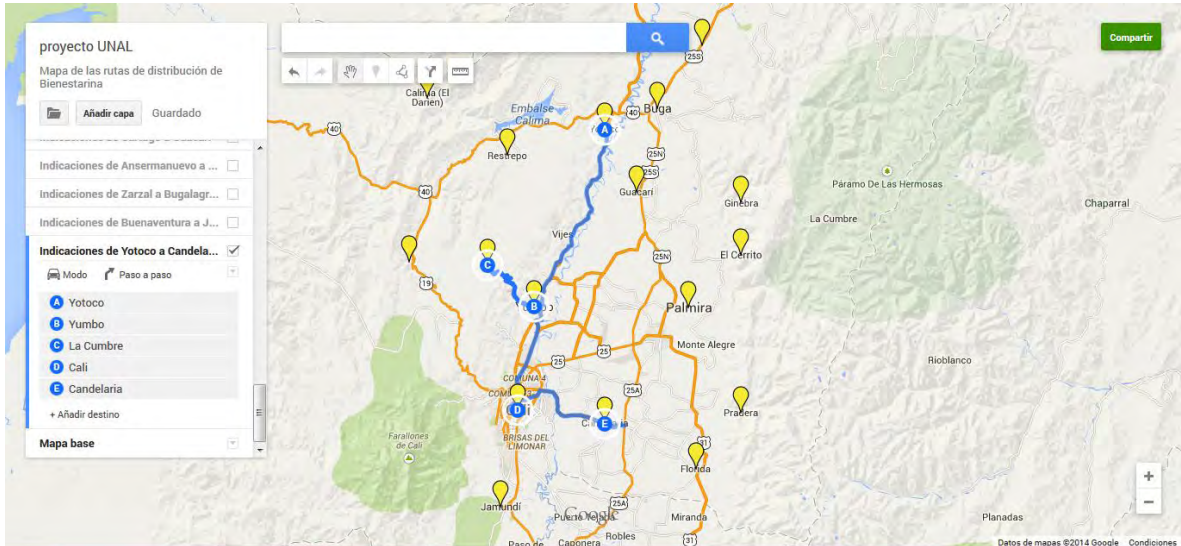
Fuente: MyMaps (Google)

**Figura 65. Ruta Buenaventura-Jamundí**



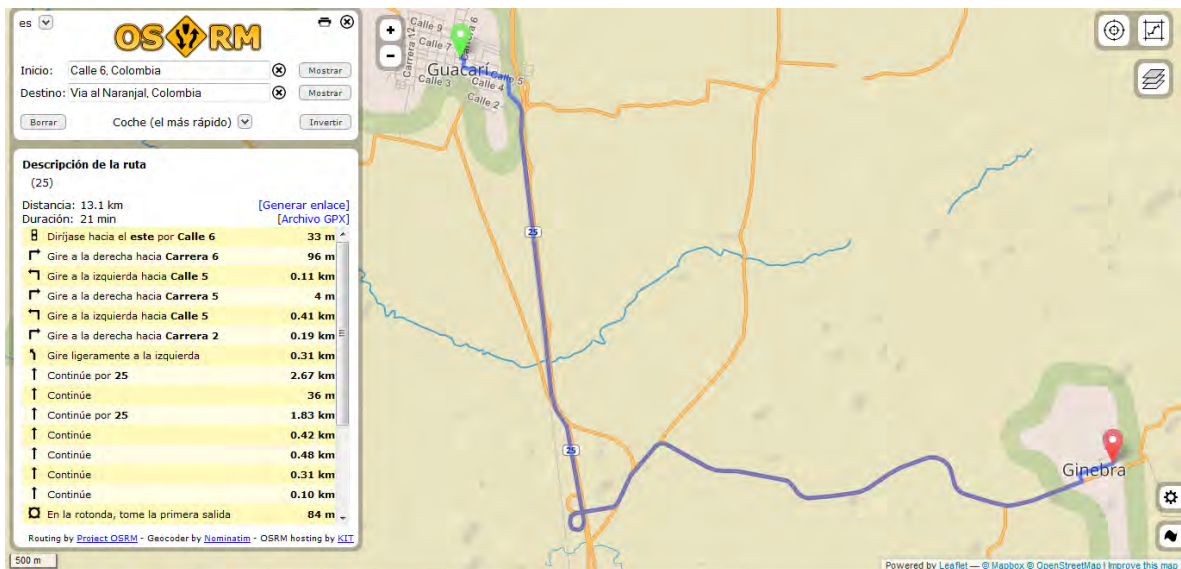
Fuente: MyMaps (Google)

Figura 66. Ruta Yotoco-Candelaria



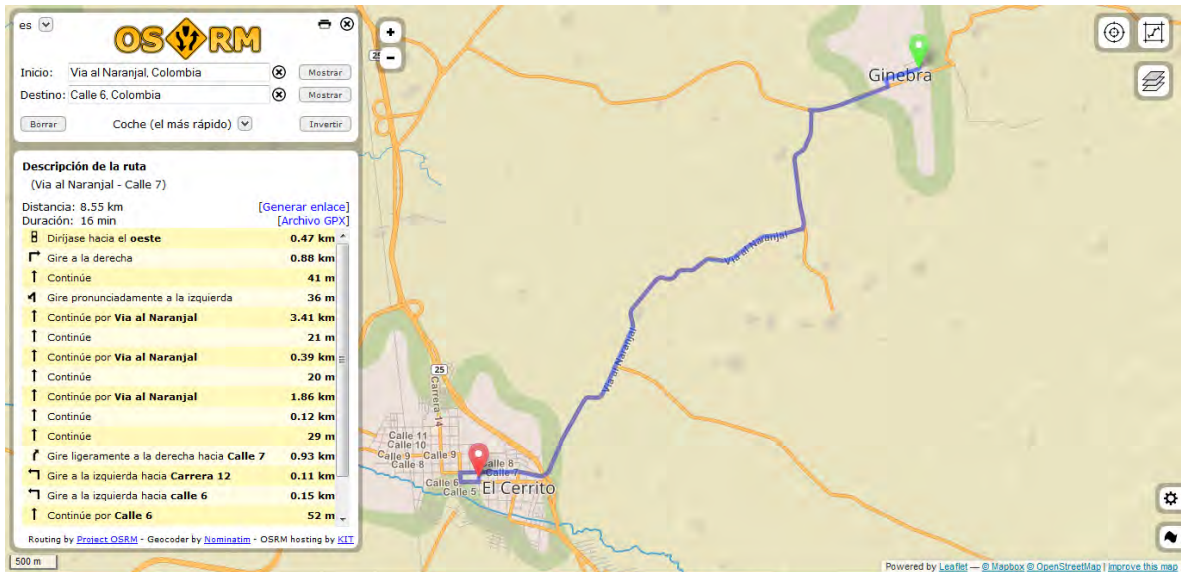
Fuente: MyMaps (Google)

Figura 67. Ruta Guacarí-Ginebra



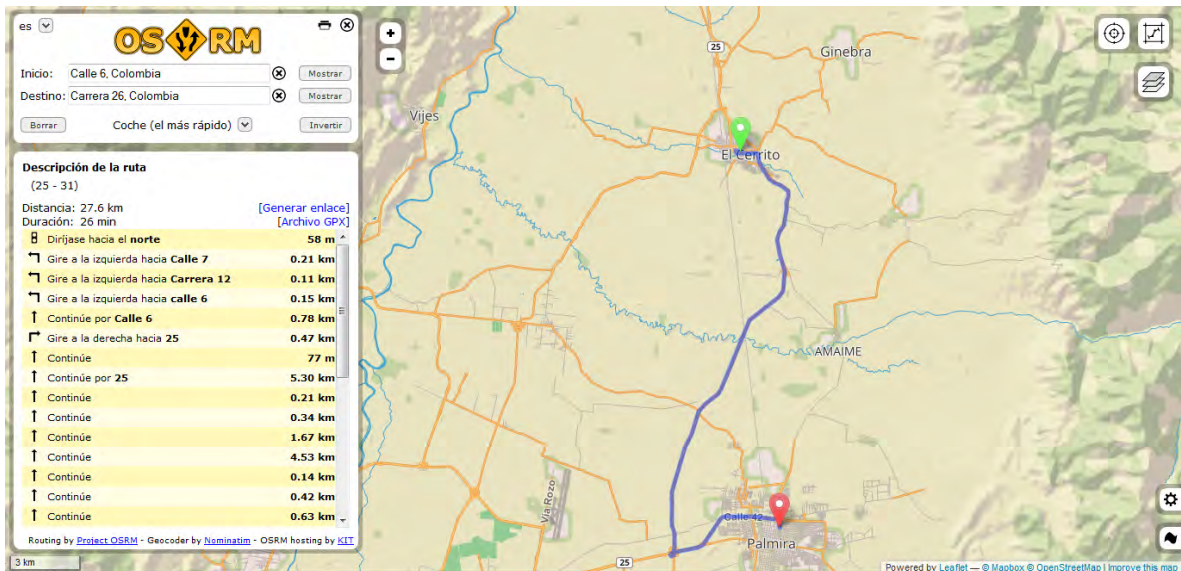
Fuente: MyMaps (Google)

Figura 68. Ruta Ginebra-El cerrito



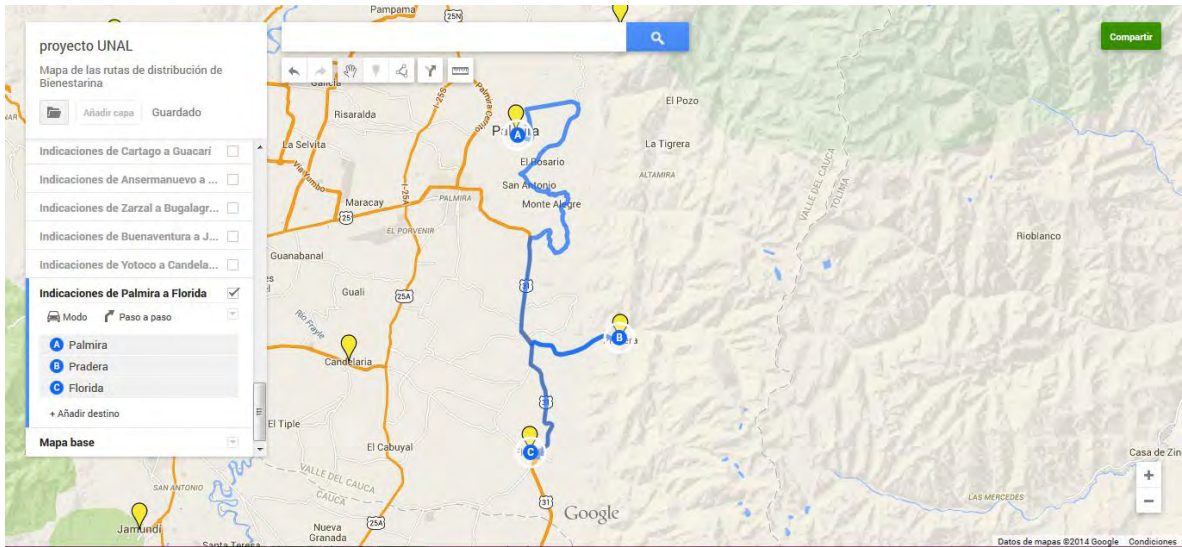
Fuente: MyMaps (Google)

Figura 69. Ruta El cerrito-Palmira



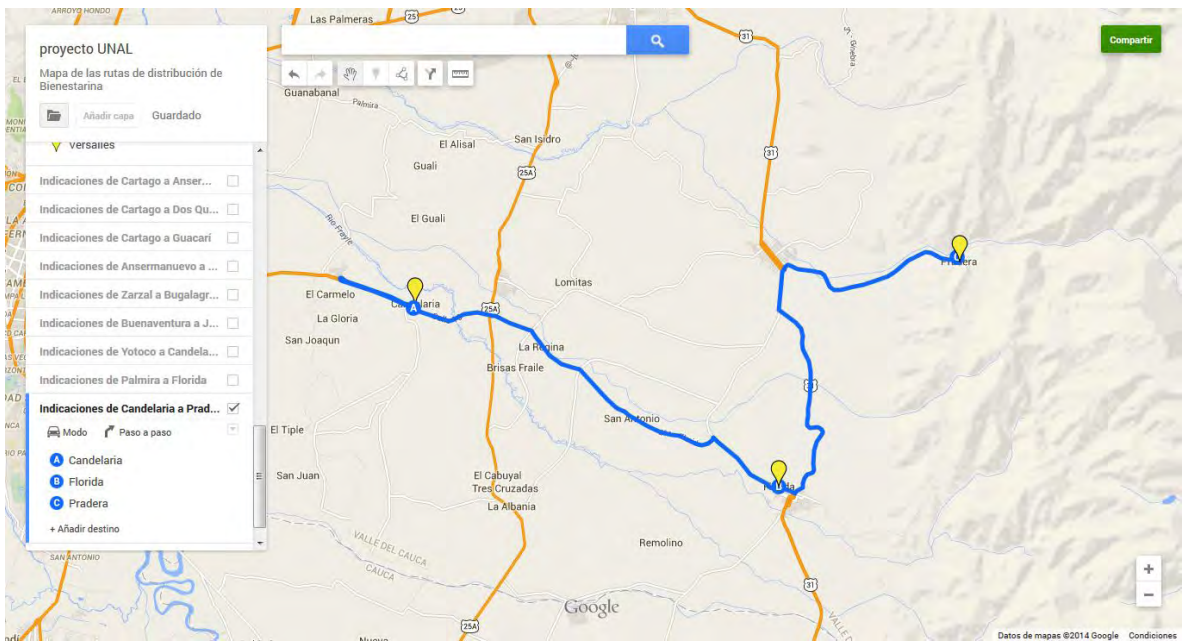
Fuente: MyMaps (Google)

**Figura 70. Ruta Palmira-Florida.**



**Fuente: MyMaps (Google)**

**Figura 71. Ruta Candelaria-Pradera**



**Fuente: MyMaps (Google)**

## Anexo C. Rutas propuestas para la distribución de la Bienestarina®

### 11.1.1 ENERO

Cuadro 18. Grupo 1. Tiempo: 8 horas, 20 minutos

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)	MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CARTAGO	-	ARGELIA	270,00
PEREIRA	-	EL CAIRO	360,00
DOSQUEBRADAS	3.172,50	VERSALLES	-
ALCALÁ	562,50	LA UNION	-
ULLOA	202,50	LA VICTORIA	540,00
ANSERMANUEVO	-	EL DOVIO	495,00
EL ÁGUILA	270,00	ROLDANILLO	1.597,50
OBANDO	382,50	Total	7.852,50
TORO	-		

Fuente: Elaboración propia

Figura 72. Ruta Grupo 1 enero



Fuente: Route4Me®

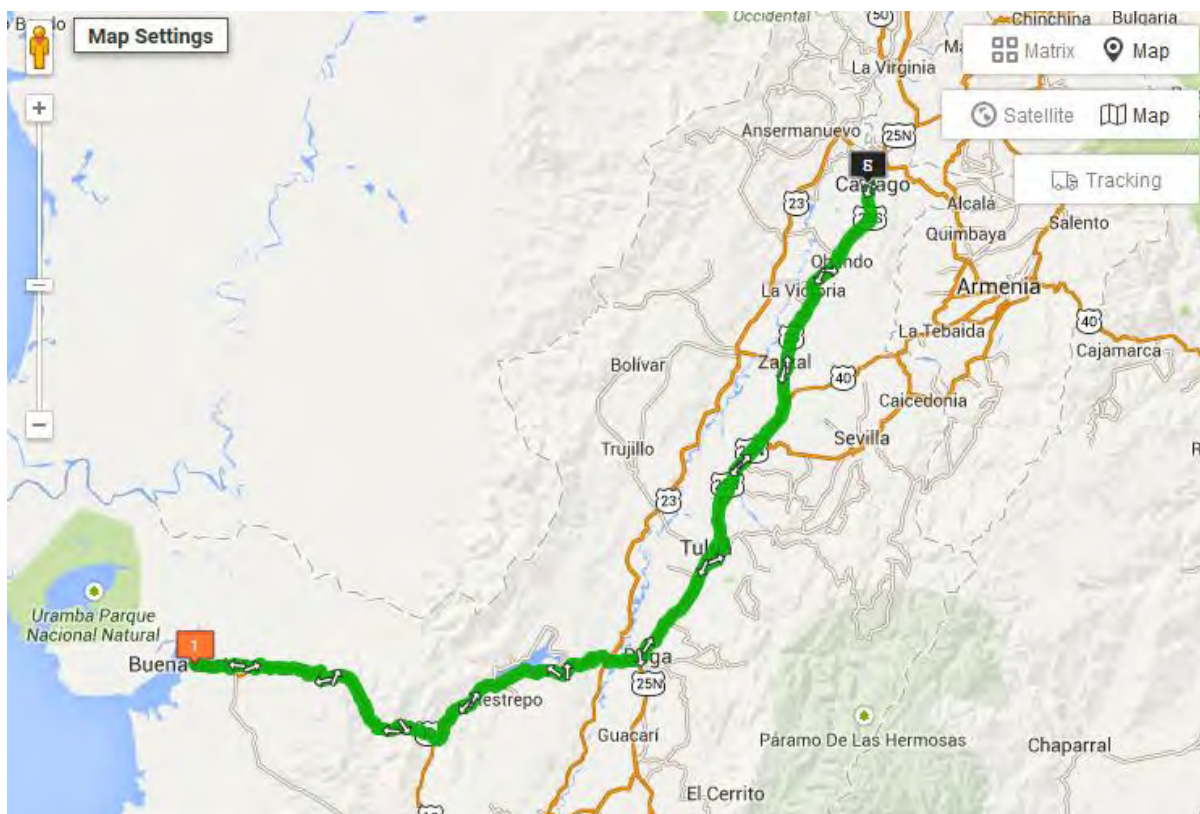


**Cuadro 19. Grupo 2. Tiempo 6 horas, 53 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUENAVENTURA 1	8.000,00

Fuente: Elaboración propia

**Figura 73. Ruta Grupo 2 enero**



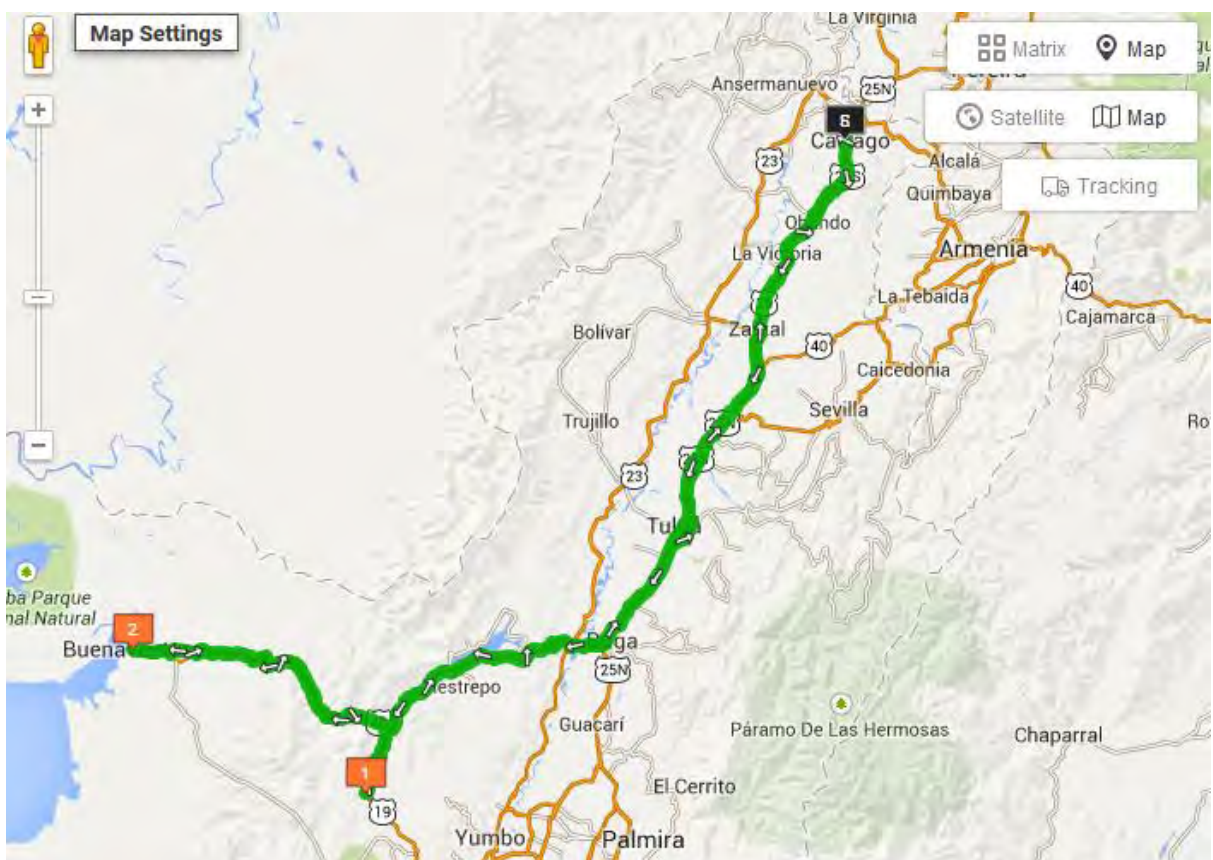
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 20. Grupo 3. Tiempo: 7 horas, 26 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUENAVENTURA 2	7.435,00
DAGUA	562,50

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 74. Ruta Grupo 4 enero**



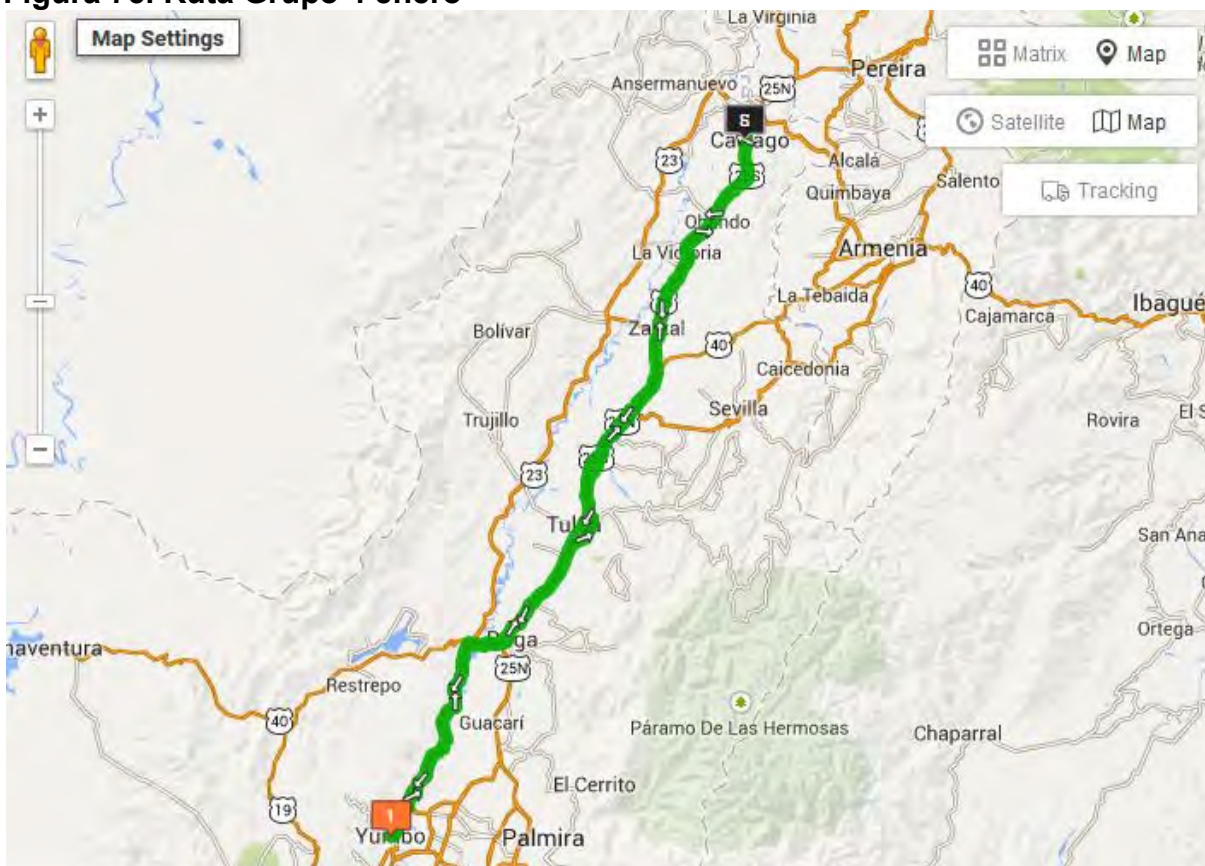
**Fuente:** Route4Me®

**Cuadro 21. Grupo 4. Tiempo: 4 horas, 19 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
YUMBO 1	8.000,00

Fuente: Elaboración propia

**Figura 75. Ruta Grupo 4 enero**



Fuente: Route4Me®

**Cuadro 22. Grupo 5. Tiempo: 4 horas, 23 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
PALMIRA 1	8.000,00

Fuente: Elaboración propia

**Figura 76. Ruta Grupo 5 enero**



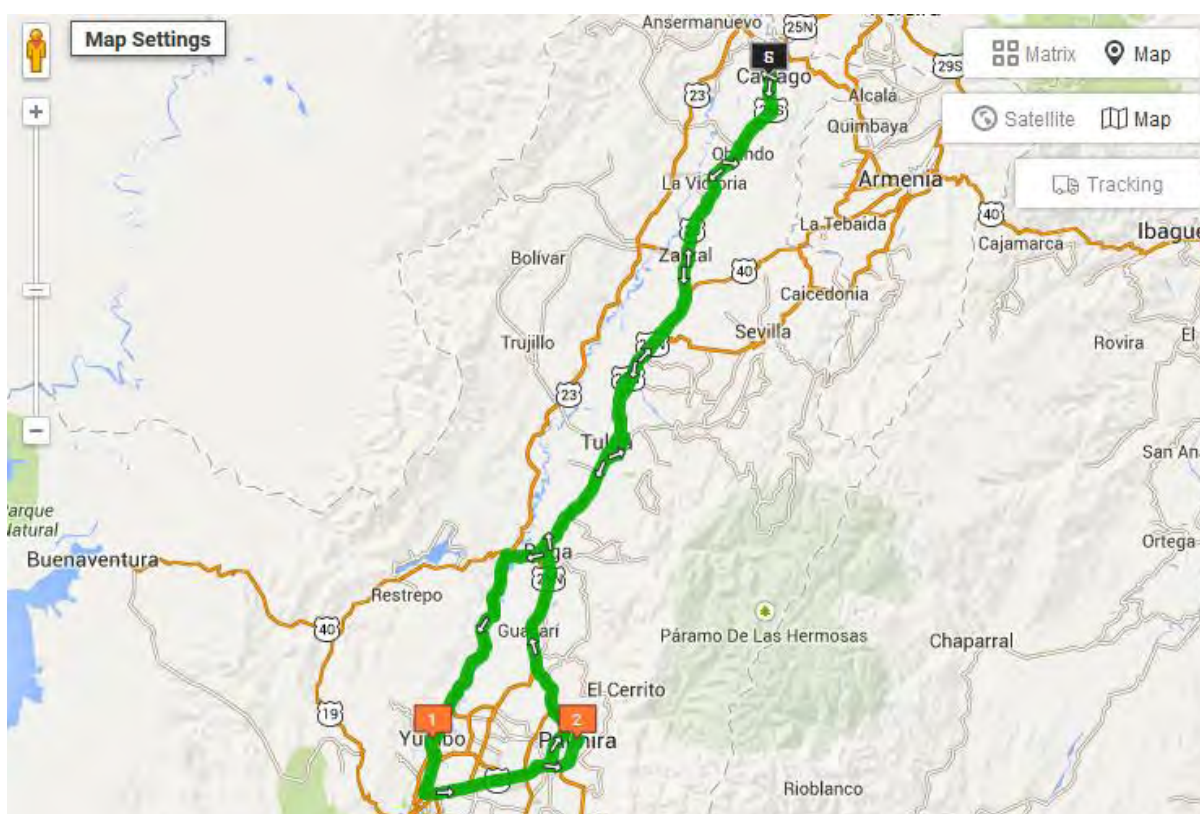
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 23. Grupo 6. Tiempo: 5 horas, 12 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
YUMBO 2	2.822,50
PALMIRA 2	5.747,50

Fuente: Elaboración propia

**Figura 77. Ruta Grupo 6 enero**



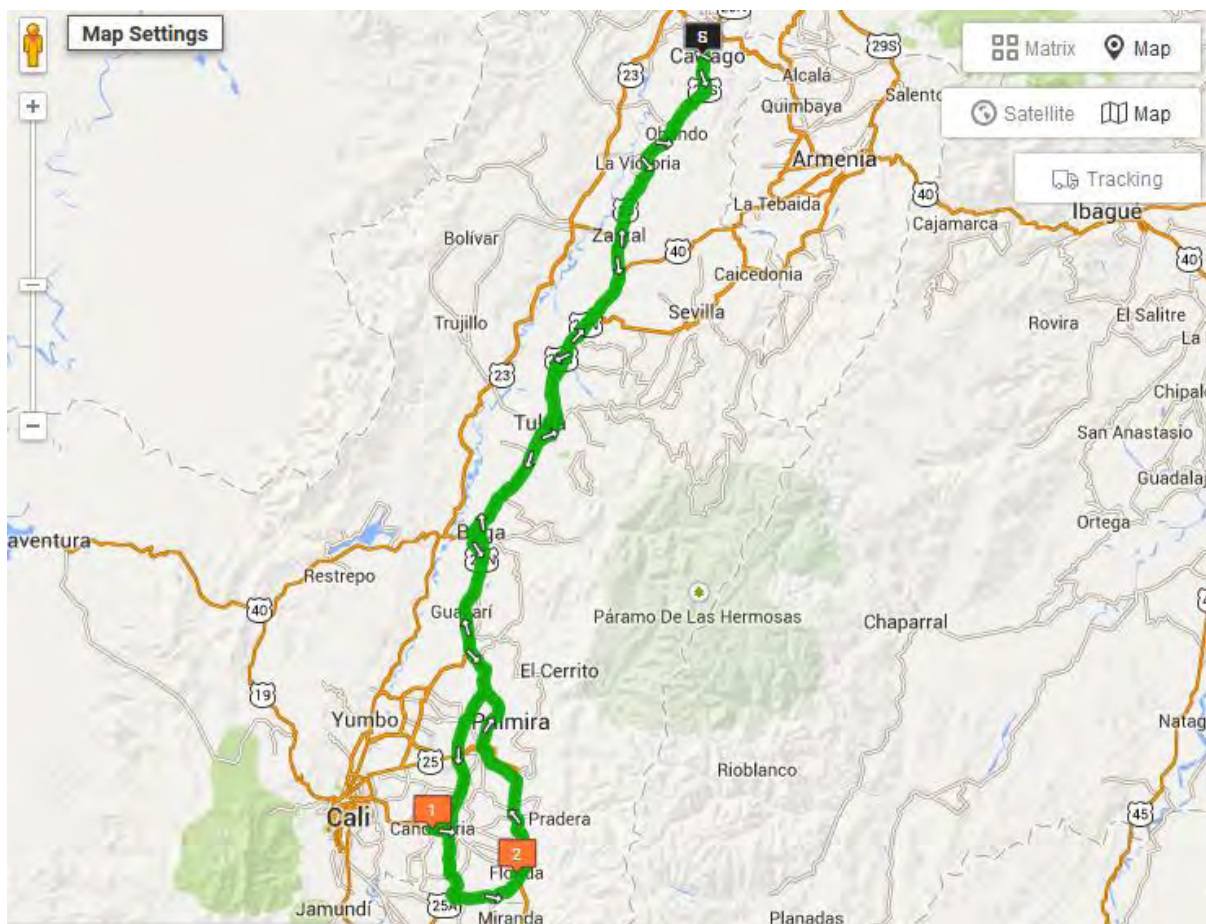
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 24. Grupo 7. Tiempo: 5 horas, 35 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CANDELARIA	7.065,00
FLORIDA	360,00

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 78. Ruta Grupo 7 enero**



**Fuente:** Route4Me®

**Cuadro 25. Grupo 8. Tiempo: 5 horas, 20 minutos.**

Nota: debe repetirse esta ruta 2 veces en el mes

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 1 y 2	8.000,00

Fuente: Elaboración propia

**Figura 79. Ruta Grupo 8 enero (dos veces en el mes)**



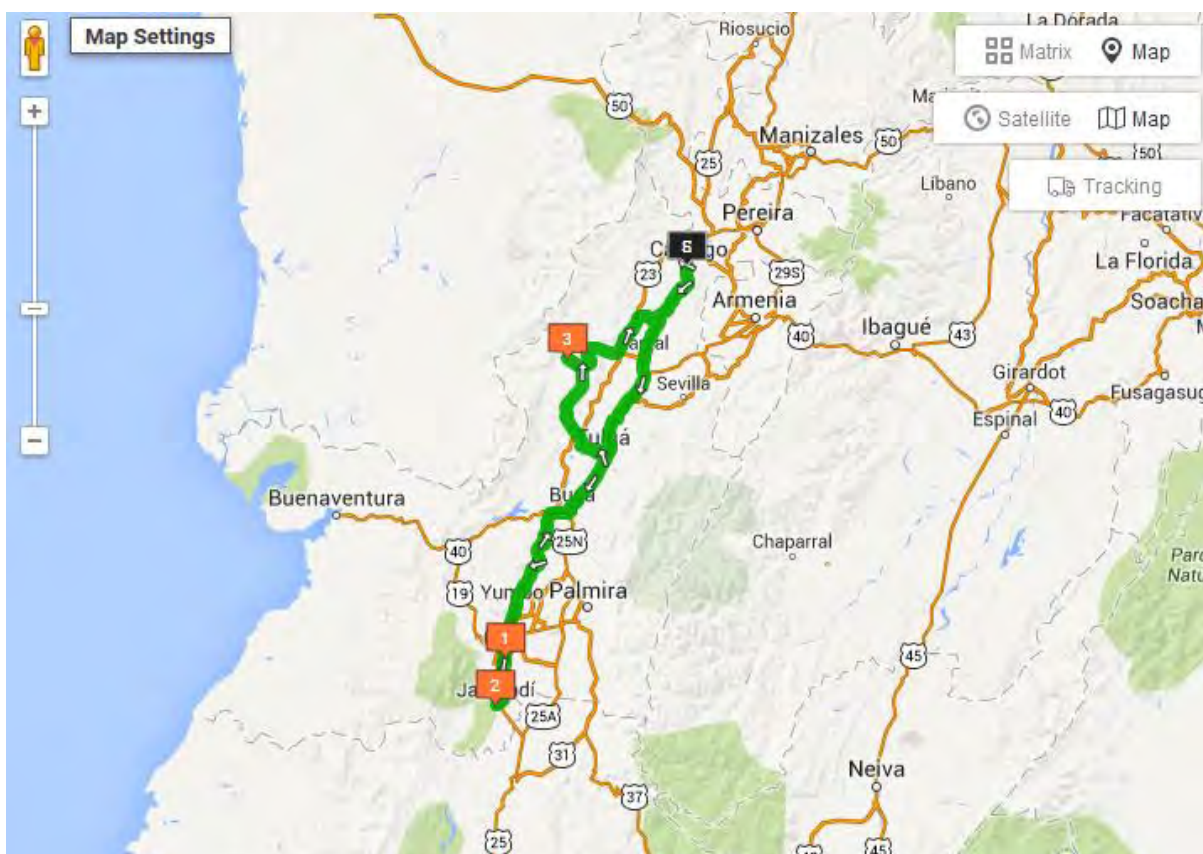
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 26. Grupo 9. Tiempo: 7 horas, 22 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 3	1.055,00
JAMUNDÍ	315
BOLÍVAR	225,00

Fuente: Elaboración propia

**Figura 80. Ruta Grupo 9 enero**



Fuente: Route4Me®



### 11.1.2 FEBRERO

**Cuadro 27. Grupo 1. Tiempo: 4 horas, 30 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CARTAGO	4.680,00
PEREIRA	0
DOSQUEBRADAS	1.192,50
ALCALÁ	315,00
ULLOA	90,00
OBANDO	427,50
LA VICTORIA	517,50
ZARZAL	135,00

Fuente: Elaboración propia

**Figura 81. Ruta Grupo 1 febrero**



Fuente: Route4Me®

**Cuadro 28. Grupo 2. Tiempo: 4 horas, 46 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
SEVILLA	3.262,50
CAICEDONIA	1.462,50
BUGALAGRANDE	315,00
ANDALUCÍA	45,00
TULUÁ 1	2.915,00

Fuente: Elaboración propia

**Figura 82. Ruta Grupo 2 febrero**



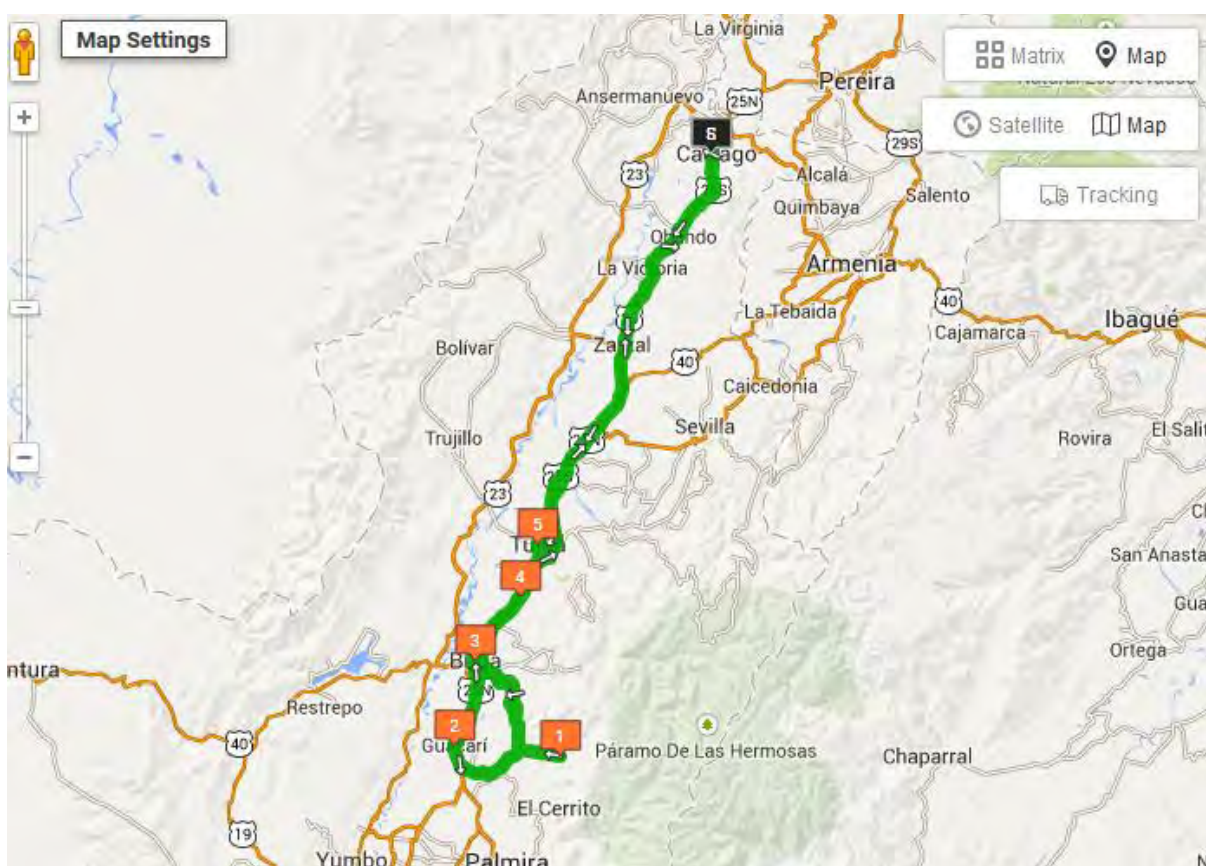
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 29. Grupo 3. Tiempo: 4 horas, 57 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
TULUÁ 2	4.127,50
SAN PEDRO	67,50
BUGA	2.655,00
GUACARÍ	45,00
GINEBRA	427,50

Fuente: Elaboración propia

**Figura 83. Ruta Grupo 3 febrero**



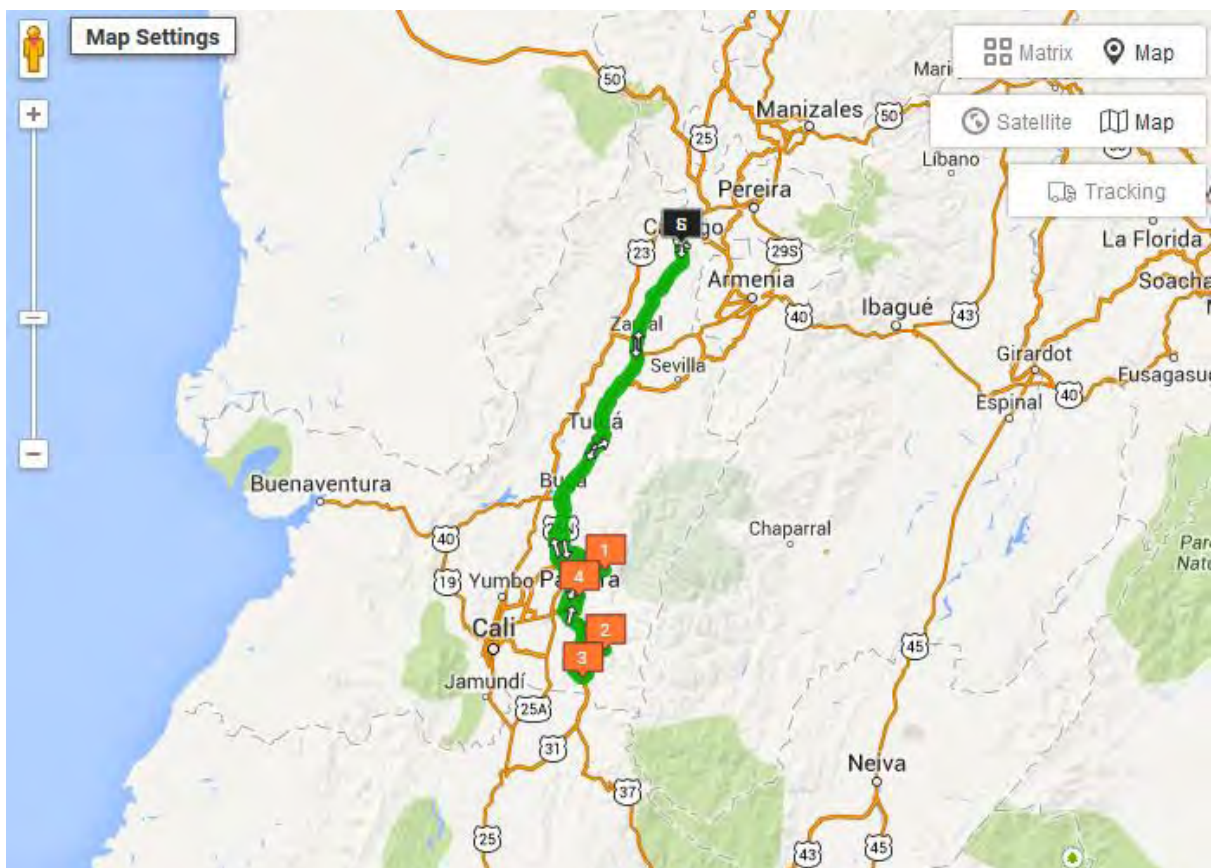
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 30. Grupo 4. Tiempo: 7 horas, 59 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
EL CERRITO	697,50
PALMIRA 1	5.207,50
PRADERA	902,50
FLORIDA	1.192,50

Fuente: Elaboración propia

**Figura 84. Ruta Grupo 4 febrero**



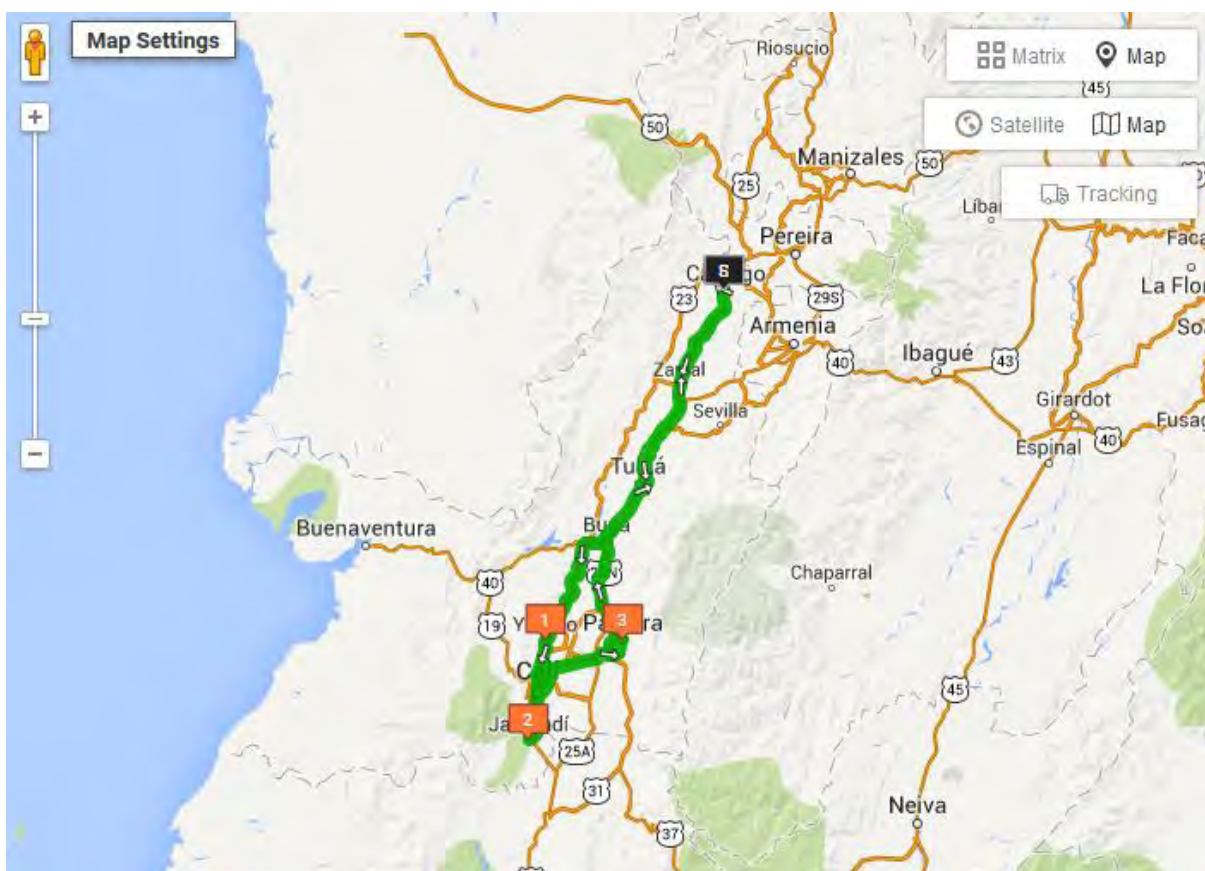
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 31. Grupo 5. Tiempo: 6 horas, 30 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
PALMIRA 2	1.362,50
JAMUNDÍ	2.857,50
YUMBO	3.555,00

Fuente: Elaboración propia

**Figura 85. Ruta Grupo 5 febrero**



Fuente: Route4Me®

**Cuadro 32. Grupo 6. Tiempo: 5 horas, 20 minutos**

Nota: debe repetirse esta ruta 9 veces en el mes

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 1 al 9	8.000,00

Fuente: Elaboración propia

**Figura 86. Ruta Grupo 6 (nueve veces en el mes)**



Fuente: Route4Me®

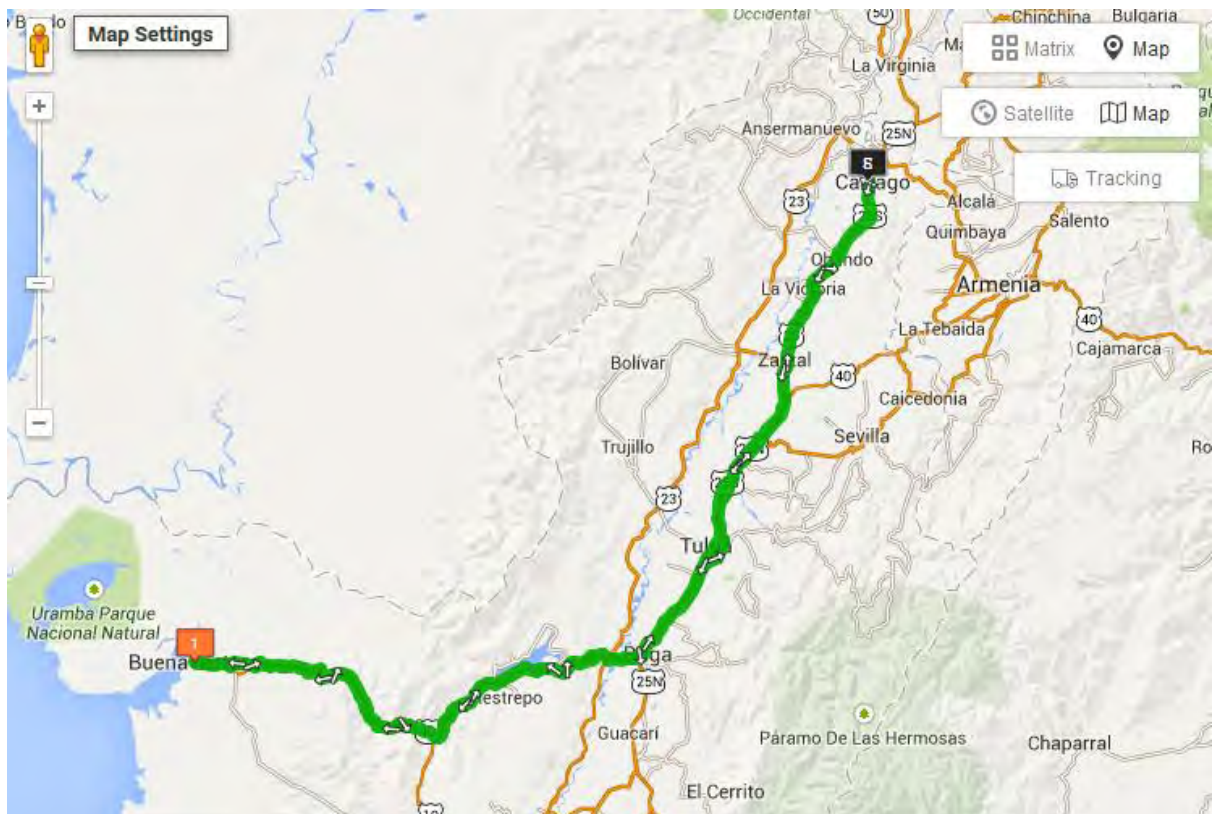
**Cuadro 33. Grupo 7. Tiempo: 6 horas, 53 minutos**

Nota: debe repetirse esta ruta 2 veces en el mes

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUENAVENTURA 1 y 2	8.000,00

Fuente: Elaboración propia

**Figura 87. Ruta Grupo 7 febrero (dos veces en el mes)**



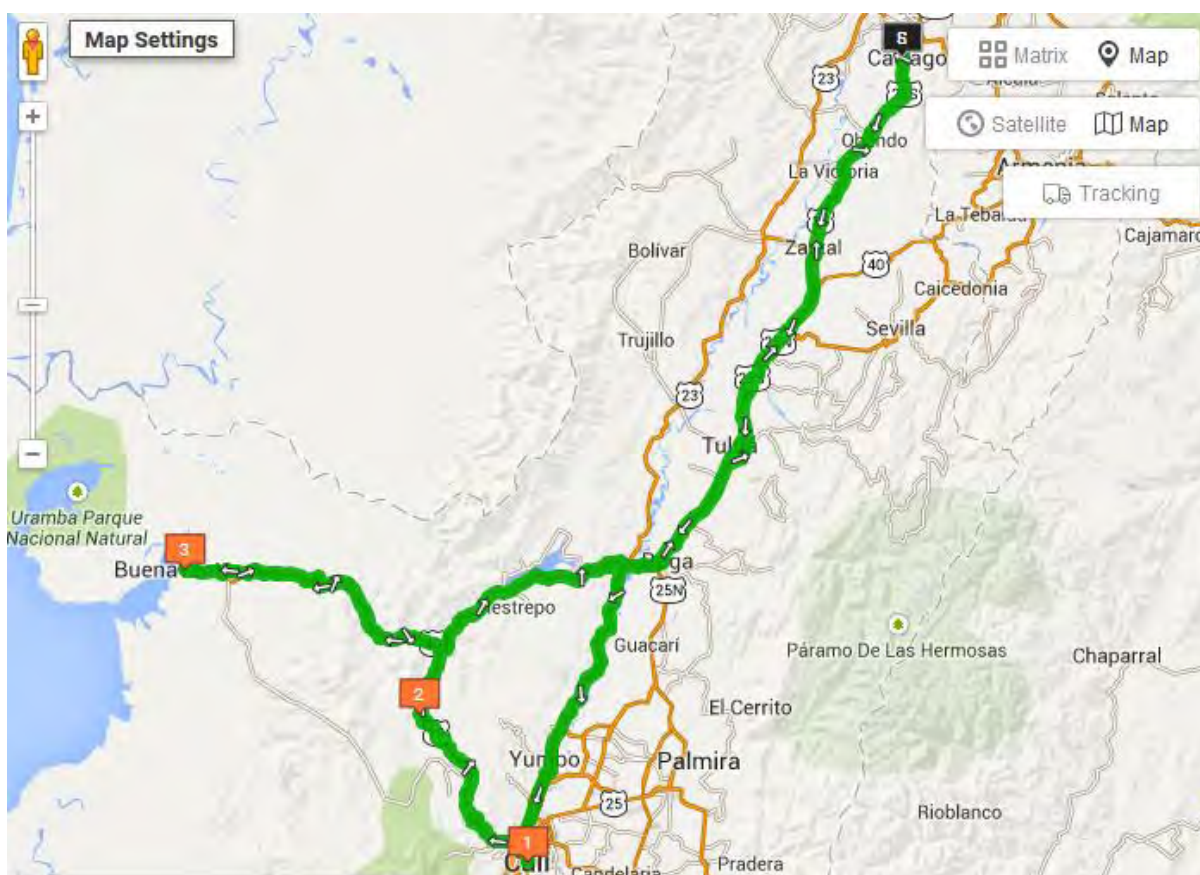
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 34. . Grupo 8. Tiempo: 8 horas, 32 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUENAVENTURA 3	4.857,50
DAGUA	1.395,00
CALI 10	867,50

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 88. Ruta Grupo 8 febrero**



**Fuente:** Route4Me®

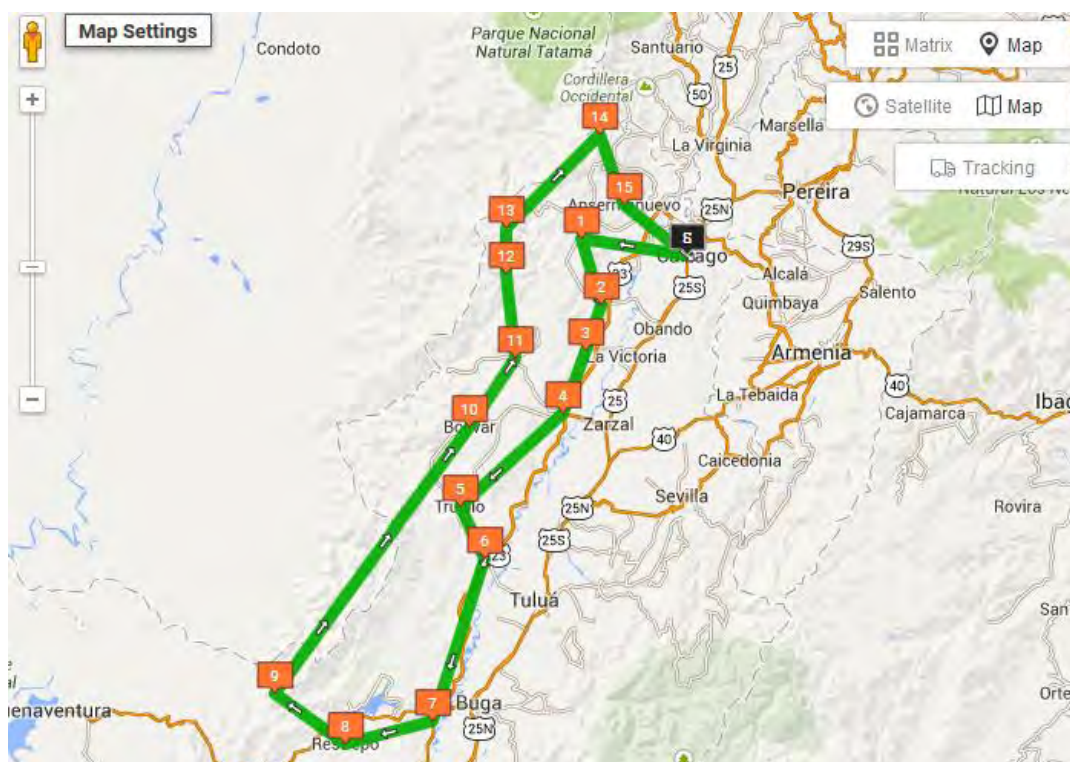


**Cuadro 35. Grupo 9. Tiempo: 7 horas, 59 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
ANSERMANUEVO	1.170,00
EL ÁGUILA	292,50
EL CAIRO	270,00
ARGELIA	405,00
TORO	495,00
VERSALLES	337,50
LA UNION	765,00
EL DOVIO	202,50
ROLDANILLO	3.262,50
BOLÍVAR	67,50
TRUJILLO	96,50
RIOFRÍO	67,50
YOTOCO	22,50
CALIMA	90,00
RESTREPO	135,00

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 89. Ruta Grupo 9 febrero**



**Fuente:** Route4Me®

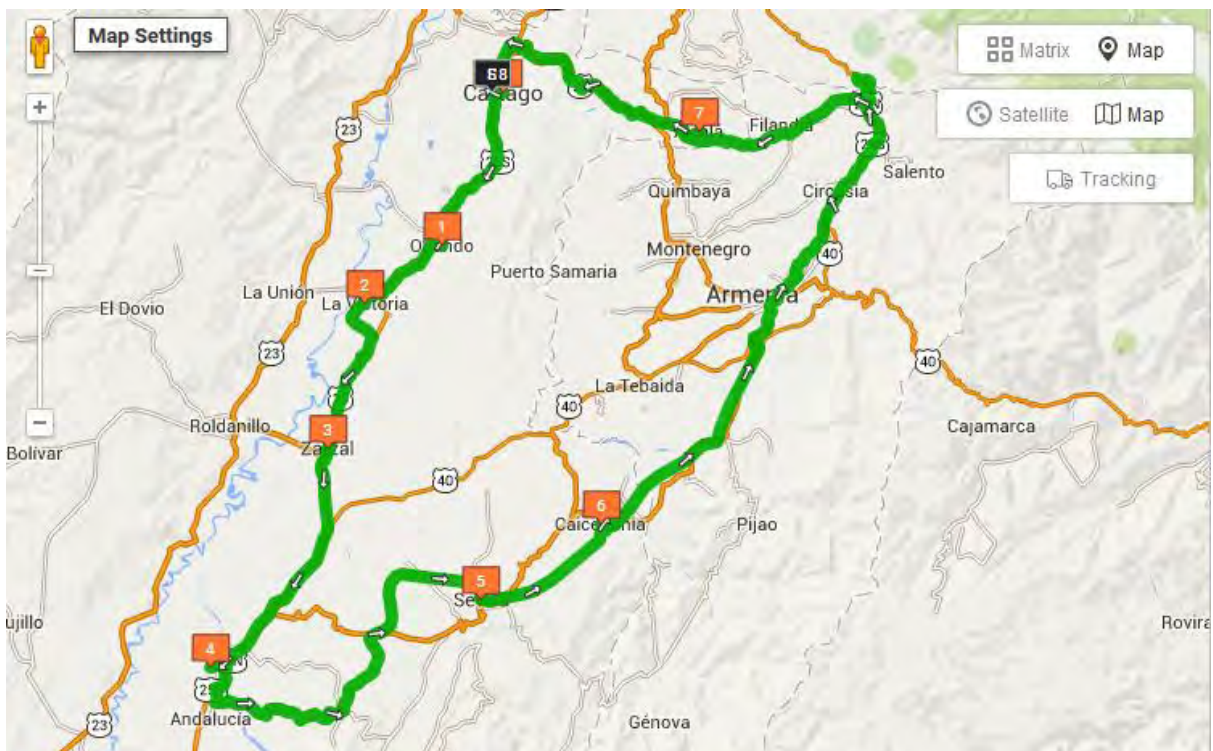
### 11.1.3 MARZO

**Cuadro 36. Grupo 1. Tiempo: 5 horas, 46 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CARTAGO	4.207,50
PEREIRA	-
DOSQUEBRADAS	-
ALCALÁ	157,50
ULLOA	-
OBANDO	27,50
LA VICTORIA	337,50
ZARZAL	90,00
SEVILLA	337,50
CAICEDONIA	1.642,50
BUGALAGRANDE	135,00
ANDALUCÍA	-

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 90. Ruta Grupo 1 marzo**



**Fuente:** Route4Me®

**Cuadro 37. Grupo 2. Tiempo: 5 horas, 41 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
TULUÁ	3.622,50
SAN PEDRO	-
BUGA	247,50
GUACARÍ	-
GINEBRA	135,00
EL CERRITO	112,50
PALMIRA 1	1.550,00

Fuente: Elaboración propia

**Figura 91. Ruta Grupo 2 marzo**



Fuente: Route4Me®

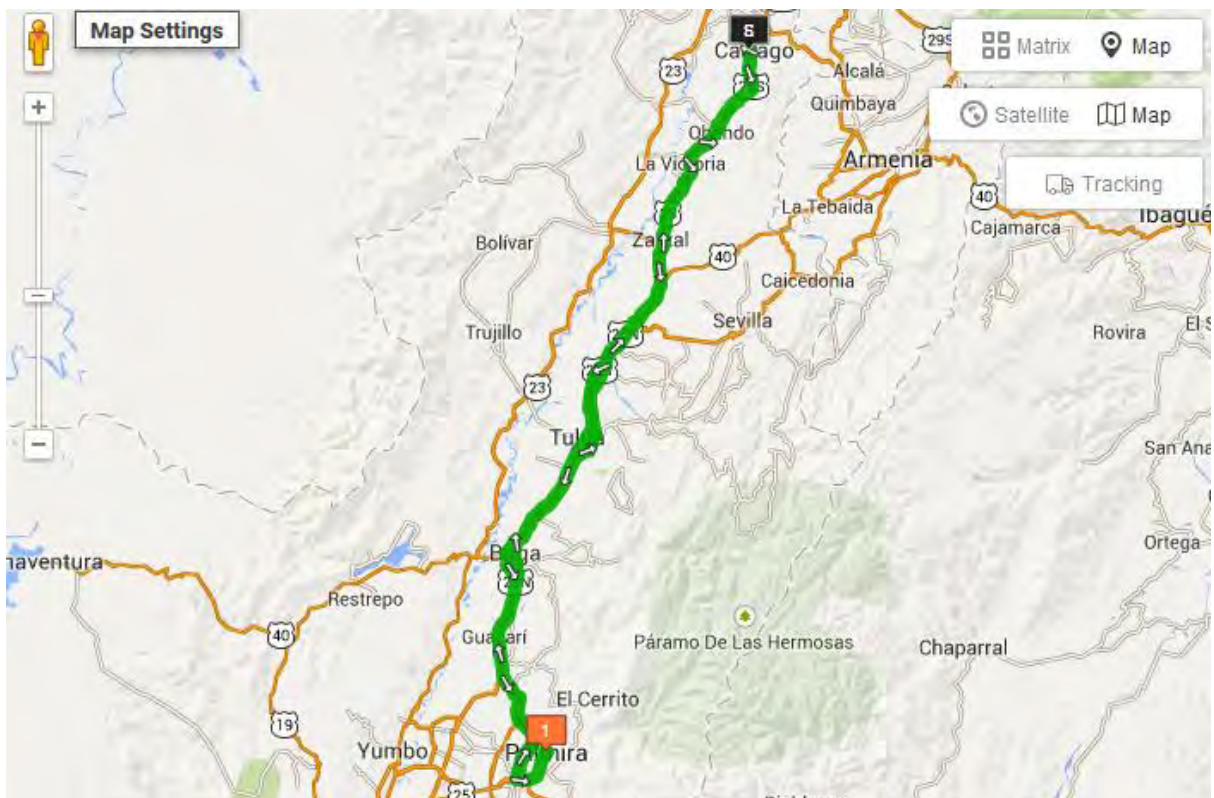
**Cuadro 38. Grupo 3. Tiempo: 4 horas, 23 minutos**

Nota: esta ruta debe repetirse 2 veces en el mes

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
PALMIRA 2 y 3	8.000,00

Fuente: Elaboración propia

**Figura 92. Ruta Grupo 3 marzo (dos veces en el mes)**



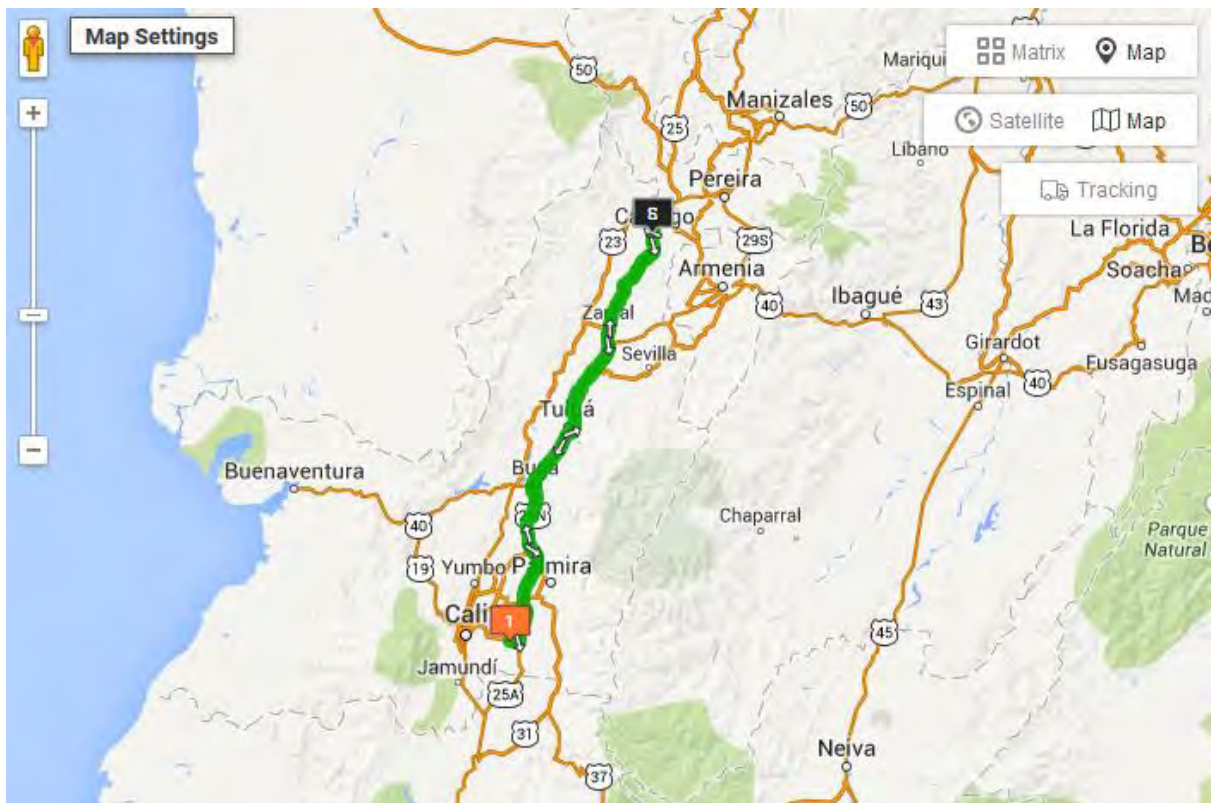
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 39. Grupo 4. Tiempo: 4 horas, 29 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CANDELARIA 1	8.000,00

Fuente: Elaboración propia

**Figura 93. Ruta Grupo 4 marzo**



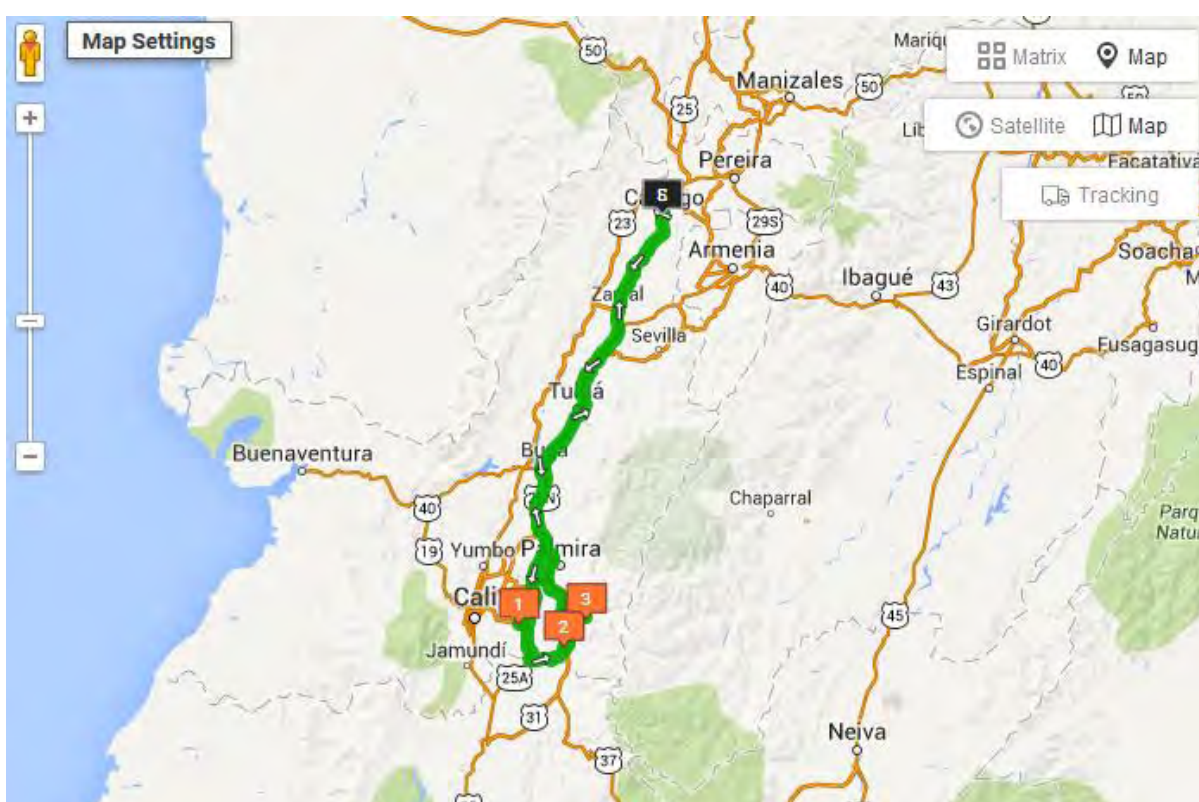
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 40. Grupo 5. Tiempo: 6 horas, 08 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CANDELARIA 2	5.635,00
PRADERA	450,00
FLORIDA	585,00

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 94. Ruta Grupo 5 marzo**



**Fuente:** Route4Me®

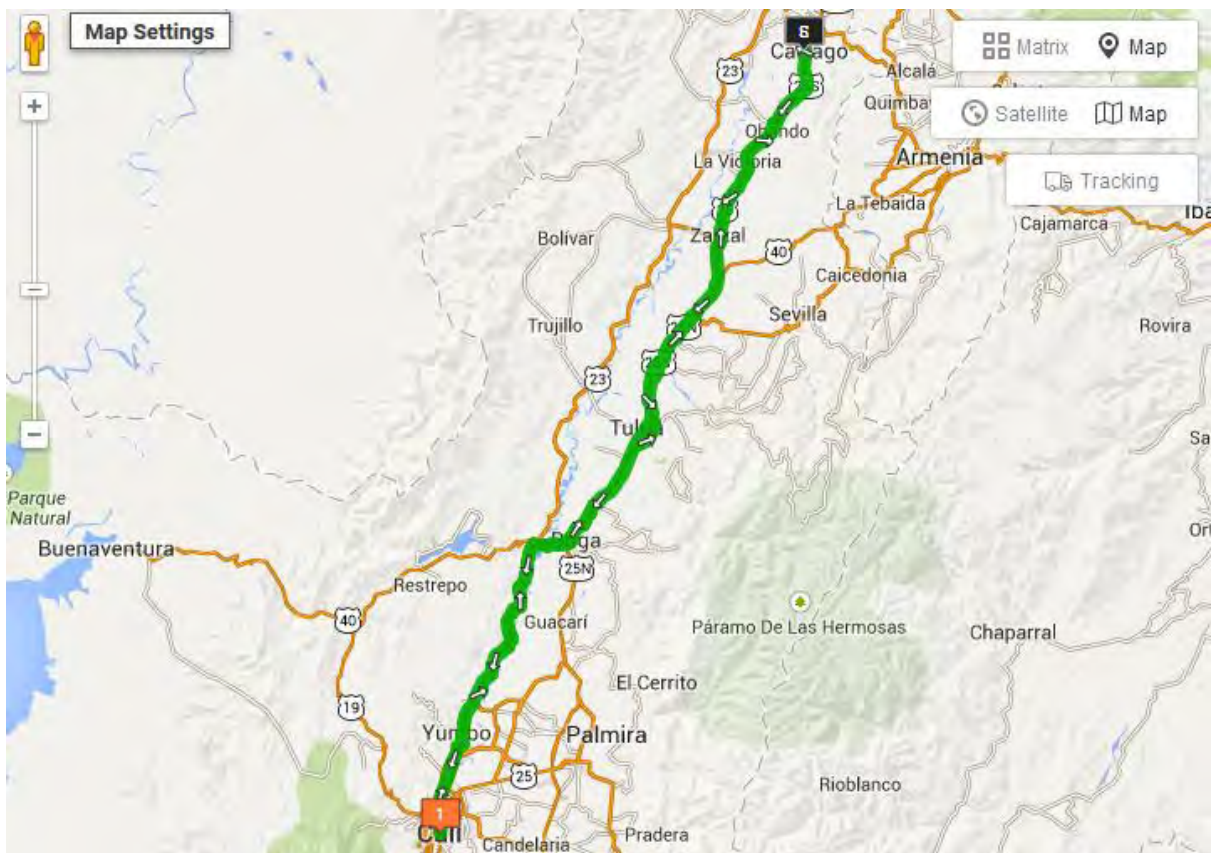
**Cuadro 41. Grupo 6. Tiempo: 5 horas, 20 minutos**

Nota: esta ruta debe repetirse 5 veces en el mes

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 1 al 5	8.000,00

Fuente: Elaboración propia

**Figura 95. Ruta Grupo 6 marzo (cinco veces en el mes)**



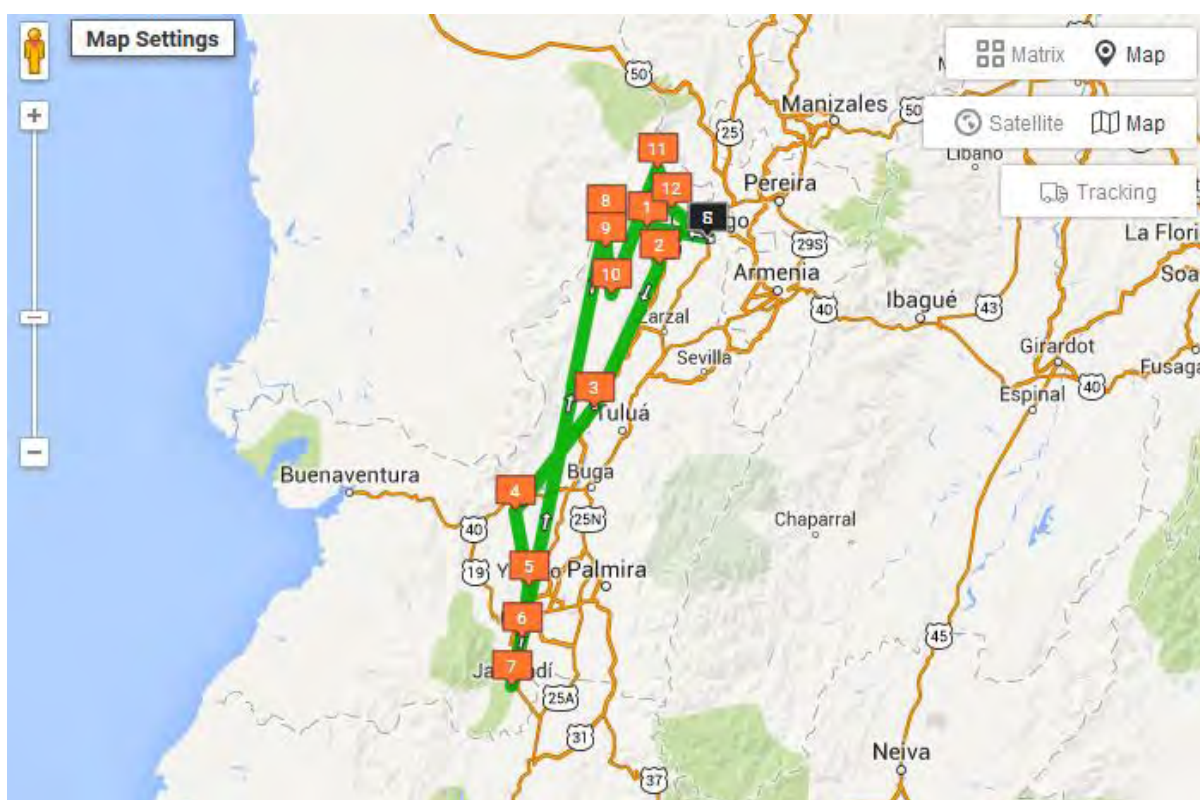
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 42. Grupo 7. Tiempo: 7 horas, 59 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 6	837,50
JAMUNDÍ	607,50
YUMBO 1	4.115,00
RESTREPO	112,50
RIOFRÍO	22,50
ANSERMANUEVO	360,00
EL ÁGUILA	157,50
EL CAIRO	90,00
ARGELIA	270,00
TORO	360,00
VERSALLES	270,00
EL DOVIO	147,50

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 96. Ruta Grupo 7 marzo**



**Fuente:** Route4Me®



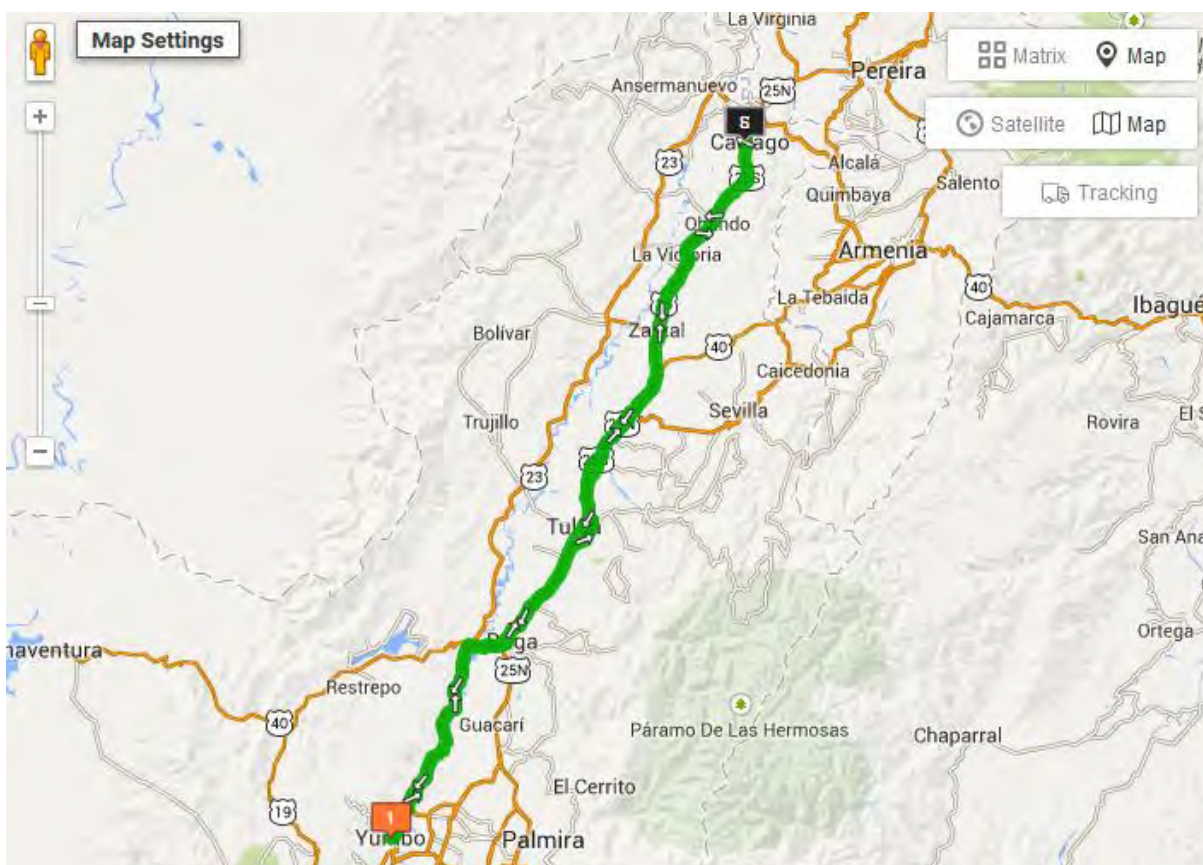
**Cuadro 43. Grupo 8. Tiempo: 4 horas, 19 minutos**

Nota: esta ruta debe hacerse 2 veces en el mes.

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
YUMBO 2 y 3	8.000,00

Fuente: Elaboración propia

**Figura 97. Ruta Grupo 8 marzo (dos veces en el mes)**



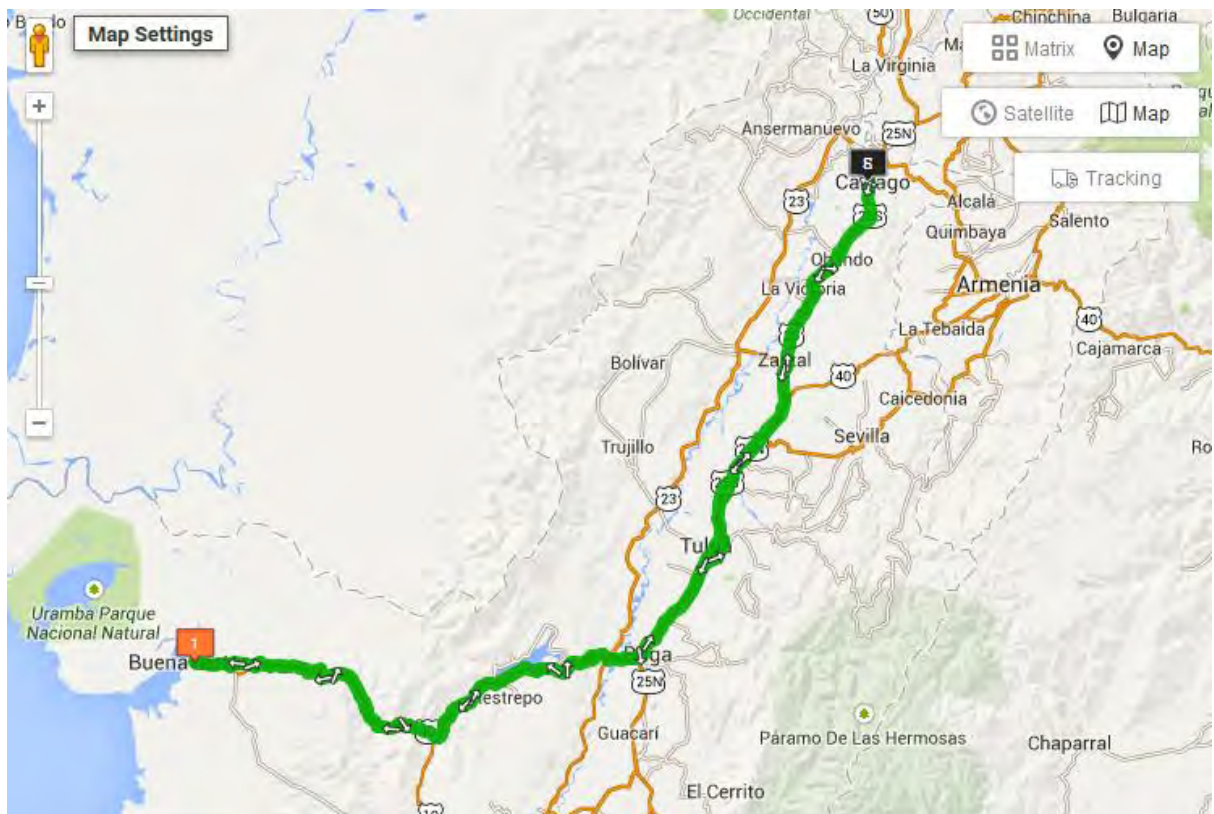
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 44. Grupo 9. Tiempo: 6 horas, 53 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUENAVENTURA 1	8.000,00

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 98. Ruta Grupo 9 marzo**



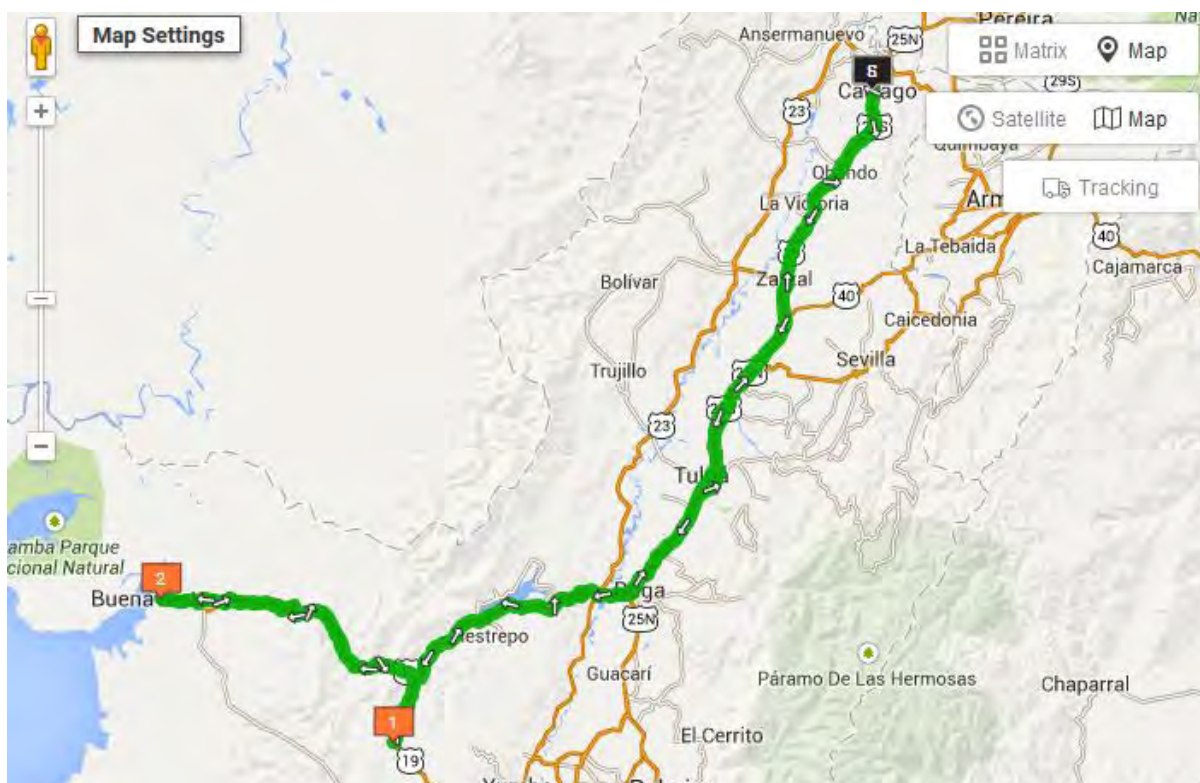
**Fuente:** Route4Me®

**Cuadro 45. Grupo 10. Tiempo: 7 horas, 26 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUENAVENTURA 2	2.665,00
DAGUA	697,50

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 99. Ruta Grupo 10 marzo**



**Fuente:** Route4Me®

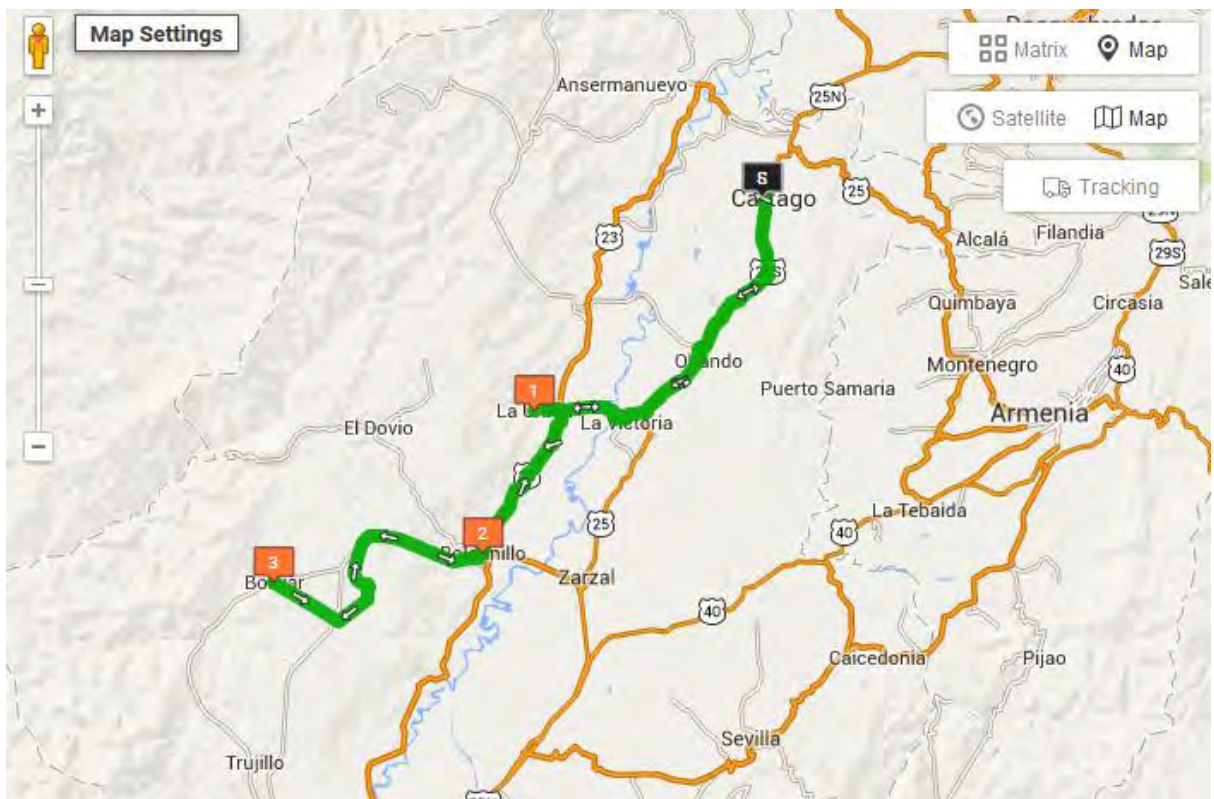
**Cuadro 46. Grupo 11. Tiempo: 2 horas, 58 minutos**

Nota: esta ruta se puede hacer el mismo día al terminar la Ruta del Grupo 8

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
ROLDANILLO	7.290,00
BOLÍVAR	67,50
LA UNION	585,00

Fuente: Elaboración propia

**Figura 100. Ruta Grupo 11 marzo**



Fuente: Route4Me®

### 11.1.4 ABRIL

**Cuadro 47. Grupo 1. Tiempo: 6 horas, 09 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CARTAGO	3375
PEREIRA	0
DOSQUEBRADAS	0
ALCALÁ	585
ULLOA	135
OBANDO	562,5
LA VICTORIA	450
ZARZAL	337,5
SEVILLA	2395
CAICEDONIA	157,5

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 101. Ruta Grupo 1 abril**



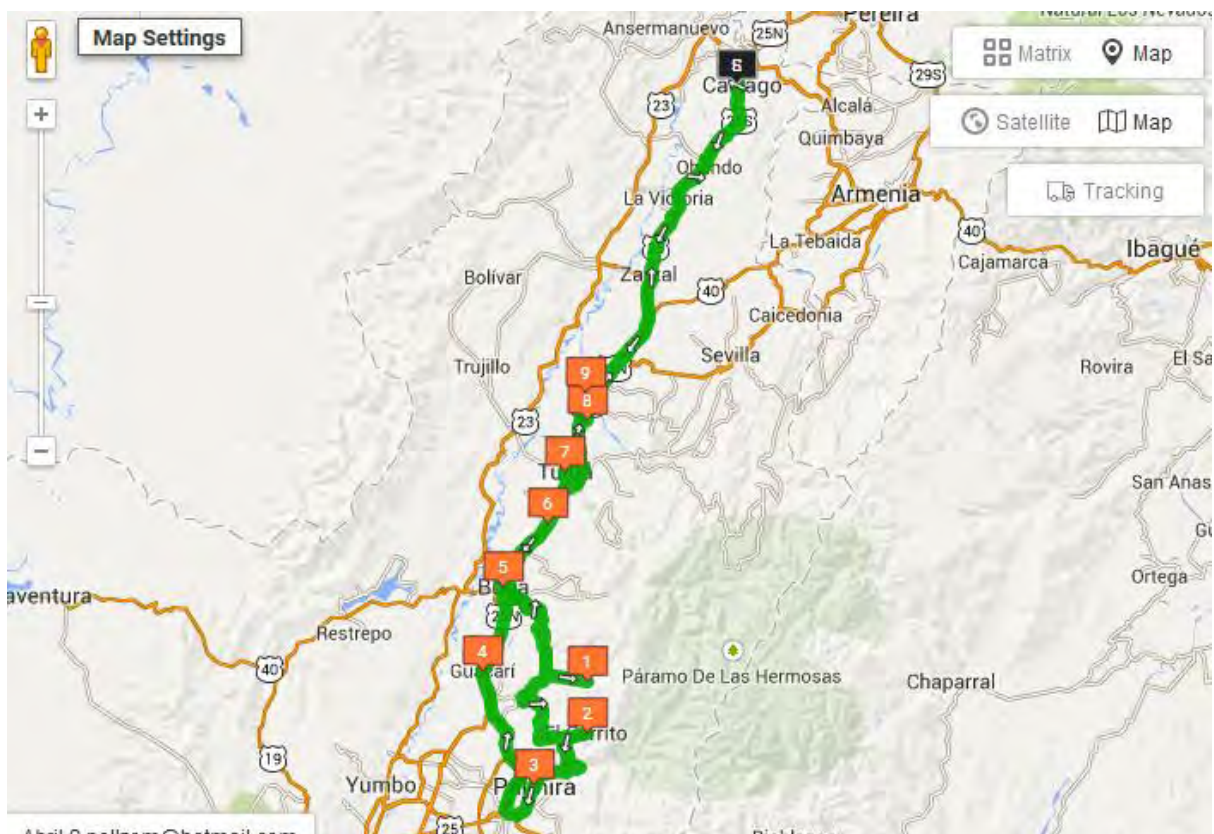
**Fuente:** Route4Me®

**Cuadro 48. Grupo 2. Tiempo: 6 horas, 21 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUGALAGRANDE	270
ANDALUCÍA	135
TULUÁ	5085
SAN PEDRO	135
BUGA	945
GUACARÍ	157,5
GINEBRA	305
EL CERRITO	585
PALMIRA 1	382,5

Fuente: Elaboración propia

**Figura 102. Ruta Grupo 2 abril**



Fuente: Route4Me®

**Cuadro 49. Grupo 3. Tiempo: 4 horas, 23 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
PALMIRA 2	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 103. Ruta Grupo 3 abril**



Fuente: Route4Me®

**Cuadro 50. Grupo 4. Tiempo: 4 horas, 29 minutos**

Nota: esta ruta debe hacerse 2 veces en el mes

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CANDELARIA 1 Y 2	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 104. Ruta Grupo 4 abril (dos veces en el mes)**



Fuente: Route4Me®

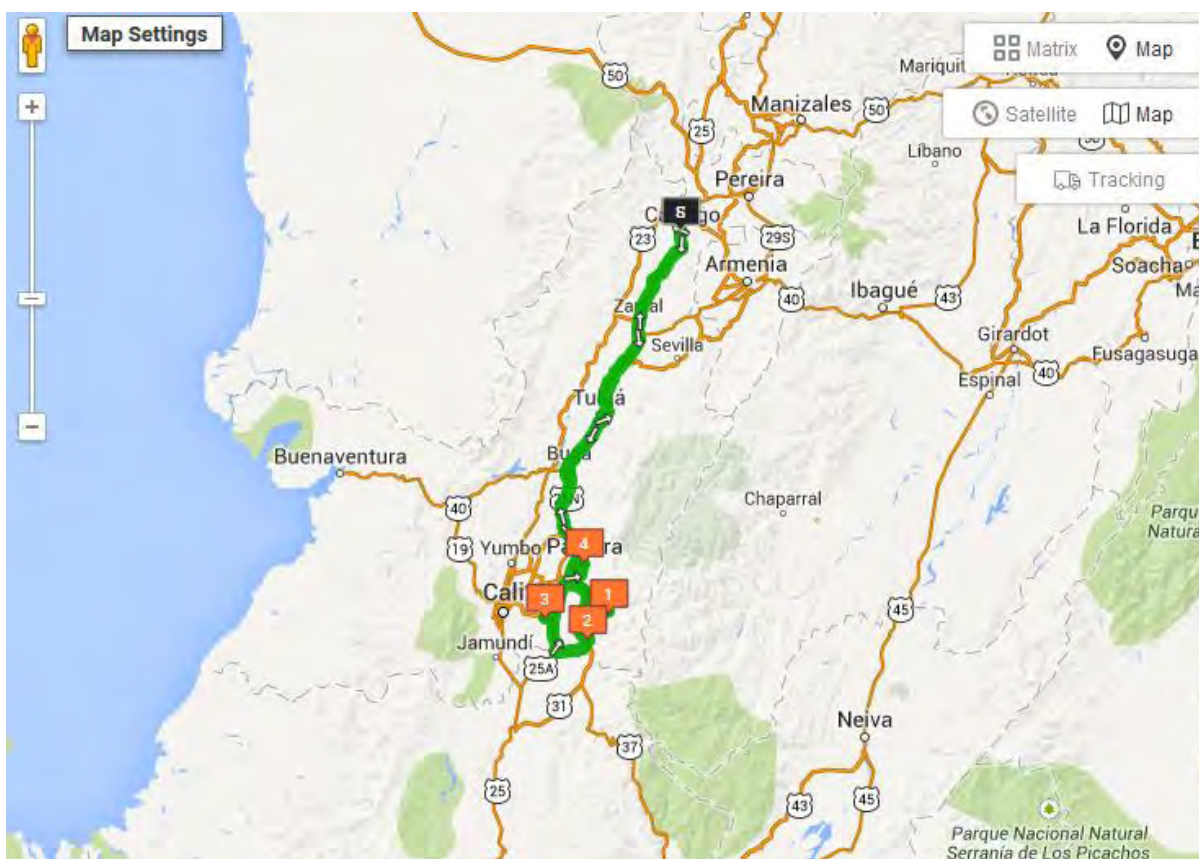


**Cuadro 51. Grupo 5. Tiempo: 6 horas, 58 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
PALMIRA 3	375
CANDELARIA 3	5802,5
PRADERA	742,5
FLORIDA	1080

Fuente: Elaboración propia

**Figura 105. Ruta Grupo 5 abril**



Fuente: Route4Me®

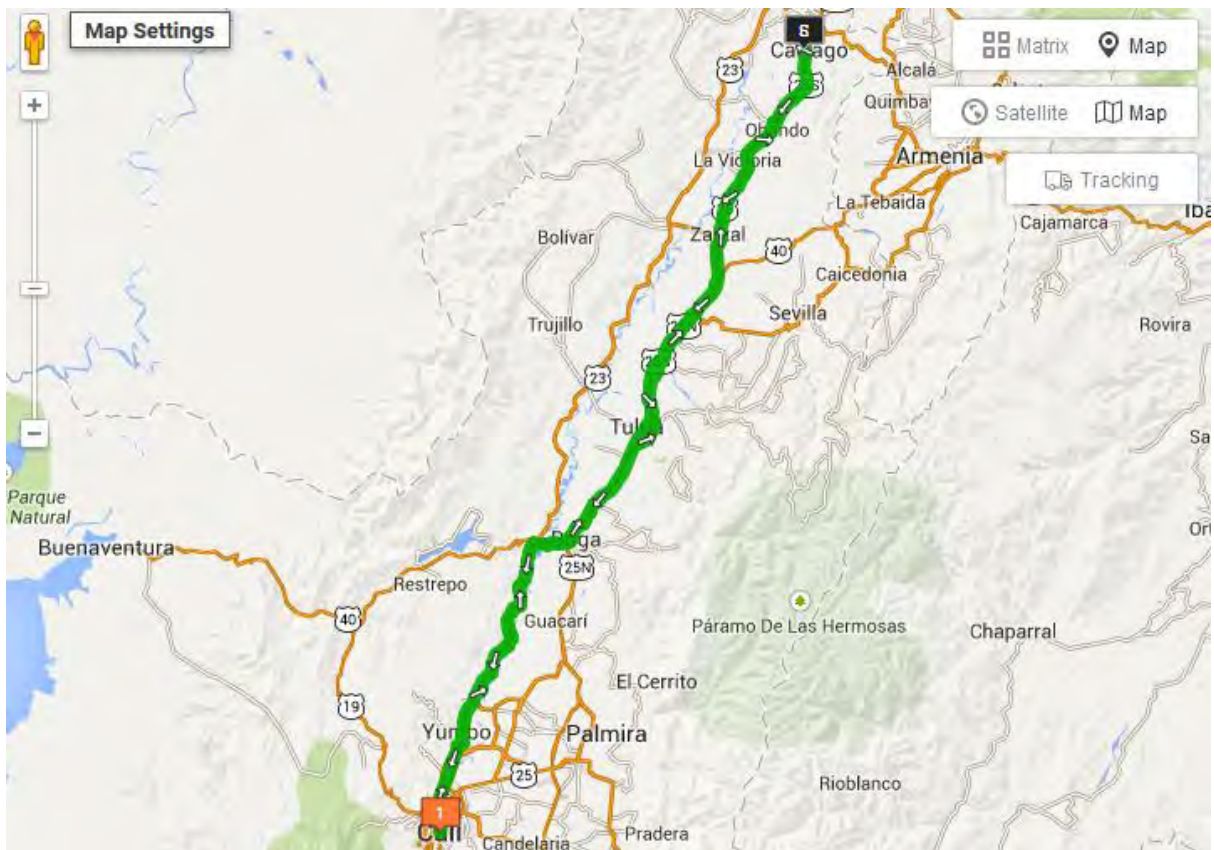
**Cuadro 52. Grupo 6. Tiempo: 5 horas, 20 minutos**

Nota: esta ruta debe hacerse 9 veces en el mes

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 1 AL 9	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 106. Ruta Grupo 6 abril (nueve veces en el mes)**



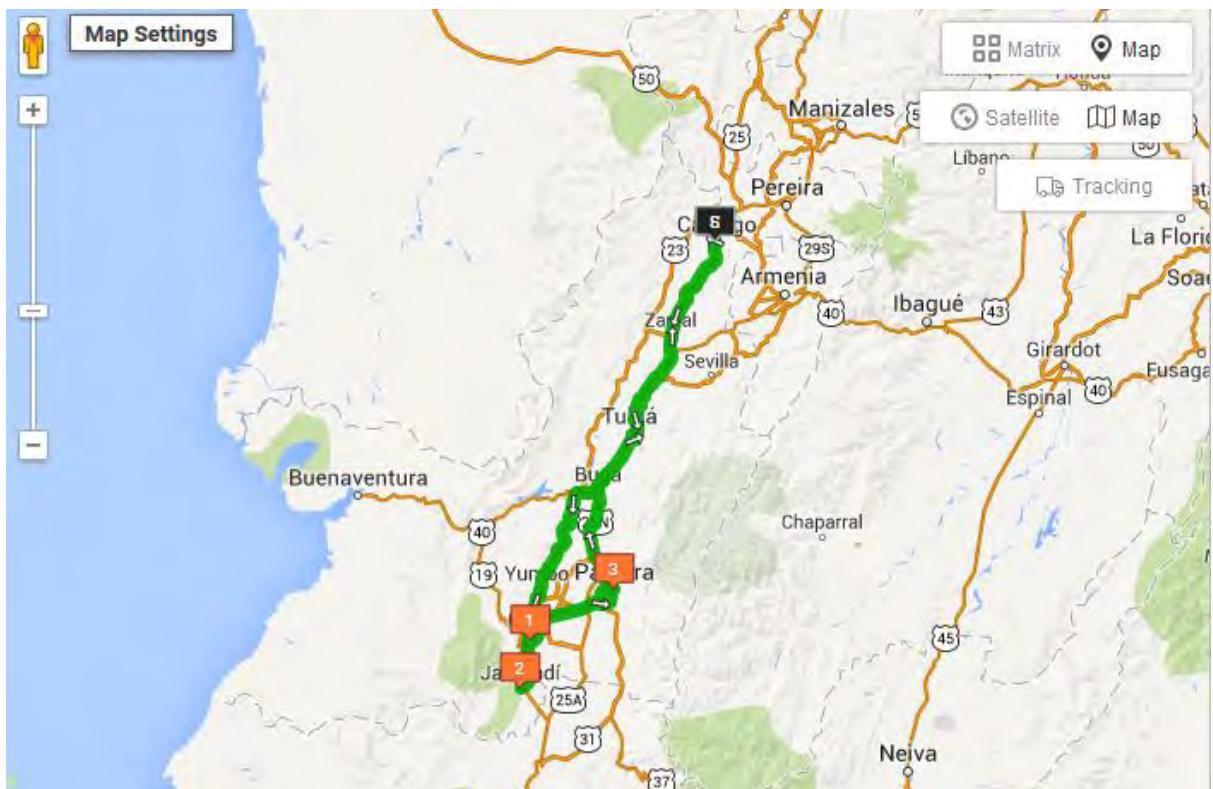
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 53. Grupo 7. Tiempo: 6 horas, 23 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 10	5120,5
PALMIRA 4	240
JAMUNDÍ	2520

Fuente: Elaboración propia

**Figura 107. Ruta Grupo 7 abril**



Fuente: Route4Me®

**Cuadro 54. Grupo 8. Tiempo: 4 horas, 19 minutos**

Nota: esta ruta debe hacerse 2 veces en el mes

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
YUMBO 1 y 2	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 108. Ruta Grupo 8 abril (dos veces en el mes)**



Fuente: Route4Me®

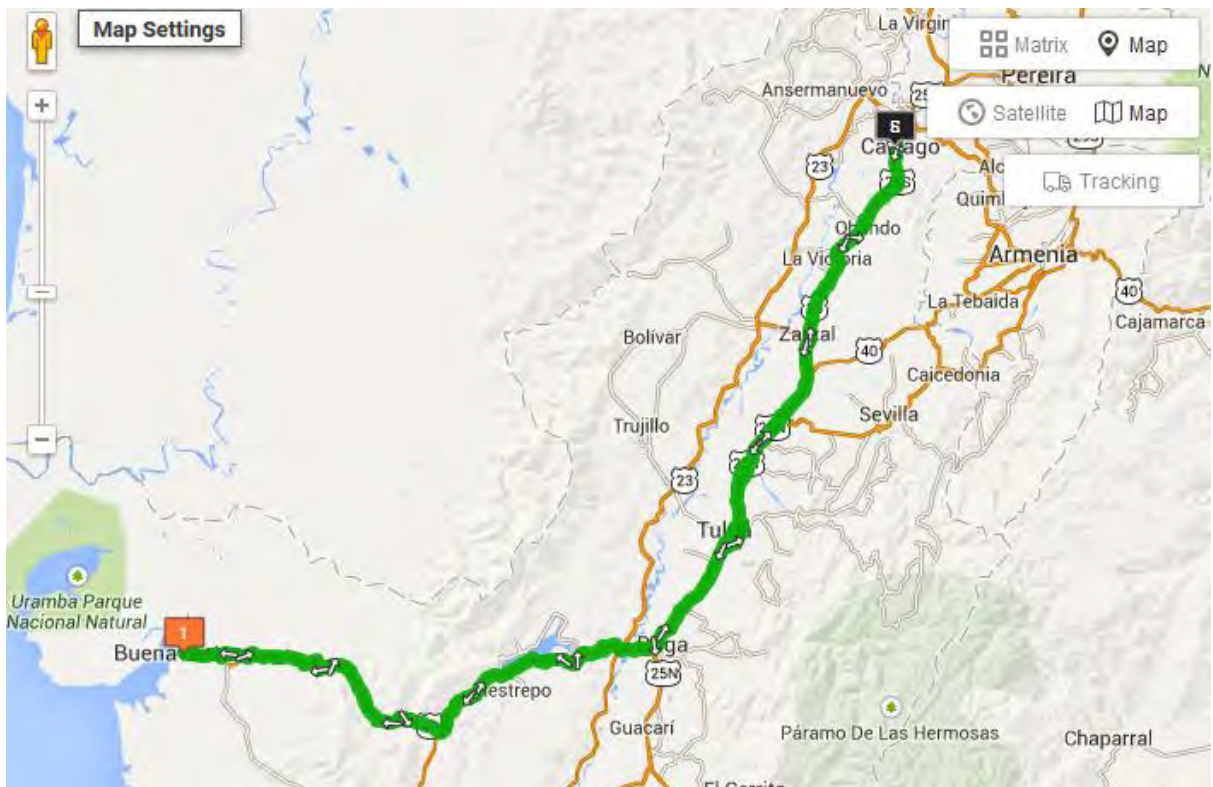
**Cuadro 55. Grupo 9. Tiempo: 6 horas, 53 minutos**

Nota: esta ruta debe hacerse dos veces en el mes

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUENAVENTURA 1 y 2	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 109. Ruta Grupo 9 abril (dos veces en el mes)**



Fuente: Route4Me®

**Cuadro 56. Grupo 10. Tiempo: 7 horas, 59 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUENAVENTURA 3	2180
DAGUA	1305
CALIMA	270
RESTREPO	135
YOTOCO	135
RIOFRIO	135
TRUJILLO	405
BOLIVAR	135
ROLDANILLO 1	3300

Fuente: Elaboración propia

**Figura 110. Ruta Grupo 10 abril**



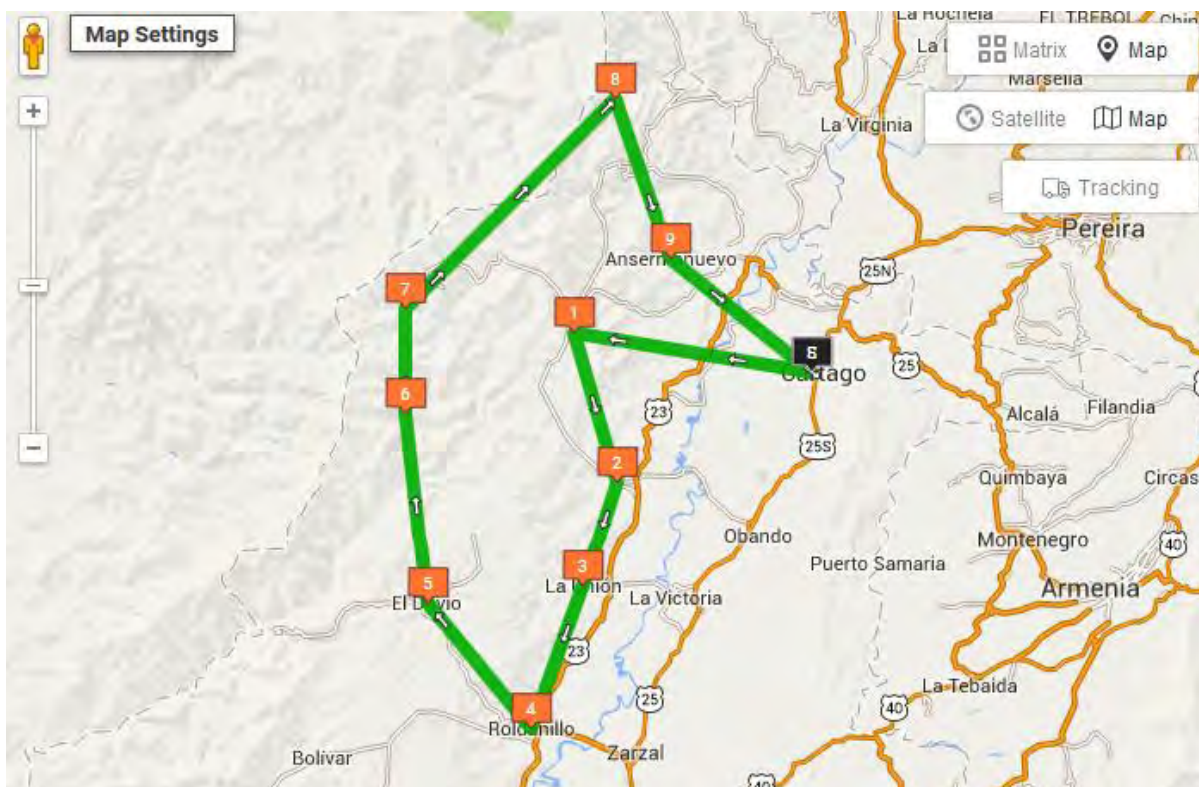
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 57. Grupo 11. Tiempo: 7 horas, 59 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
ROLDANILLO	862,5
EL DOVIO	270
LA UNION	405
VERSALLES	180
TORO	202,5
ARGELIA	270
EL CAIRO	270
ANSERMANUEVO	1237,5
EL ÁGUILA	135

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 111. Ruta Grupo 11 abril**



**Fuente:** Route4Me®

### 11.1.5 MAYO

#### Cuadro 58. Grupo 1. Tiempo: 11 horas, 58 minutos

Nota: esta ruta debe dividirse en dos días debido a su duración

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CARTAGO	2880
PEREIRA	2430
DOSQUEBRADAS	0
ALCALÁ	112,5
ULLOA	45
OBANDO	135
LA VICTORIA	270
ZARZAL	0
SEVILLA	67,5

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CAICEDONIA	22,5
BUGALAGRANDE	45
ANDALUCÍA	0
TULUÁ	540
SAN PEDRO	0
BUGA	315
GUACARÍ	0
GINEBRA	247,5
EL CERRITO	247,5

Fuente: Elaboración propia

Figura 112. Ruta Grupo 1 mayo



Fuente: Route4Me®

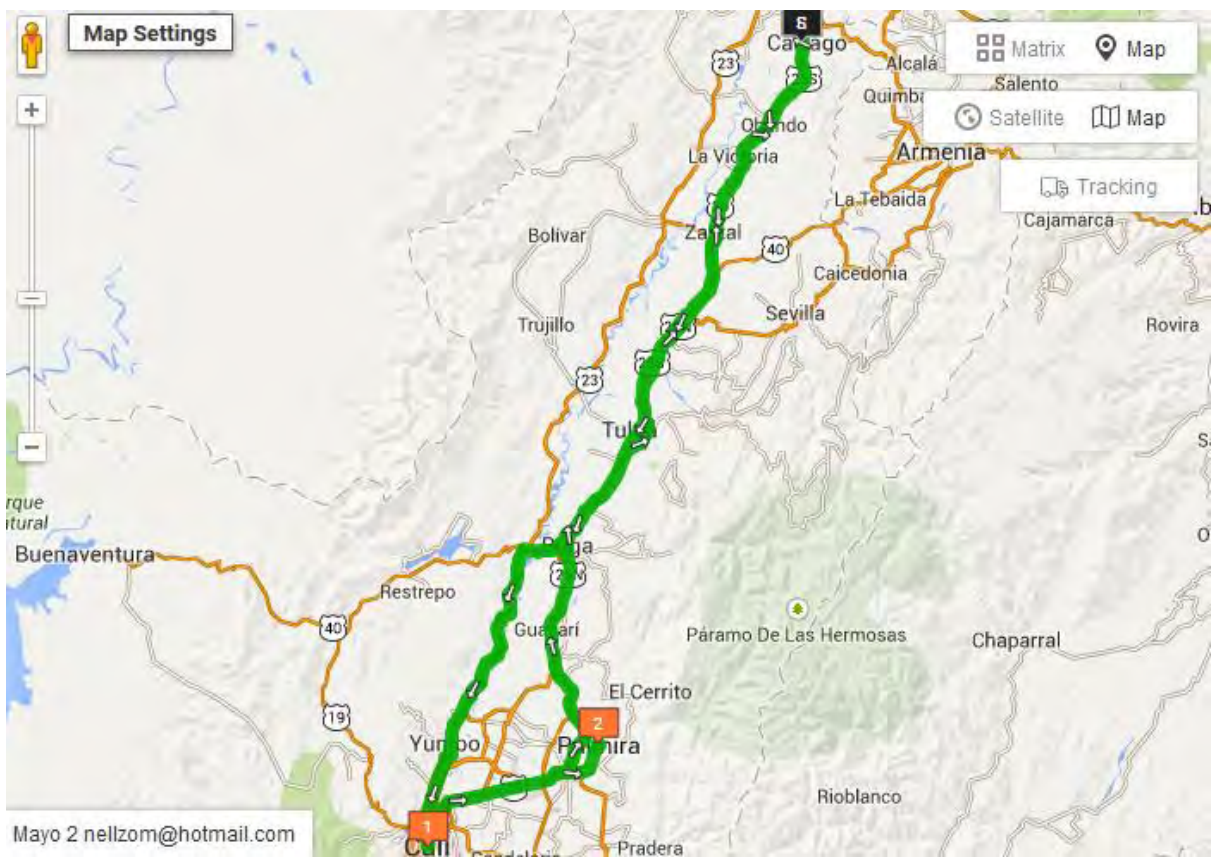


**Cuadro 59. Grupo 2. Tiempo: 5 horas, 37 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
PALMIRA	6435
CALI 1	1565

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 113. Ruta Grupo 2 mayo**



**Fuente:** Route4Me®

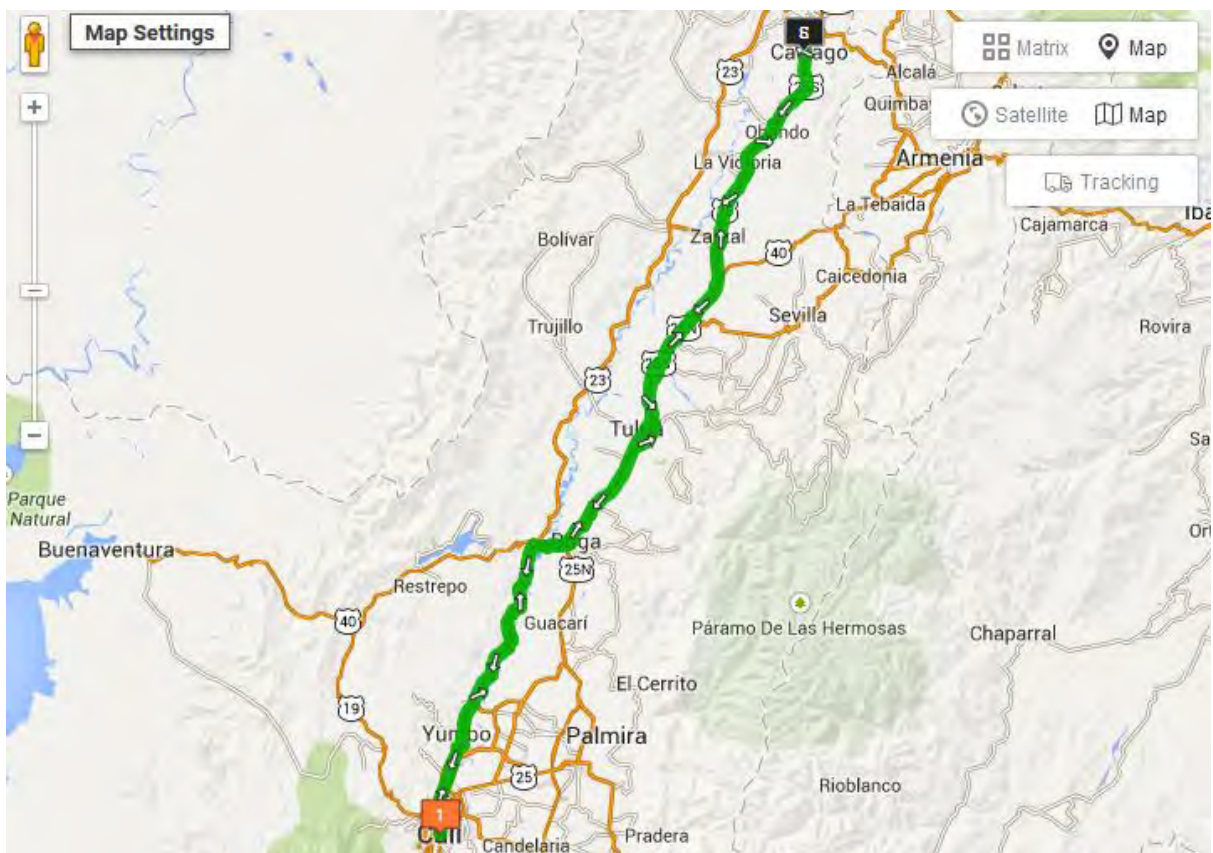
**Cuadro 60. Grupo 3. Tiempo: 5 horas, 20 minutos**

Nota: esta ruta debe repetirse 4 veces en el mes

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 2 al 6	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 114. Ruta Grupo 3 mayo (cuatro veces en el mes)**



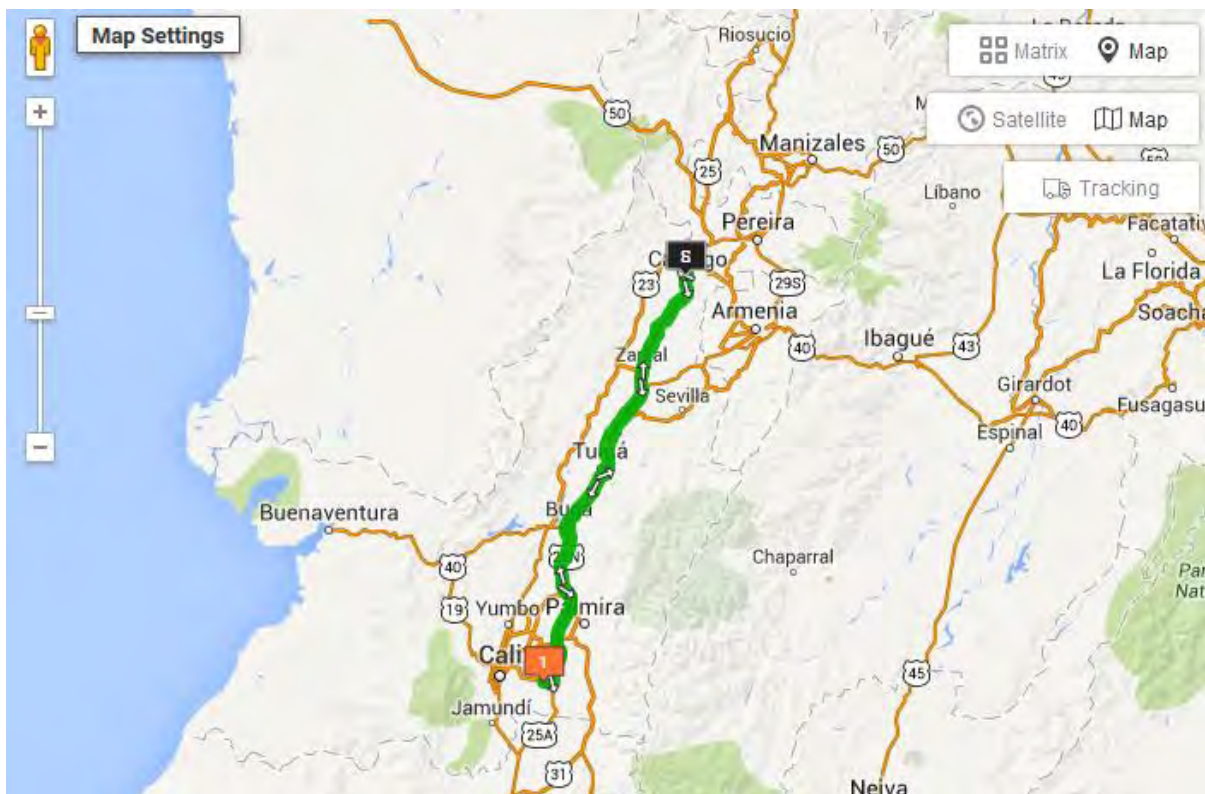
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 61. Grupo 4. Tiempo: 4 horas, 29 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CANDELARIA 1	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 115. Ruta Grupo 4 mayo**



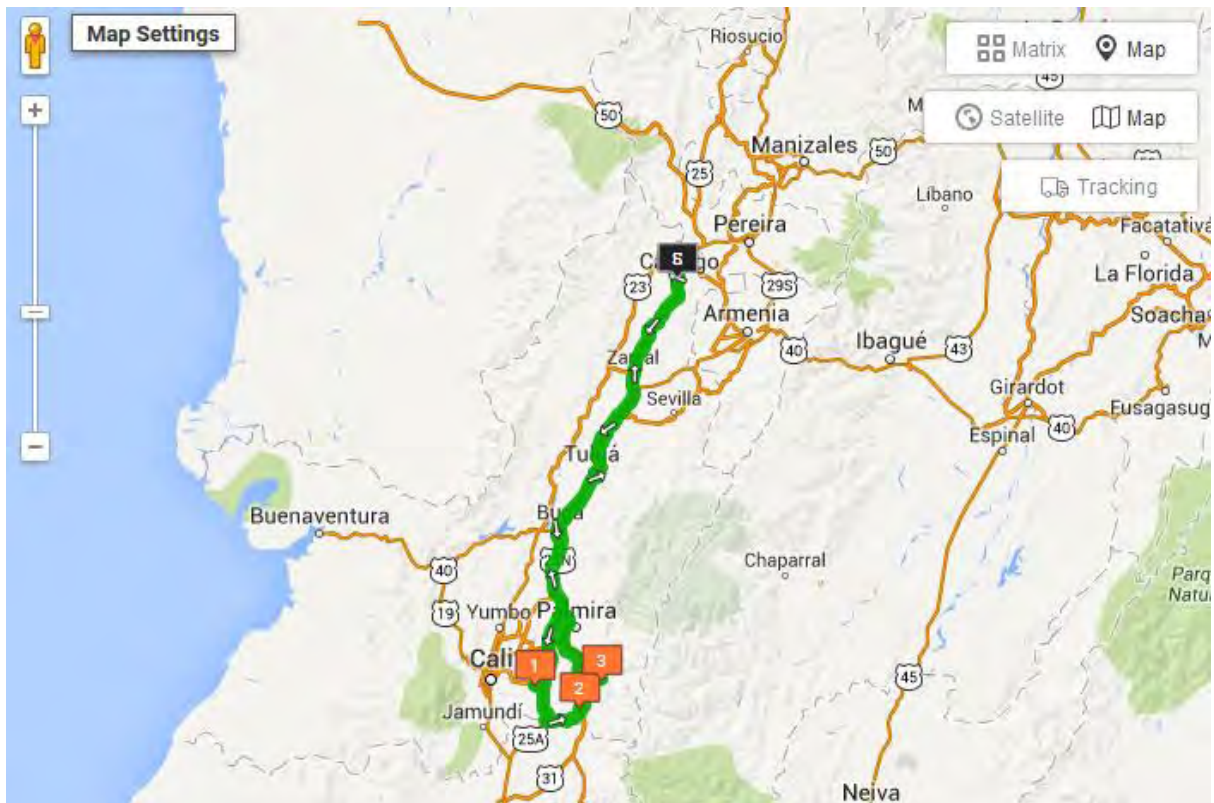
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 62. Grupo 5. Tiempo: 6 horas, 08 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CANDELARIA 2	6130
PRADERA	945
FLORIDA	832,5

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 116. Ruta Grupo 5 mayo**



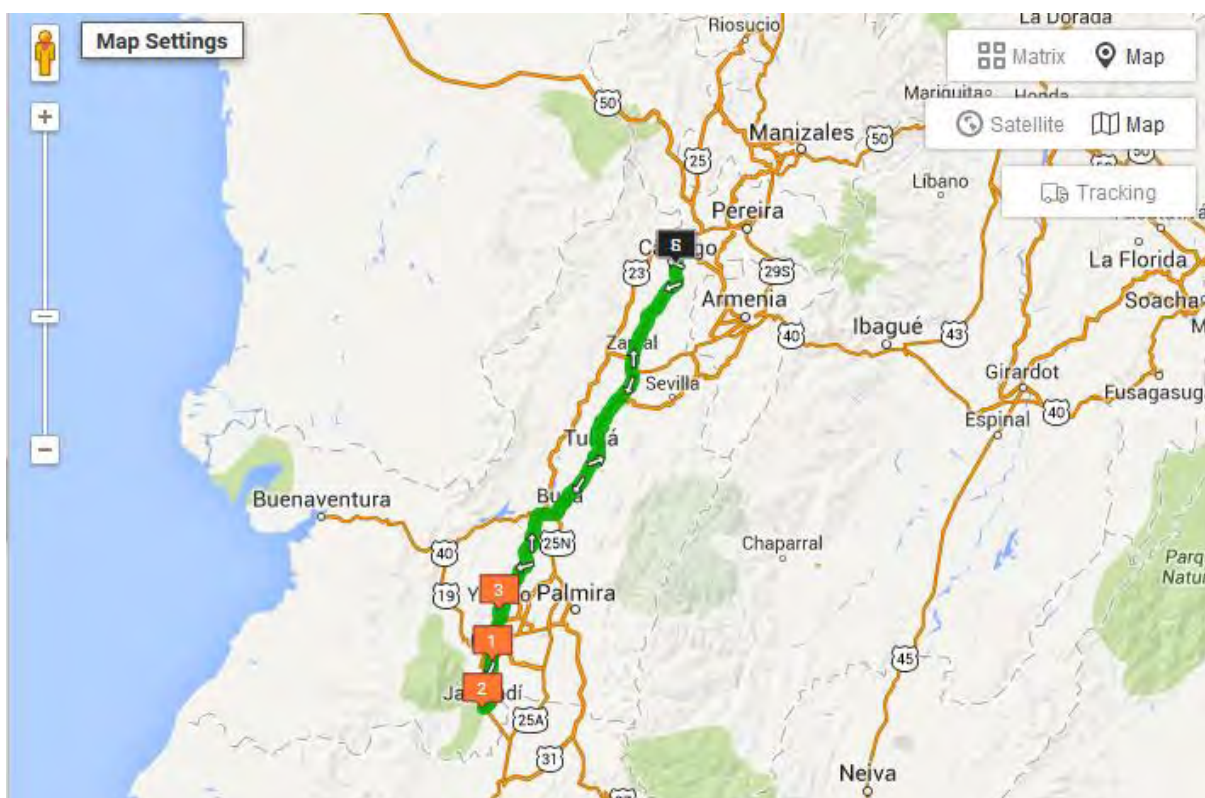
**Fuente:** Route4Me®

**Cuadro 63. Grupo 6. Tiempo: 6 horas, 13 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 7	1454
JAMUNDÍ	5265
YUMBO 1	1281

Fuente: Elaboración propia

**Figura 117. Ruta Grupo 6 mayo**



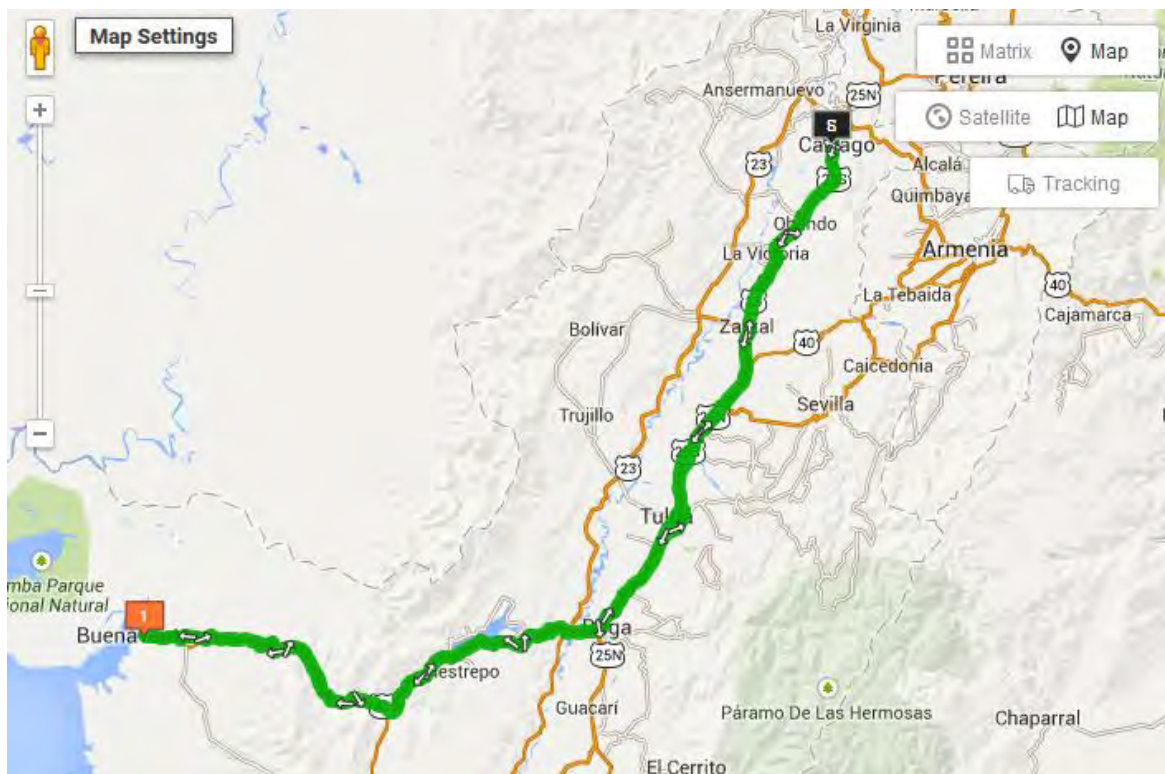
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 64. Grupo 7. Tiempo: 6 horas, 53 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUENAVENTURA 1	8000

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 118. Ruta Grupo 7 mayo**



**Fuente:** Route4Me®

**Cuadro 65. Grupo 8. Tiempo: 14 horas, 21 minutos**

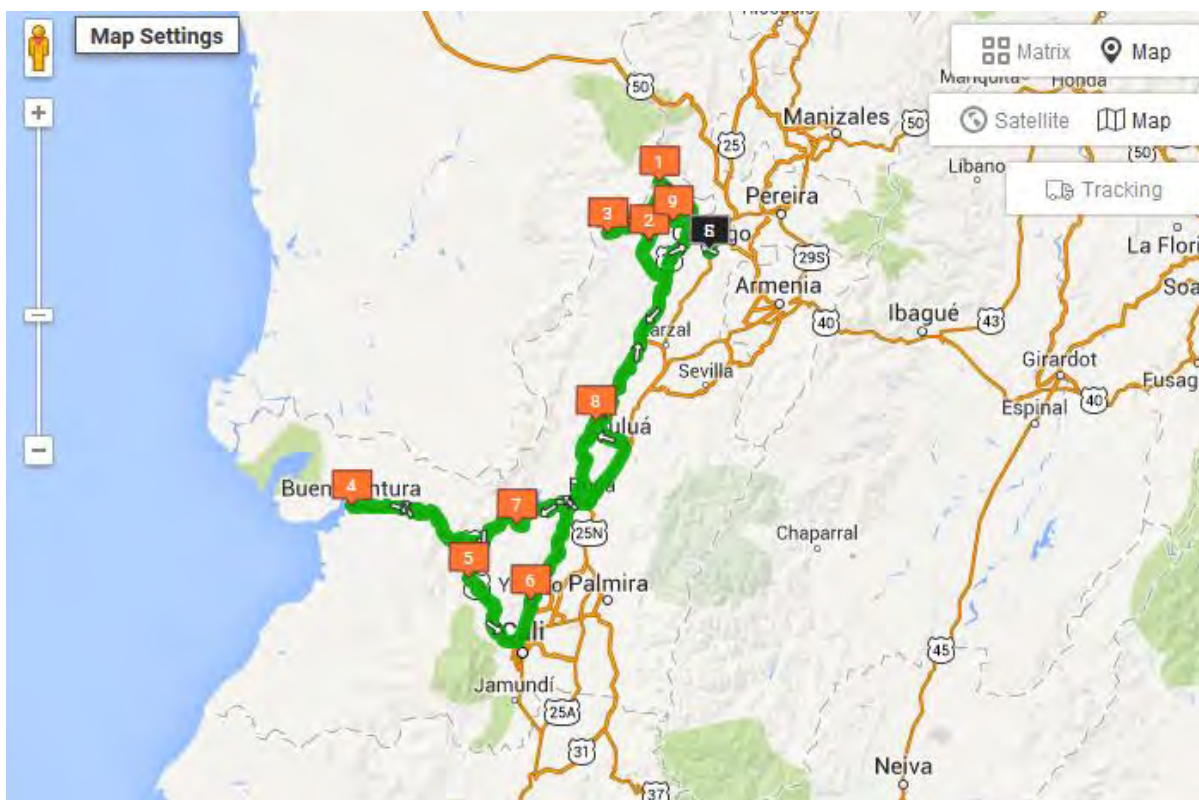
Nota: esta ruta debe dividirse en dos días dada su duración

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
YUMBO 2	586,5
BUENAVENTURA 2	3632,5
DAGUA	652,5
CALIMA	0
RESTREPO	112,5
YOTOCO	0
RIOFRIO	22,5
TRUJILLO	0
BOLIVAR	0

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
ROLDANILLO	0
EL DOVIO	0
LA UNION	0
VERSALLES	0
TORO	0
ARGELIA	247,5
EL CAIRO	67,5
ANSERMANUEVO	315
EL ÁGUILA	112,5

Fuente: Elaboración propia

Figura 119. Ruta Grupo 8 mayo



Fuente: Route4Me®

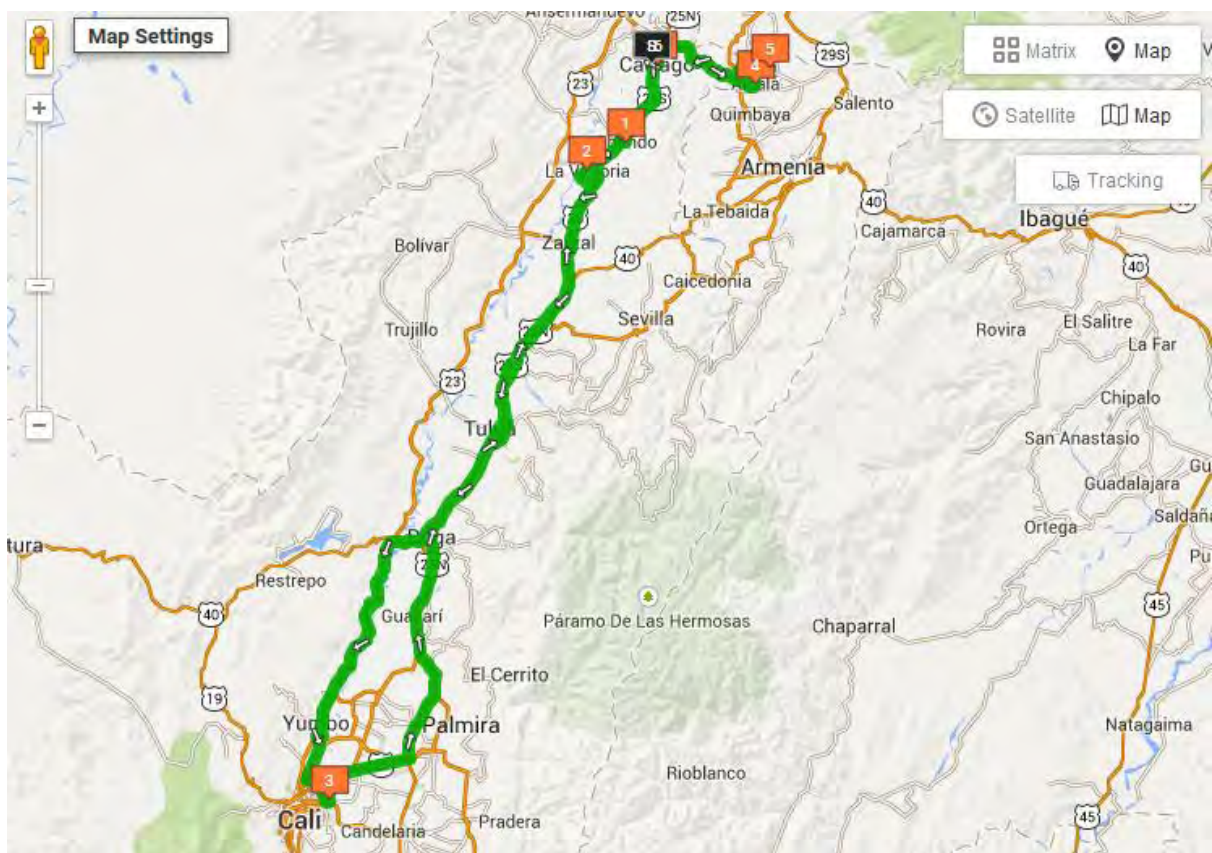
### 11.1.6 JUNIO

**Cuadro 66. Grupo 1. Tiempo: 7 horas, 43 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CARTAGO	3285
PEREIRA	3937,5
DOSQUEBRADAS	0
ALCALÁ	180
ULLOA	112,5
OBANDO	247,5
LA VICTORIA 1	237

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 120. Ruta Grupo 1 junio**



**Fuente:** Route4Me®



**Cuadro 67. Grupo 2: Tiempo: 4 horas, 57 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
LA VICTORIA 2	168
ZARZAL	112,5
SEVILLA	0
CAICEDONIA	2947,5
BUGALAGRANDE	0
ANDALUCÍA	0
TULUÁ 1	4772

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 121. Ruta Grupo 2 junio**



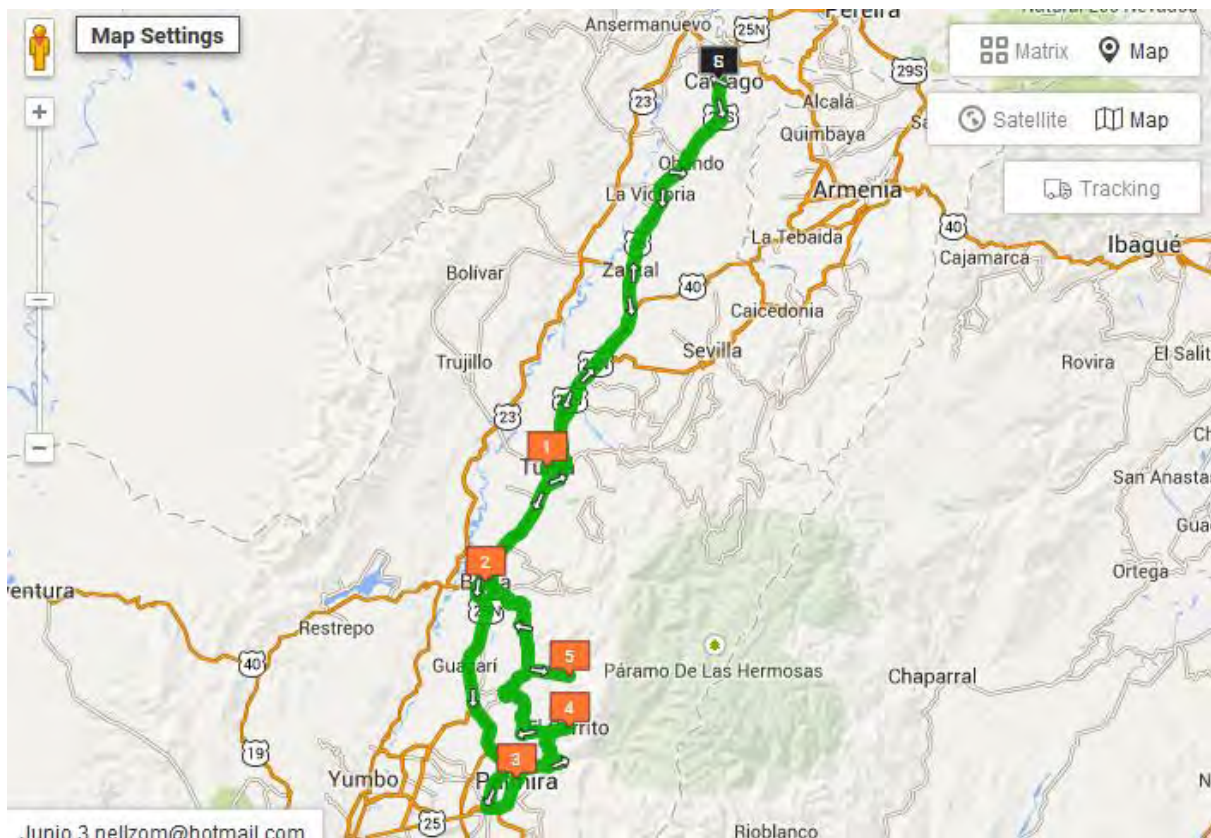
**Fuente:** Route4Me®

**Cuadro 68. Grupo 3. Tiempo: 5 horas, 41 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
TULUÁ 2	123
SAN PEDRO	0
BUGA	472,5
GUACARÍ	0
GINEBRA	337,5
EL CERRITO	427,5
PALMIRA 1	6639,5

Fuente: Elaboración propia

**Figura 122. Ruta Grupo 3 junio**



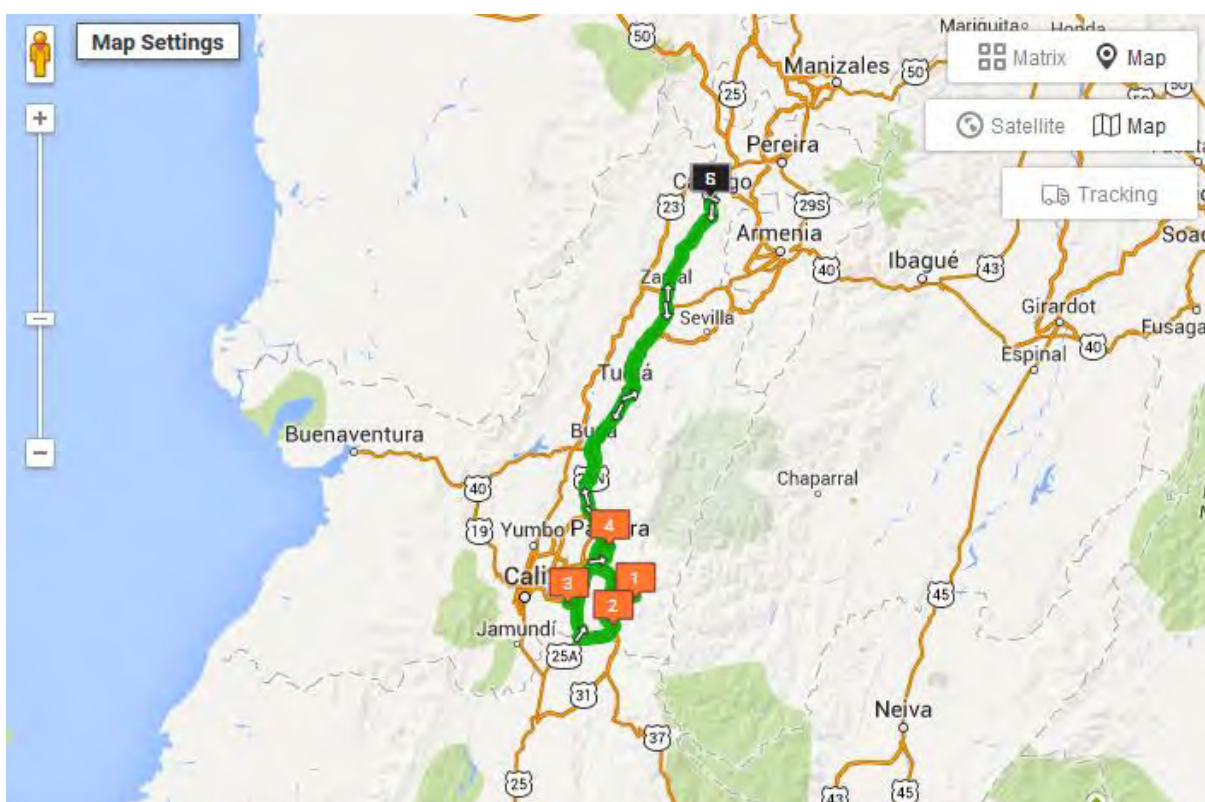
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 69. Grupo 4. Tiempo: 6 horas, 58 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
PALMIRA 2	1393
PRADERA	922,5
FLORIDA	1147,5
CANDELARIA 1	4537

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 123. Ruta Grupo 4 junio**



**Fuente:** Route4Me®

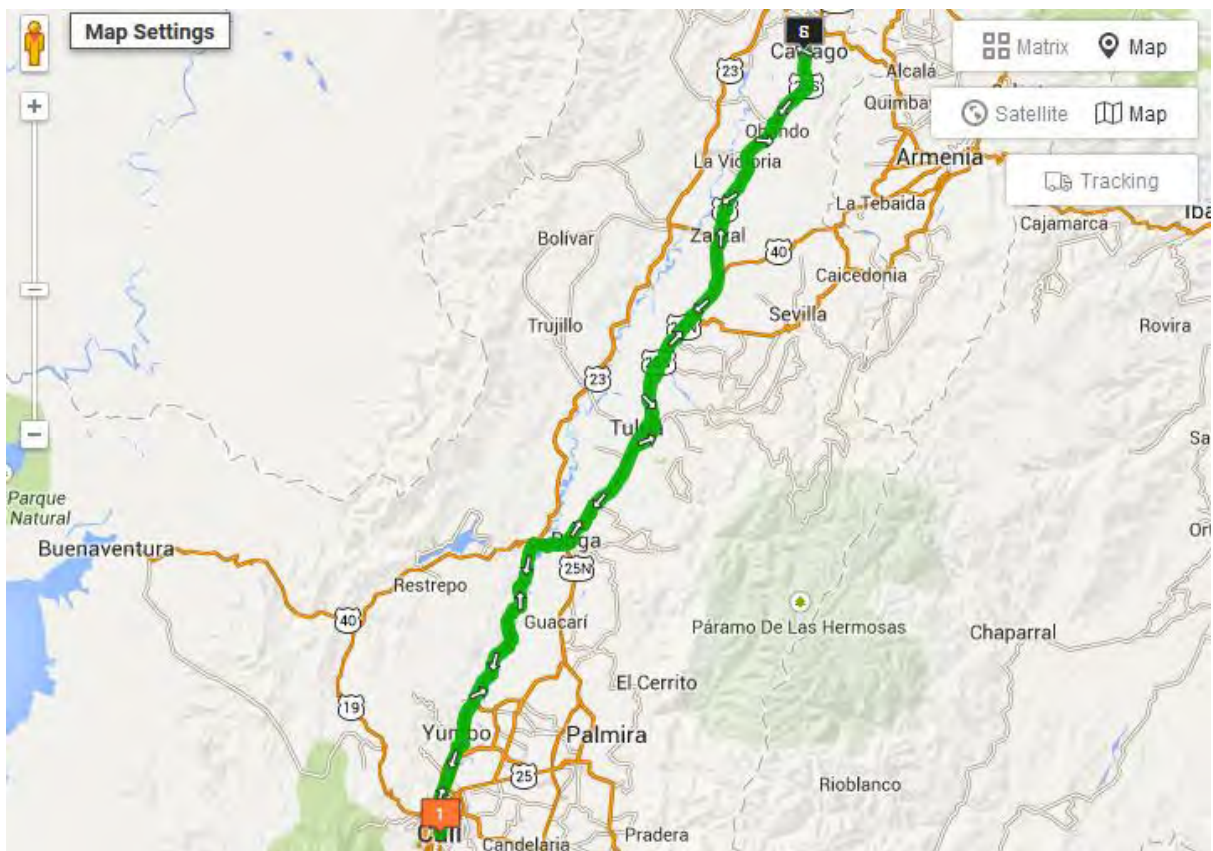
**Cuadro 70. Grupo 5. Tiempo: 5 horas, 20 minutos**

Nota: esta ruta debe repetirse 7 veces en el mes

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 1 al 7	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 124. Ruta Grupo 5 junio (siete veces en el mes)**



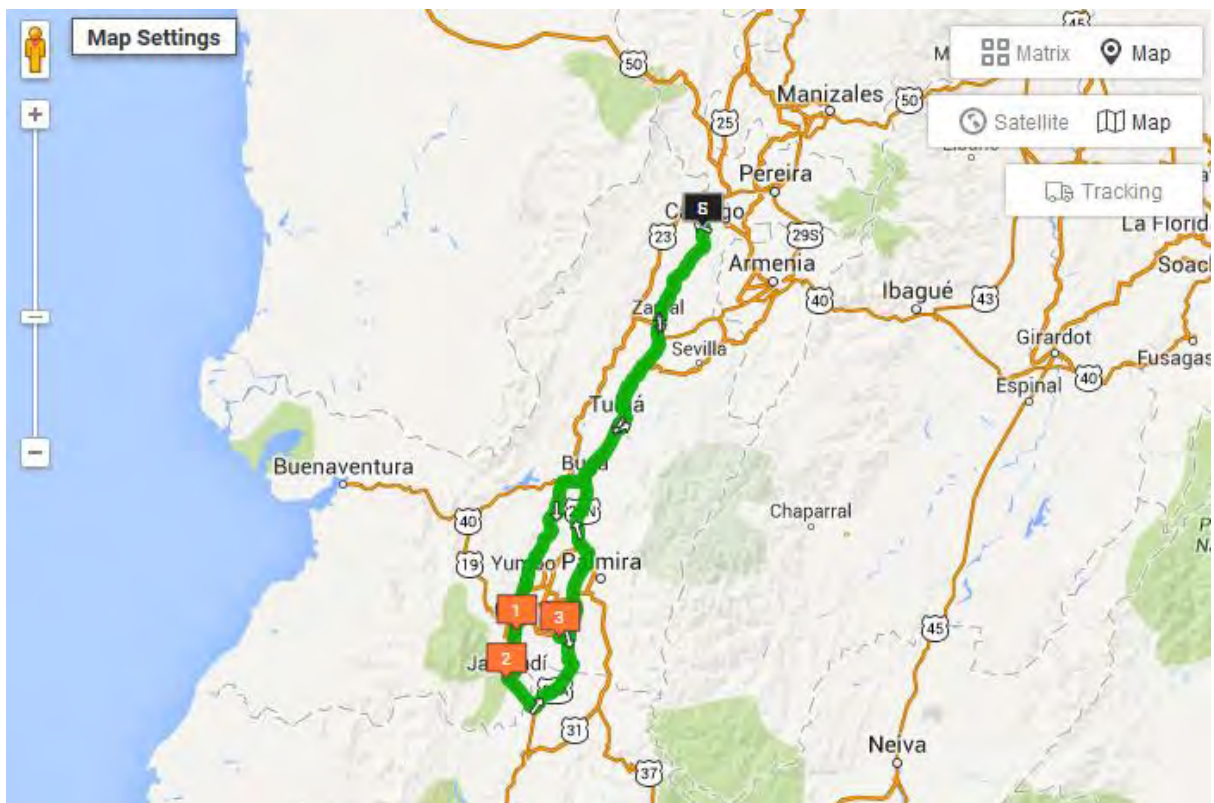
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 71. Grupo 6. Tiempo: 6 horas, 14 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 8	3784
CANDELARIA 2	2775,5
JAMUNDÍ	1440

Fuente: Elaboración propia

**Figura 125. Ruta Grupo 6 junio**



Fuente: Route4Me®

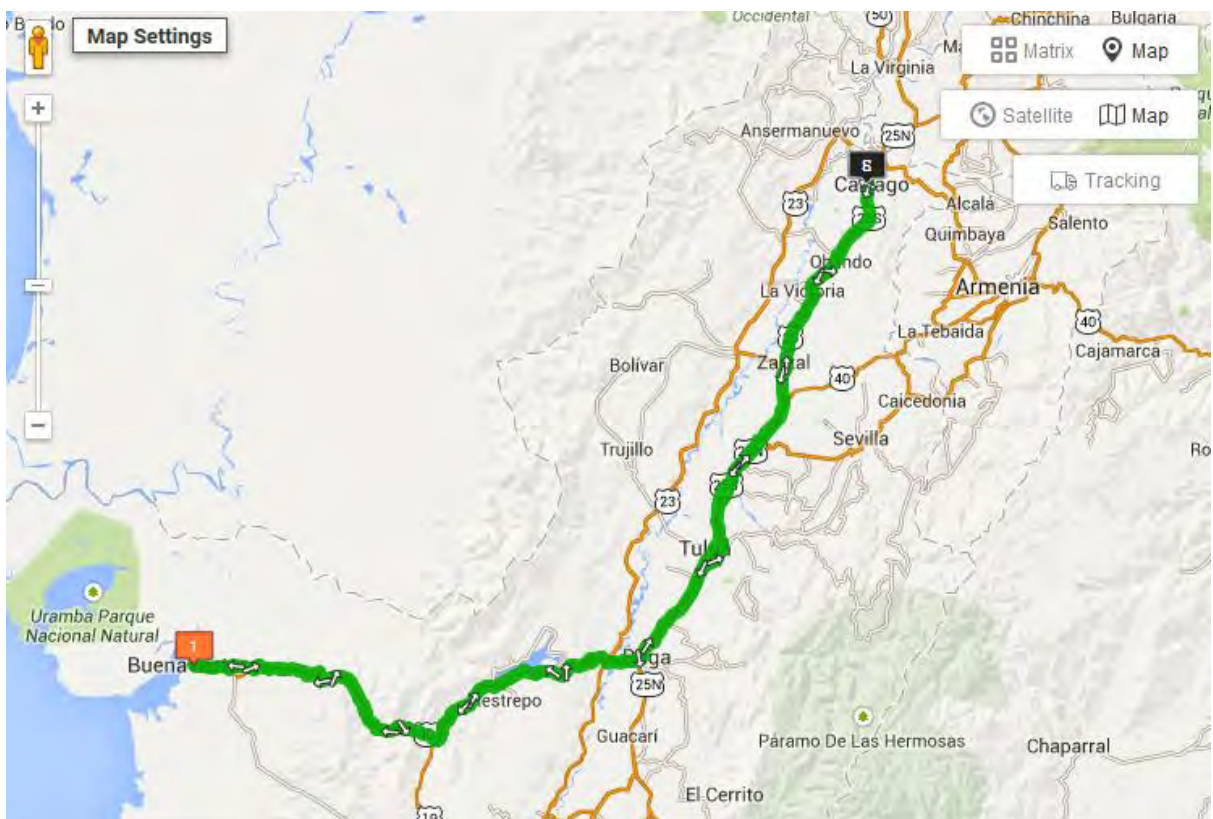
**Cuadro 72. Grupo 7. Tiempo: 6 horas, 53 minutos**

Nota: esta ruta debe hacerse dos veces en el mes

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUENAVENTURA 1 Y 2	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 126. Ruta Grupo 7 junio (dos veces en el mes).**



Fuente: Route4Me®

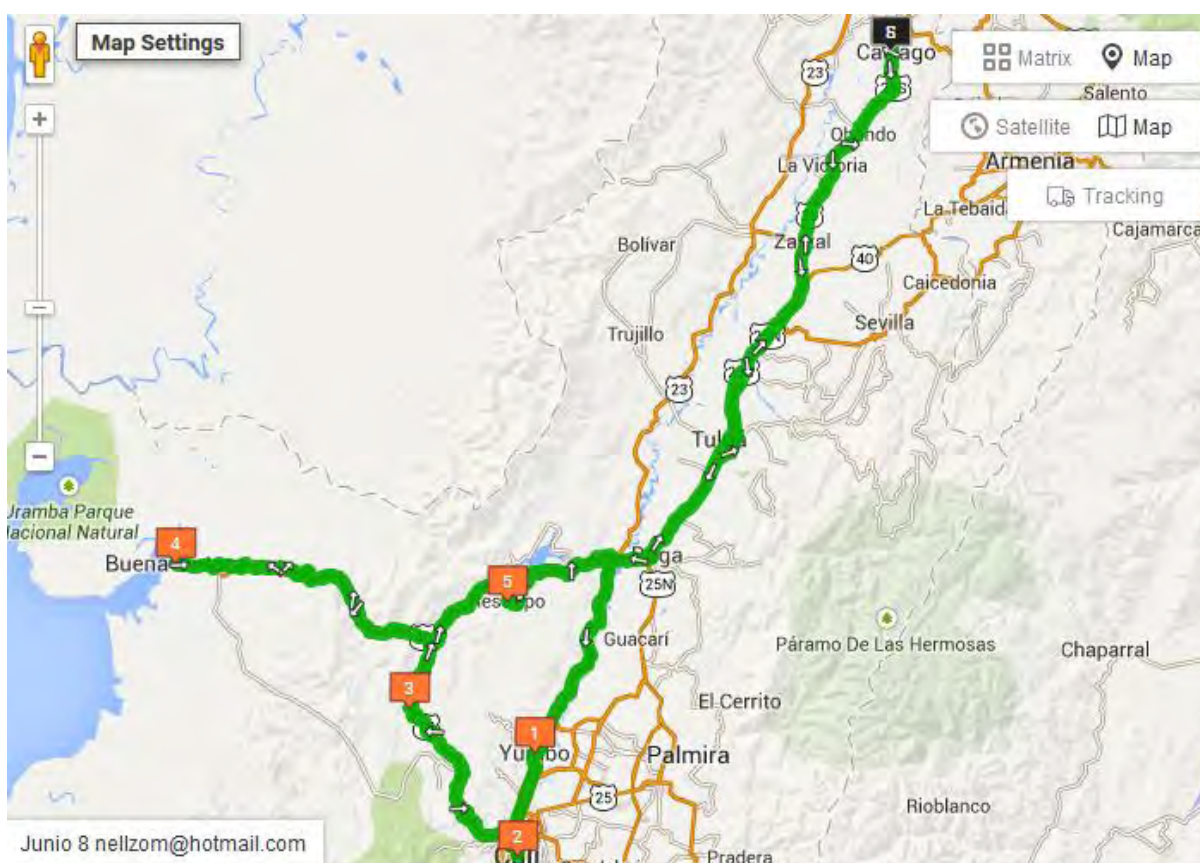
**Cuadro 73. Grupo 8. Tiempo: 9 horas, 03 minutos**

Nota: esta ruta debe repartirse en dos días, uniendo la parte faltante con la Ruta del Grupo 2

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUENAVENTURA 3	5915
DAGUA	922,5
RESTREPO	112,5
CALI 9	696
YUMBO 1	354

Fuente: Elaboración propia

**Figura 127. Ruta Grupo 8 junio**



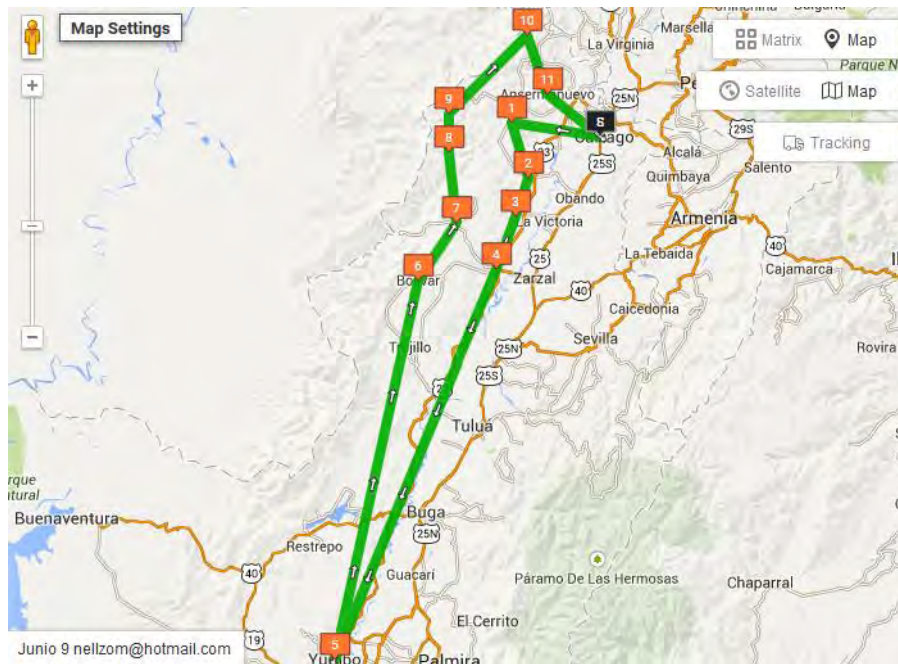
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 74. Grupo 9. Tiempo: 7 horas, 59 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
YUMBO	1918,5
CALIMA	0
YOTOCO	0
RIOFRIO	0
TRUJILLO	0
BOLIVAR	180
ROLDANILLO	2970
EL DOVIO	472,5
LA UNION	562,5
VERSALLES	225
TORO	360
ARGELIA	337,5
EL CAIRO	247,5
ANSERMANUEVO	517,5
EL ÁGUILA	202,5

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 128. Ruta Grupo 9 junio**



**Fuente:** Route4Me®



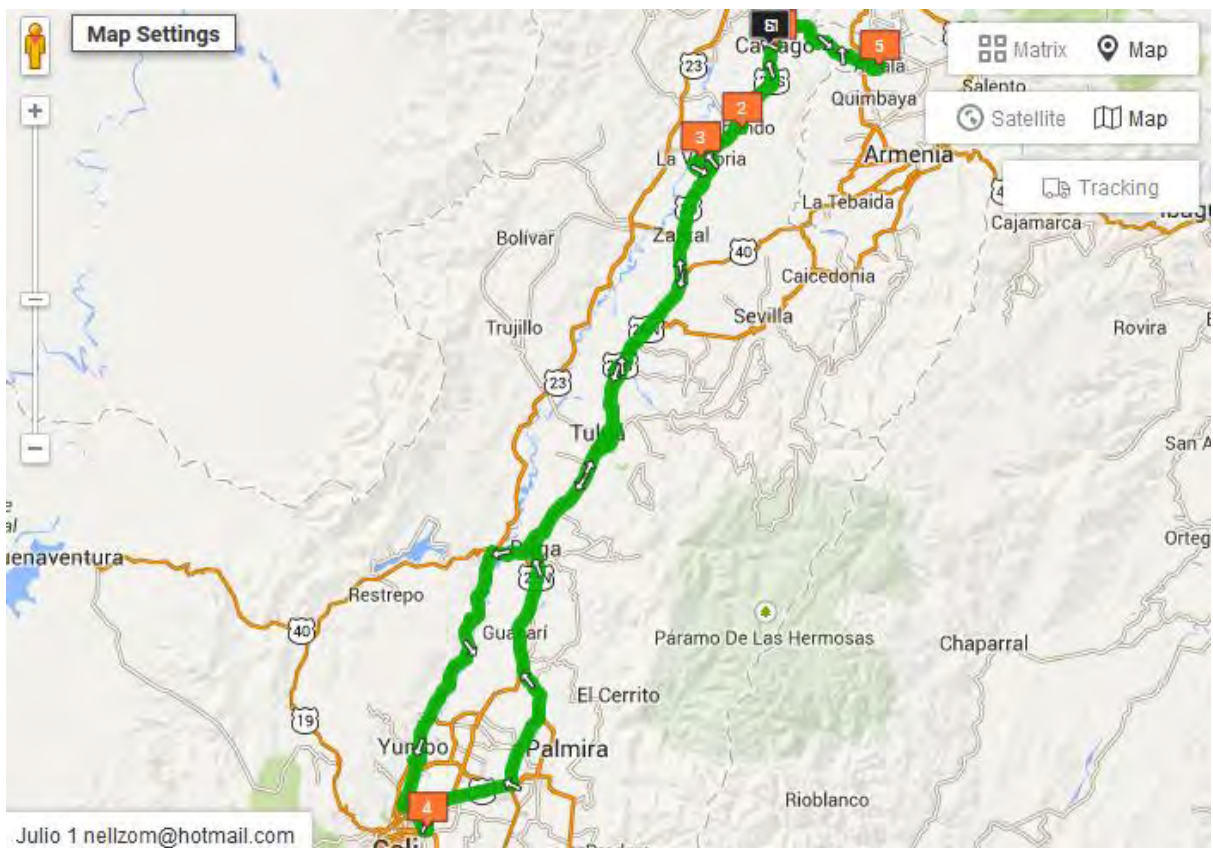
### 11.1.7 JULIO

**Cuadro 75. Grupo 1. Tiempo: 7 horas, 15 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CARTAGO	3465
PEREIRA	3690
DOSQUEBRADAS	0
ALCALÁ	405
ULLOA	0
OBANDO	315
LA VICTORIA 1	125

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 129. Ruta Grupo 1 julio**



**Fuente:** Route4Me®

**Cuadro 76. Grupo 2. Tiempo: 5 horas, 05 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
LA VICTORIA 2	145
ZARZAL	22,5
SEVILLA	0
CAICEDONIA	6525
BUGALAGRANDE	225
ANDALUCÍA	67,5
TULUÁ 1	1015

Fuente: Elaboración propia

**Figura 130. Ruta Grupo 2 julio**



Fuente: Route4Me®

**Cuadro 77. Grupo 3. Tiempo: 5 horas, 49 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
TULUÁ	4610
SAN PEDRO	112,5
BUGA	585
GUACARÍ	180
GINEBRA	315
EL CERRITO	382,5
PALMIRA 1	1815

Fuente: Elaboración propia

**Figura 131. Ruta Grupo 3 julio**



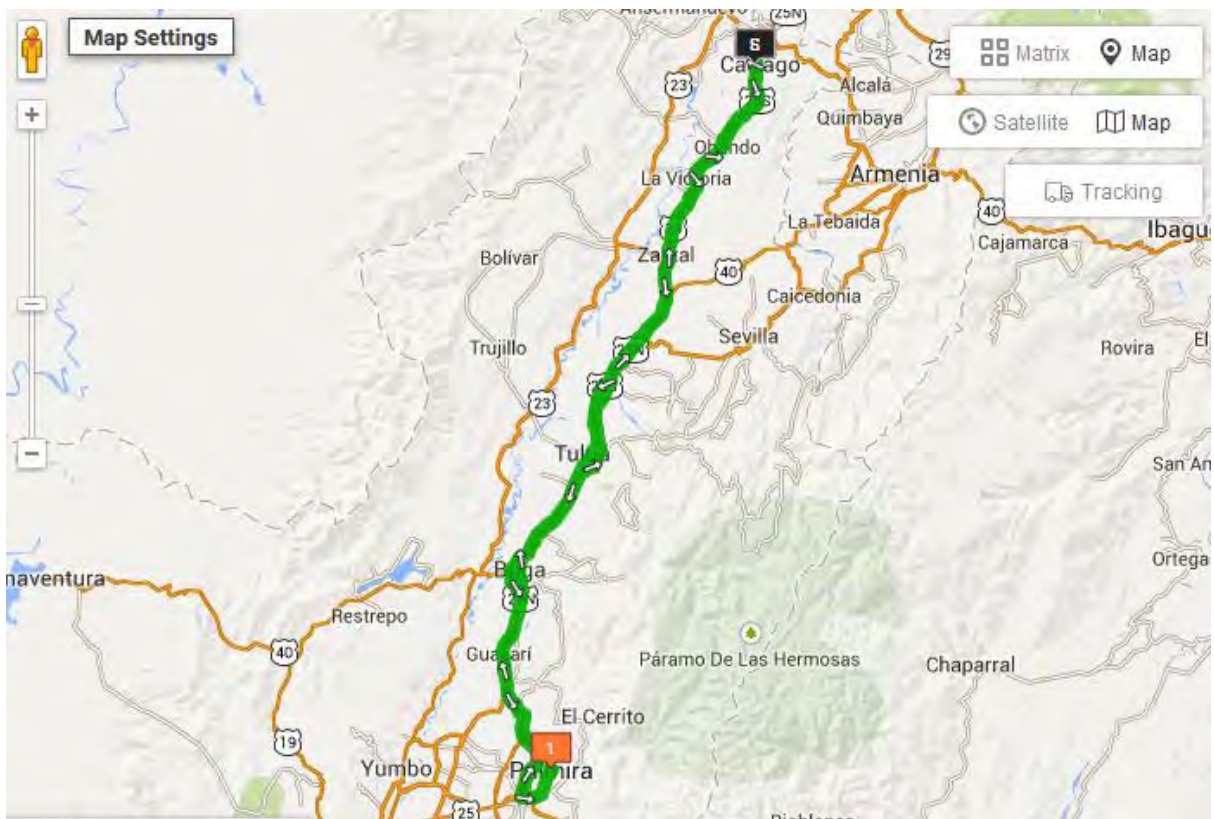
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 78. Grupo 4. Tiempo: 4 horas, 23 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
PALMIRA 2	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 132. Ruta Grupo 4 julio**



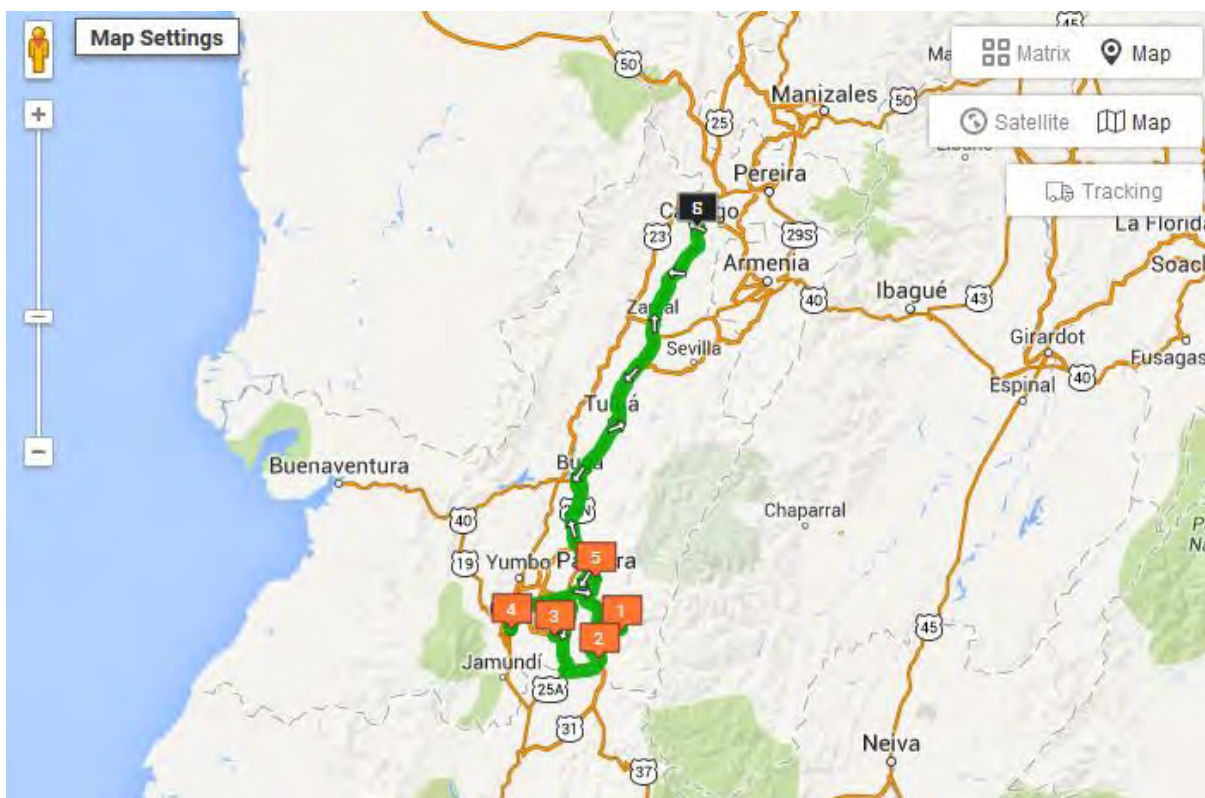
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 79. Grupo 5. Tiempo: 7 horas, 57 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
PALMIRA 3	17,5
CANDELARIA	3082,5
PRADERA	1080
FLORIDA	1080
CALI 1	2740

Fuente: Elaboración propia

**Figura 133. Ruta Grupo 5 julio**



Fuente: Route4Me®

**Cuadro 80. Grupo 6. Tiempo: 5 horas, 20 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 2 AL 9	8000

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 134. Ruta Grupo 6 julio**



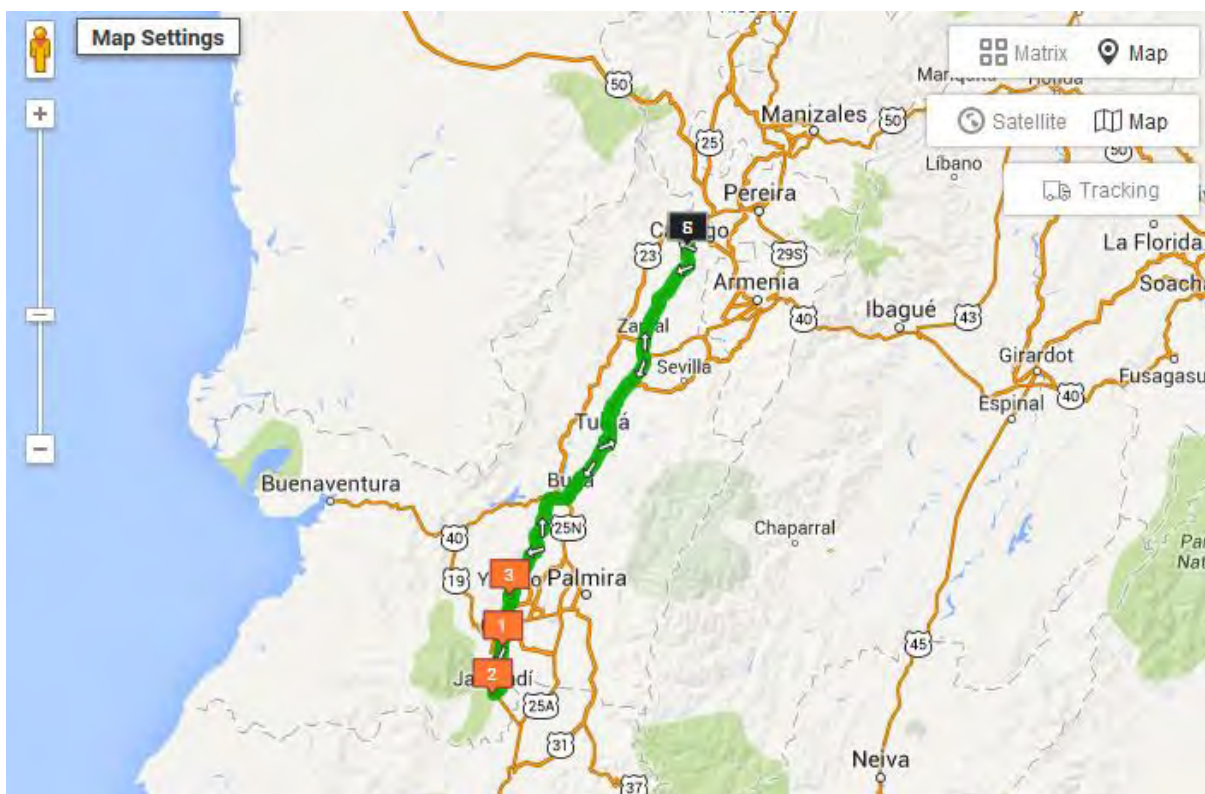
**Fuente:** Route4Me®

**Cuadro 81. Grupo 7. Tiempo: 6 horas, 13 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 10	4920
JAMUNDÍ	2070
YUMBO 1	1010

Fuente: Elaboración propia

**Figura 135. Ruta Grupo 7 julio**



Fuente: Route4Me®

**Cuadro 82. Grupo 8. Tiempo: 4 horas, 19 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
YUMBO 2	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 136. Ruta Grupo 8 julio**



Fuente: Route4Me®

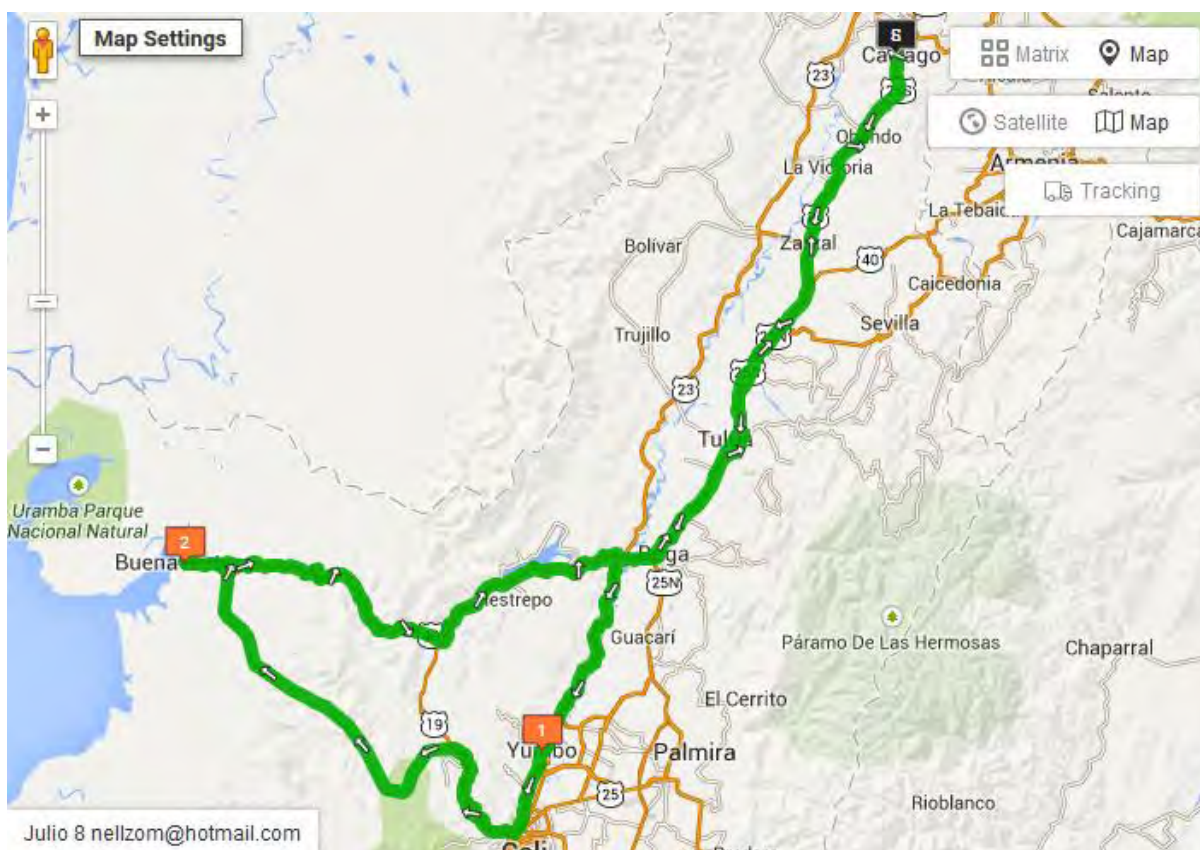


**Cuadro 83. Grupo 9. Tiempo: 7 horas, 57 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
YUMBO 3	6222,5
BUENAVENTURA 1	1777

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 137. Ruta Grupo 9 julio**



**Fuente:** Route4Me®

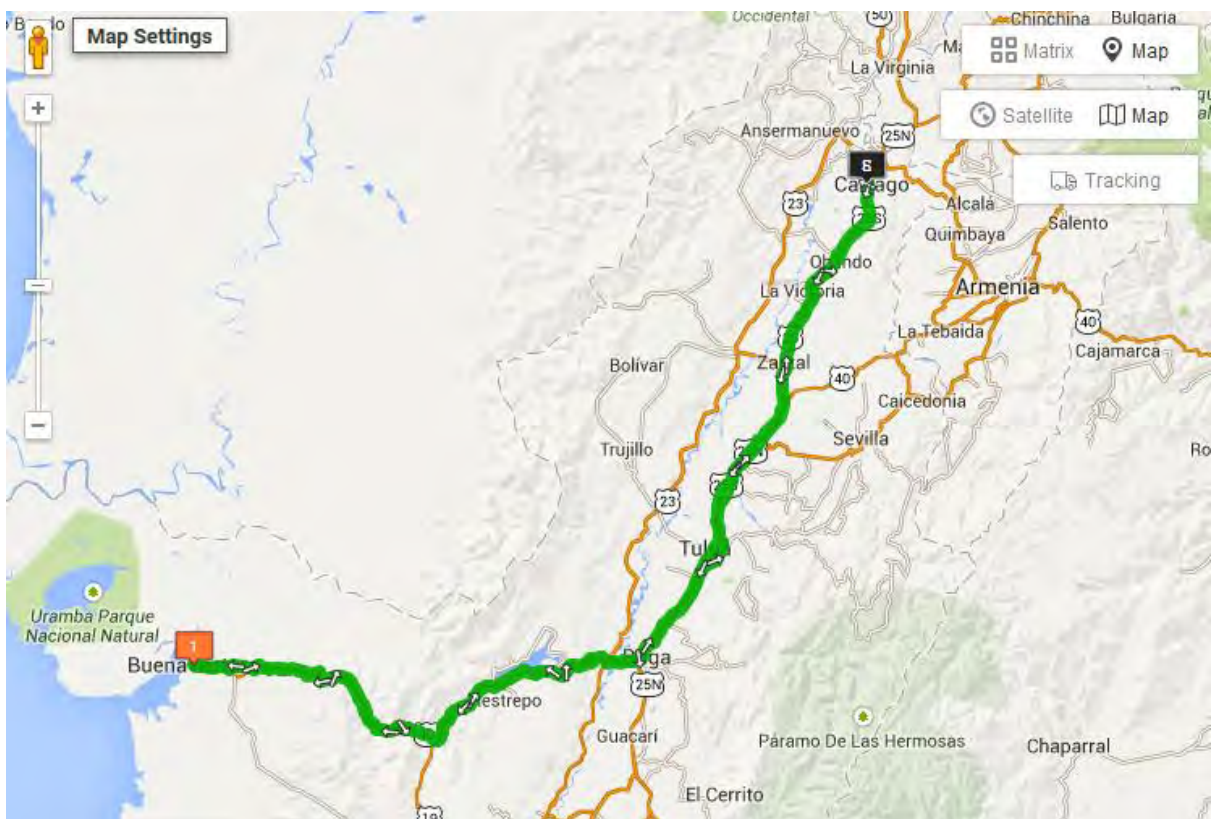
**Cuadro 84. Grupo 10. Tiempo: 6 horas, 53 minutos**

Nota: esta ruta debe hacerse 3 veces en el mes

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUENAVENTURA 2 AL 4	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 138. Ruta Grupo 10 julio (tres veces en el mes)**



Fuente: Route4Me®

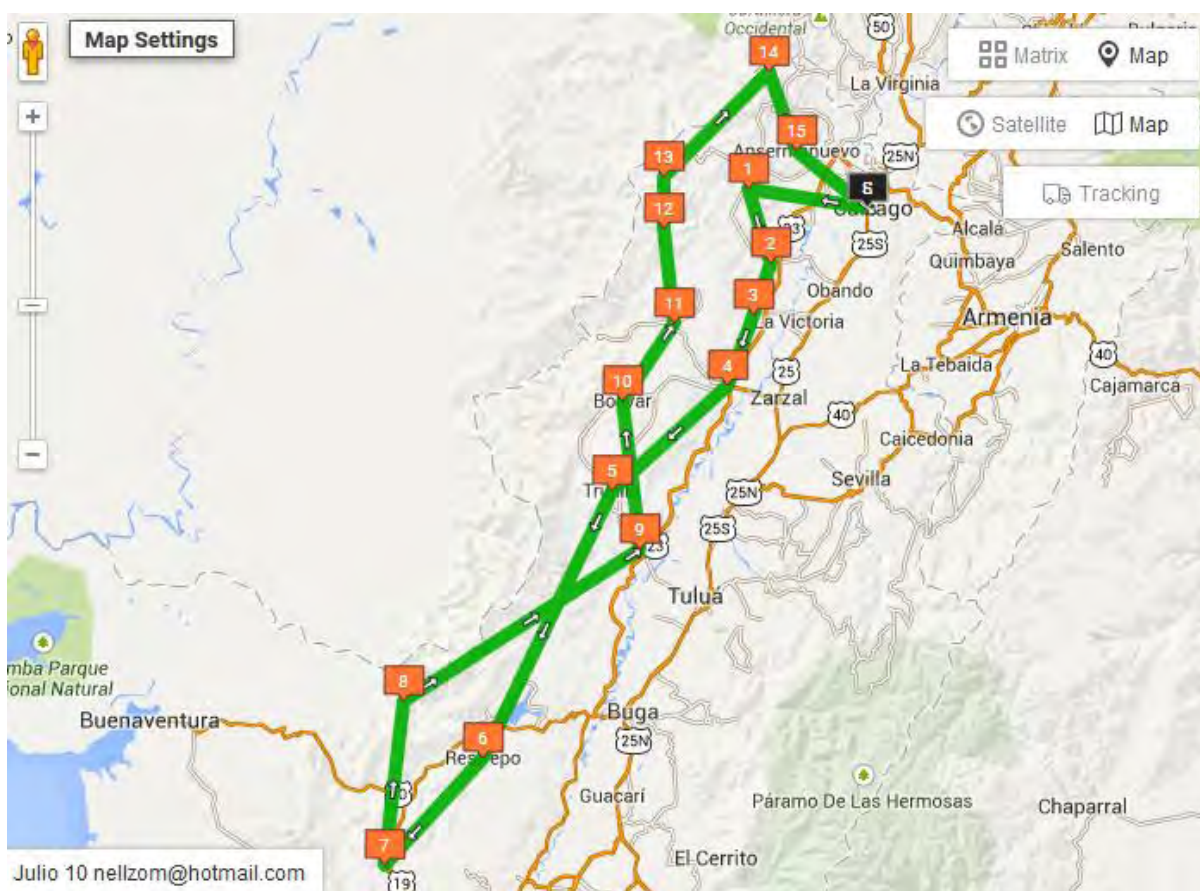
**Cuadro 85. Grupo 11. Tiempo: 7 horas, 59 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUENAVENTURA 5	233
DAGUA	710
CALIMA	112,5
RESTREPO	90
YOTOCO	0
RIOFRIO	45
TRUJILLO	112,5
BOLIVAR	202,5
ROLDANILLO	2452,5
EL DOVIO	517,5

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
LA UNION	585
VERSALLES	202,5
TORO	382,5
ARGELIA	360
EL CAIRO	180
ANSERMANUEVO	517,5
EL ÁGUILA	225
ANSERMANUEVO	517,5
EL ÁGUILA	225

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 139. Ruta Grupo 11 julio**



**Fuente:** Route4Me®

## 11.1.8 AGOSTO

**Cuadro 86. Grupo 1. Tiempo: 7 horas, 00 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CARTAGO	2587,5
PEREIRA	3397,5
DOSQUEBRADAS	0
ALCALÁ	225
ULLOA	0
OBANDO	157,5
LA VICTORIA	225
ZARZAL	112,5
SEVILLA	225
CAICEDONIA	125
BUGALAGRANDE	112,5
ANDALUCÍA	112,5
TULUÁ 1	720

Fuente: Elaboración propia

**Figura 140. Ruta Grupo 1 agosto**



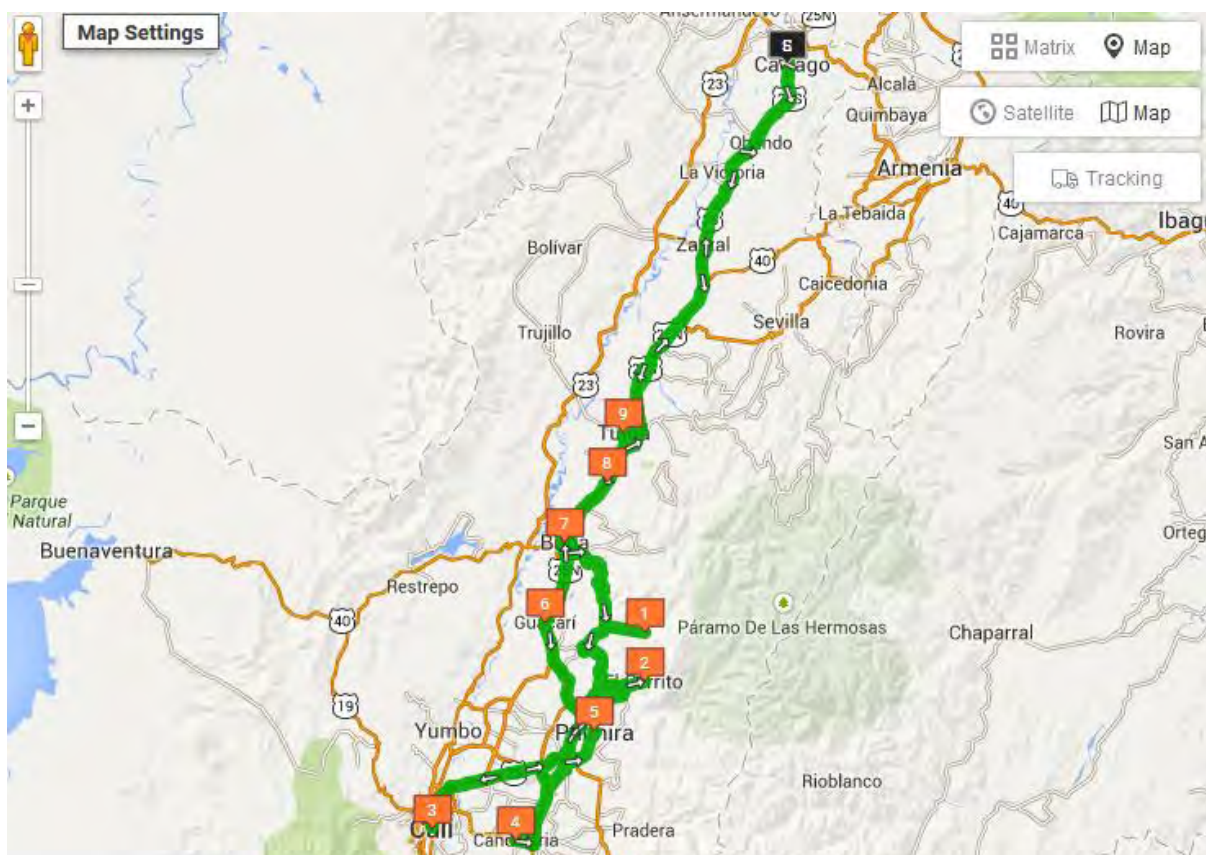
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 87. Grupo 2. Tiempo: 8 horas, 45 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
TULUÁ	2317,5
SAN PEDRO	112,5
BUGA	495
GUACARÍ	112,5
GINEBRA	112,5
EL CERRITO	337,5
PALMIRA	1642,5
CANDELARIA 1	492,5
CALI 1	2377,5

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 141. Ruta Grupo 2 agosto**



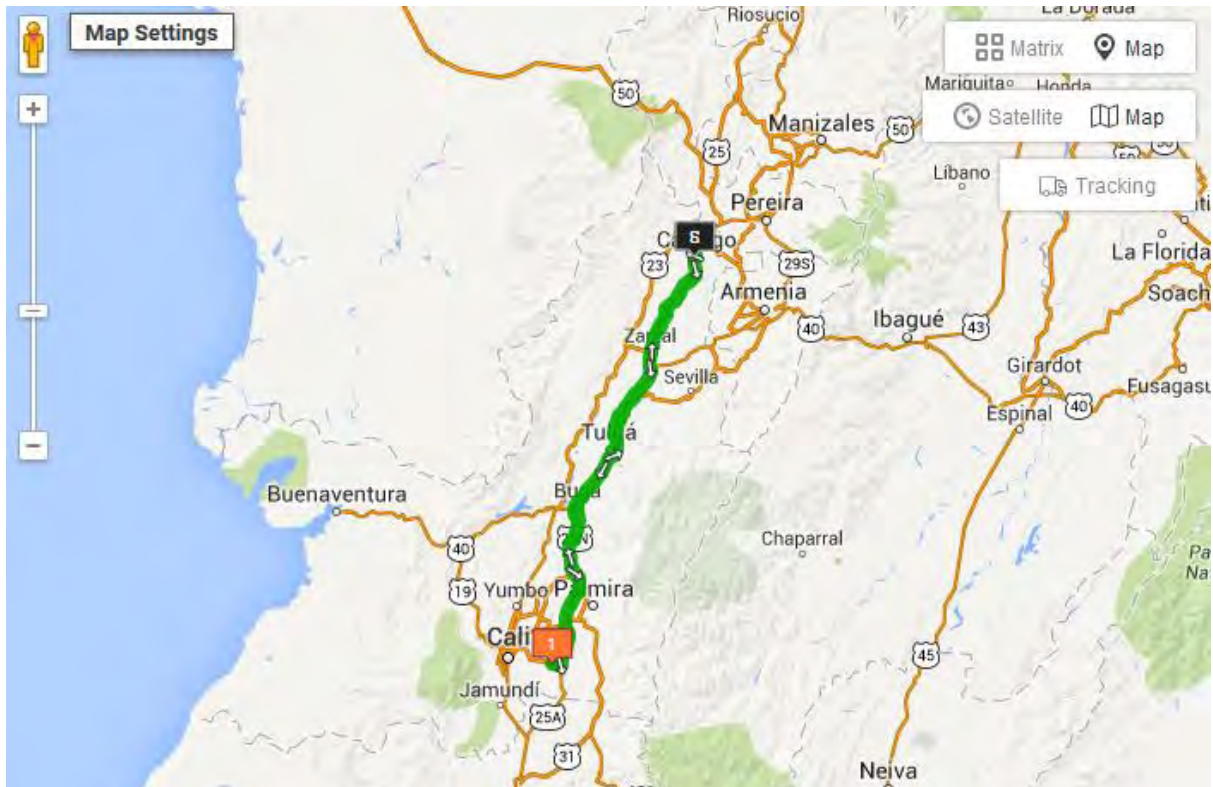
**Fuente:** Route4Me®

**Cuadro 88. Grupo 3. Tiempo: 4 horas, 29 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CANDELARIA 2	8000

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 142. Ruta Grupo 3 agosto**



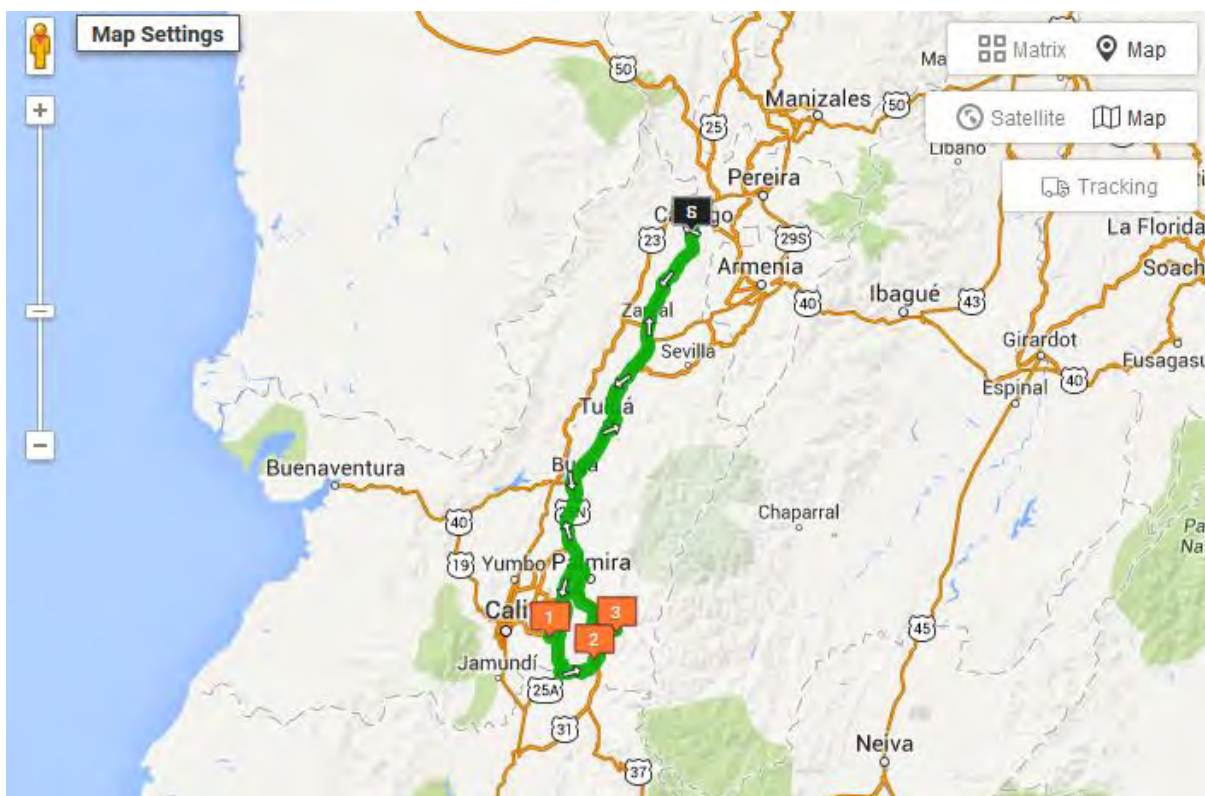
**Fuente:** Route4Me®

**Cuadro 89. Grupo 4. Tiempo: 6 horas, 08 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CANDELARIA 3	6695
PRADERA	450
FLORIDA	855

Fuente: Elaboración propia

**Figura 143. Ruta Grupo 4 agosto**



Fuente: Route4Me®

**Cuadro 90. Grupo 5. Tiempo: 5 horas, 20 minutos**

Nota (esta ruta debe hacerse 3 veces en el mes)

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 2 AL 4	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 144. Ruta Grupo 5 agosto (tres veces en el mes)**



Fuente: Route4Me®

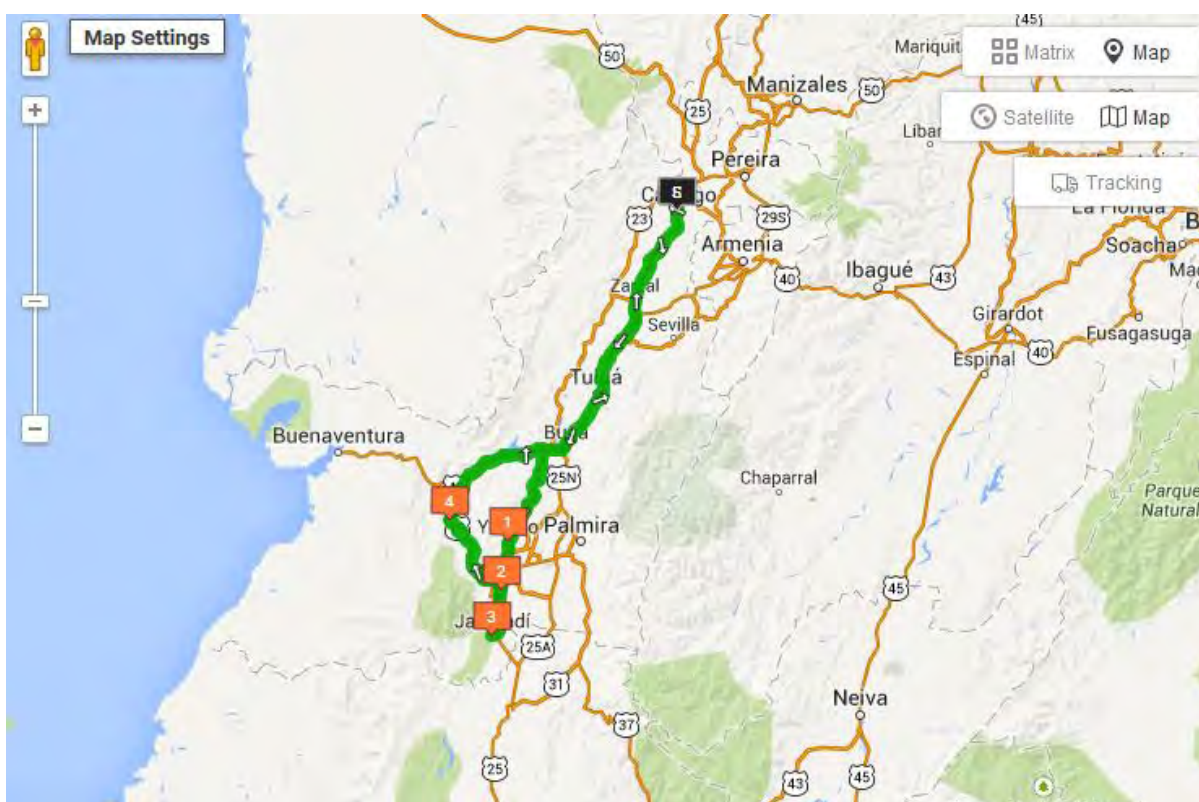


**Cuadro 91. Grupo 6. Tiempo: 7 horas, 14 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 1	4605,05
JAMUNDÍ	1800
YUMBO 1	582,5
DAGUA 1	110

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 145. Ruta Grupo 7 agosto**



**Fuente:** Route4Me®

**Cuadro 92. Grupo 8. Tiempo: 4 horas, 19 minutos**

Nota: esta ruta debe hacerse 2 veces en el mes

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
YUMBO 2 Y 3	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 146. Ruta Grupo 8 agosto (dos veces en el mes)**



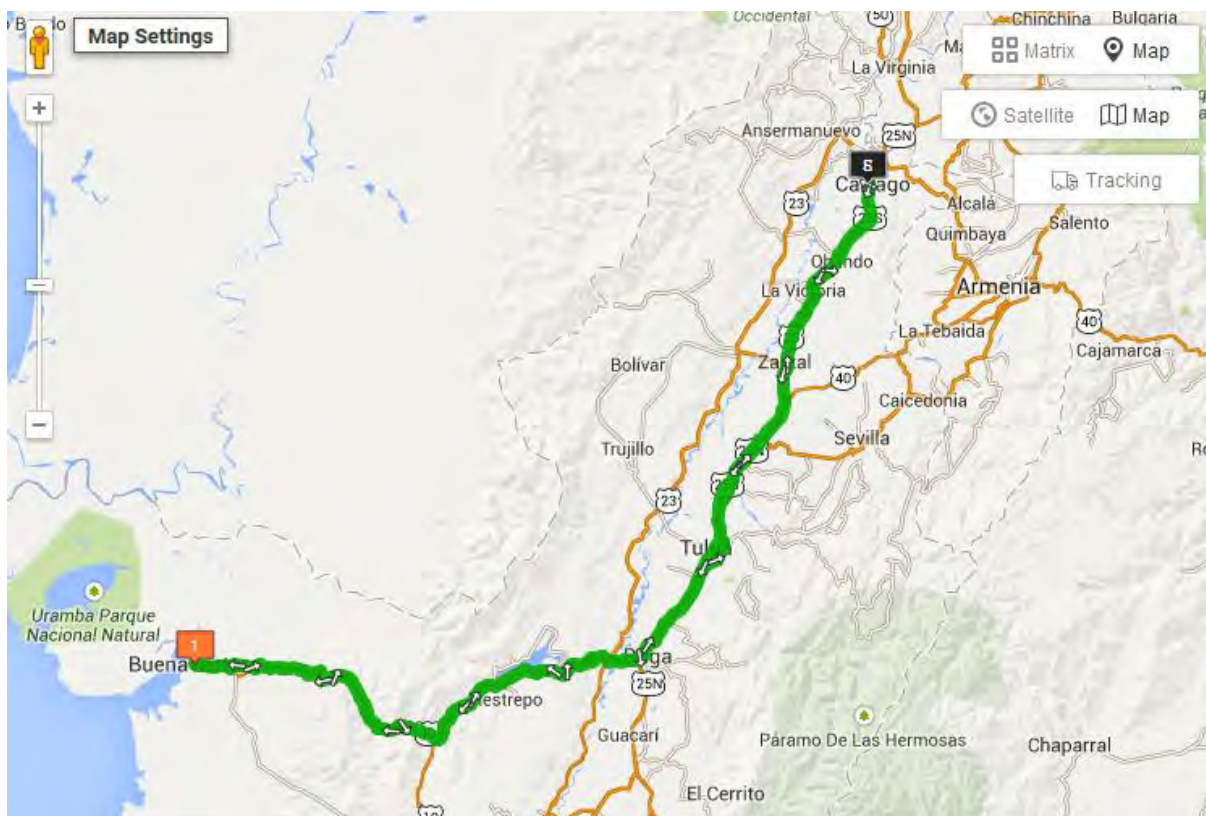
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 93. Grupo 9. Tiempo: 6 horas, 53 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUENAVENTURA 1	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 147. Ruta Grupo 9 agosto**



Fuente: Route4Me®

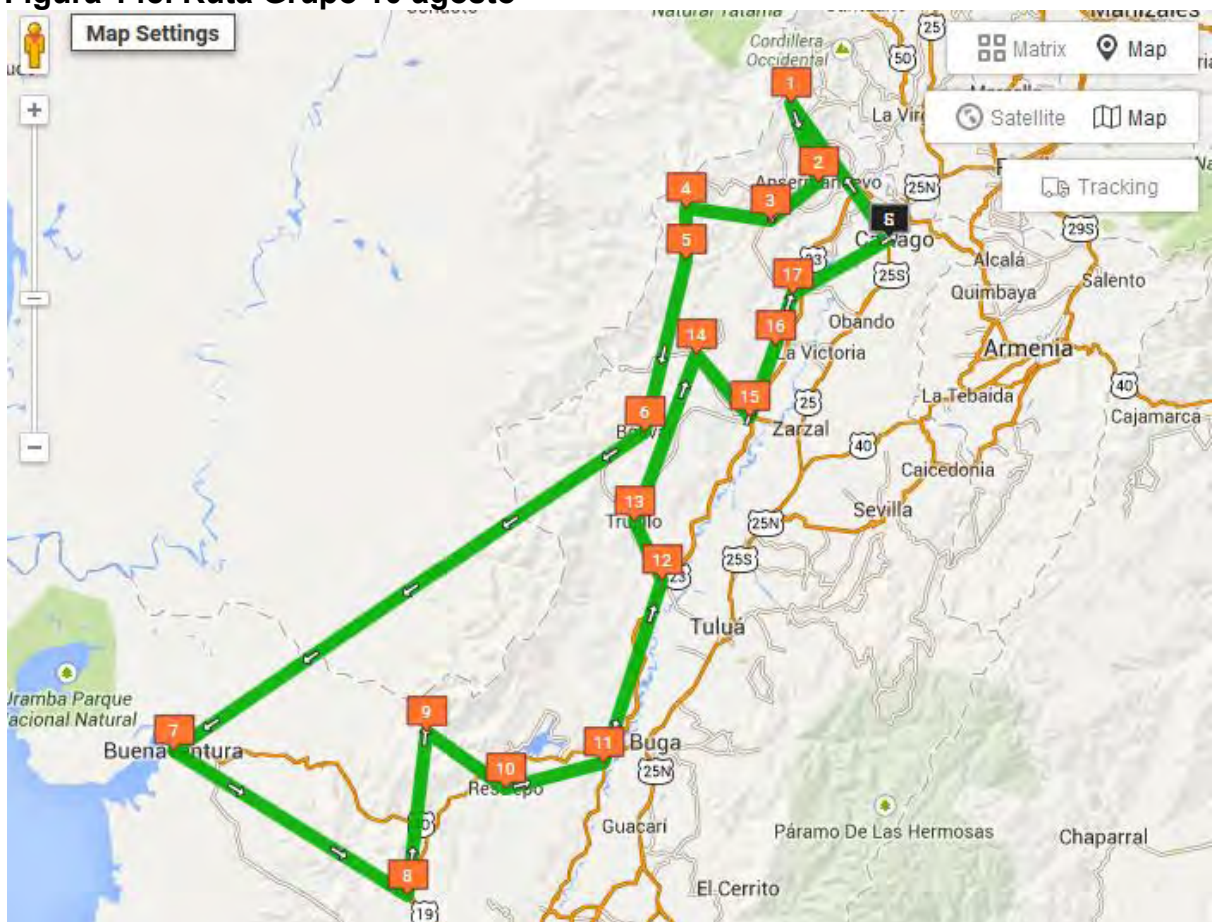
**Cuadro 94. Grupo 10. Tiempo: 7 horas, 59 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUENAVENTURA 2	2665
DAGUA 2	452,5
CALIMA	225
RESTREPO	112,5
YOTOCO	0
RIOFRIO	112,5
TRUJILLO	225
BOLIVAR	112,5
ROLDANILLO	2610

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
EL DOVIO	225
LA UNION	225
VERSALLES	112,5
TORO	135
ARGELIA	112,5
EL CAIRO	225
ANSERMANUEVO	337,5
EL ÁGUILA	112,5

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 148. Ruta Grupo 10 agosto**



**Fuente:** Route4Me®

### 11.1.9 SEPTIEMBRE

**Cuadro 95. Grupo 1. Tiempo: 5 horas, 19 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CARTAGO	3015
PEREIRA	765
DOSQUEBRADAS	0
ALCALÁ	180
ULLOA	67,5
OBANDO	270
LA VICTORIA	292,5
ZARZAL	67,5
SEVILLA	0
CAICEDONIA	0
BUGALAGRANDE	112,5
ANDALUCÍA	0
TULUÁ 1	3230

Fuente: Elaboración propia

**Figura 149. Ruta Grupo 1 septiembre**



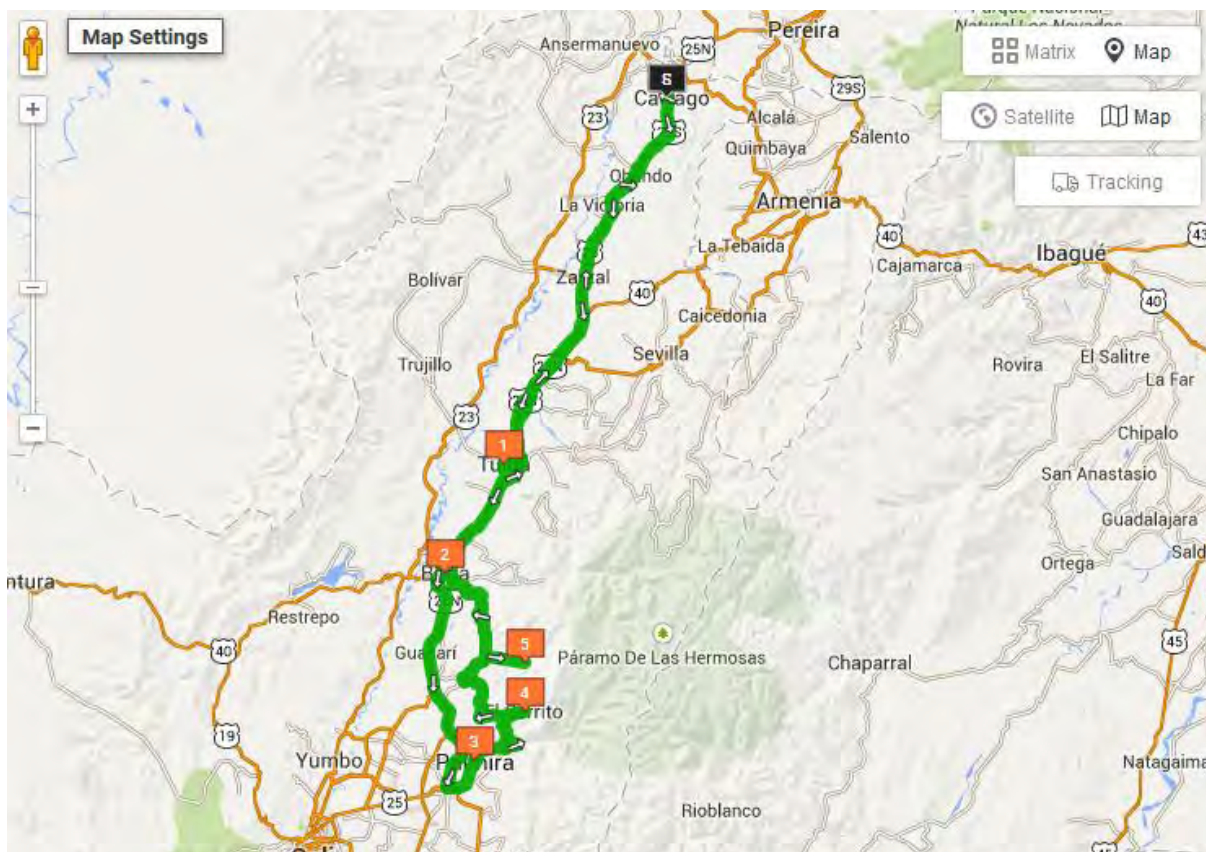
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 96. Grupo 2. Tiempo: 5 horas, 41 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
TULUÁ	1810
SAN PEDRO	0
BUGA	360
GUACARÍ	0
GINEBRA	315
EL CERRITO	202,5
PALMIRA 1	5312,5

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 150. Ruta Grupo 2 septiembre**



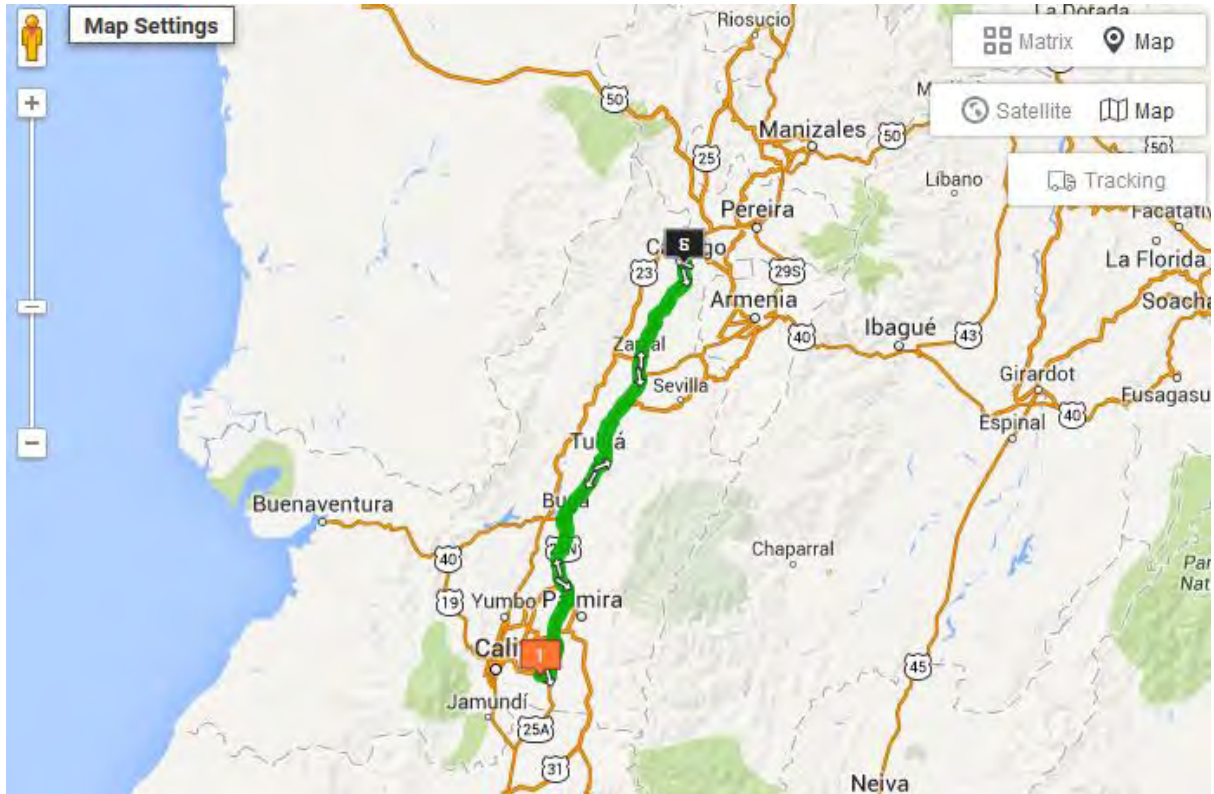
**Fuente:** Route4Me®

**Cuadro 97. Grupo 3. Tiempo: 4 horas, 29 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CANDELARIA 1	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 151. Ruta Grupo 3 septiembre**



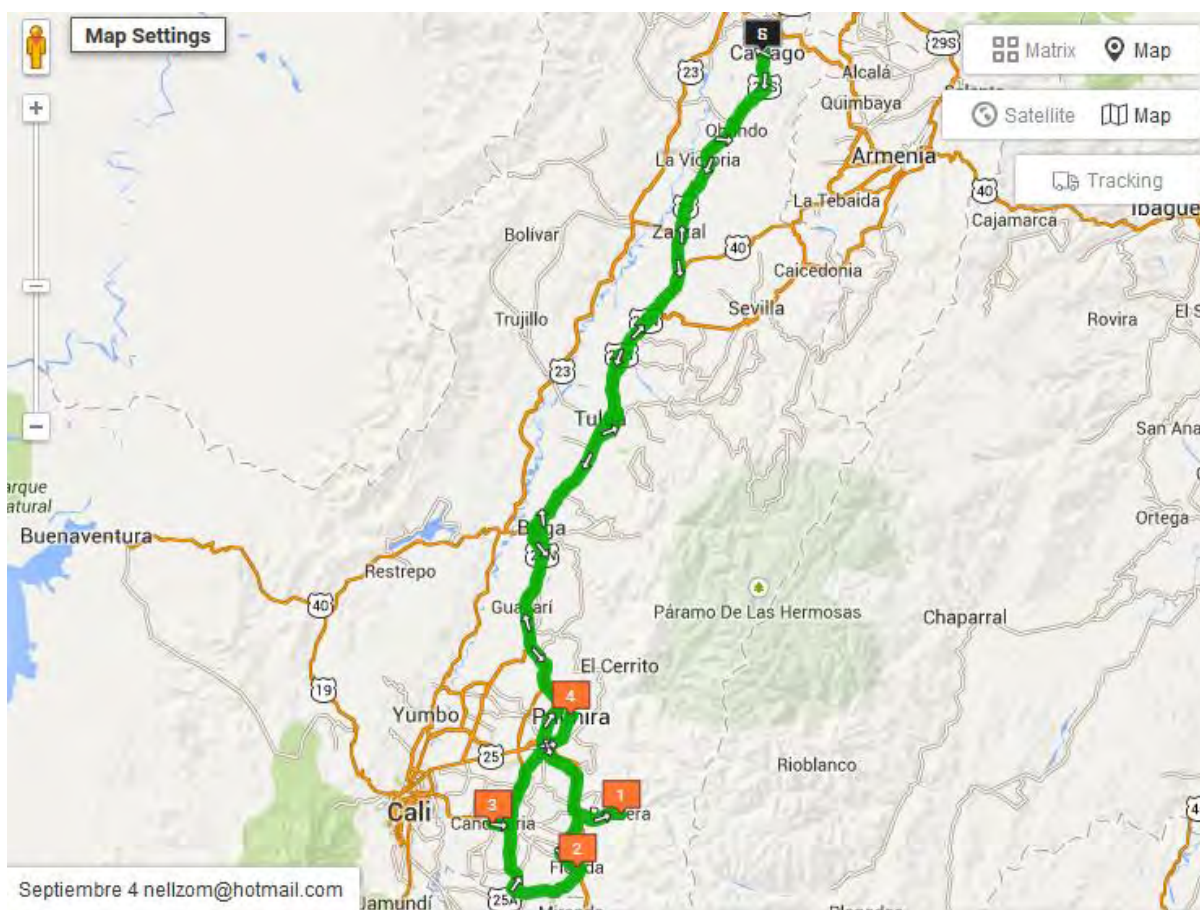
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 98. Grupo 4. Tiempo: 6 horas, 58 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
PALMIRA 2	942,5
CANDELARIA 2	3092,5
PRADERA	990
FLORIDA	787,5

Fuente: Elaboración propia

**Figura 152. Ruta Grupo 4 septiembre**



Fuente: Route4Me®



**Cuadro 99. Grupo 5. Tiempo: 5 horas, 20 minutos**

Nota: esta ruta debe hacerse 5 veces en el mes

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 1 AL 5	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 153. Ruta Grupo 5 septiembre (cinco veces en el mes)**



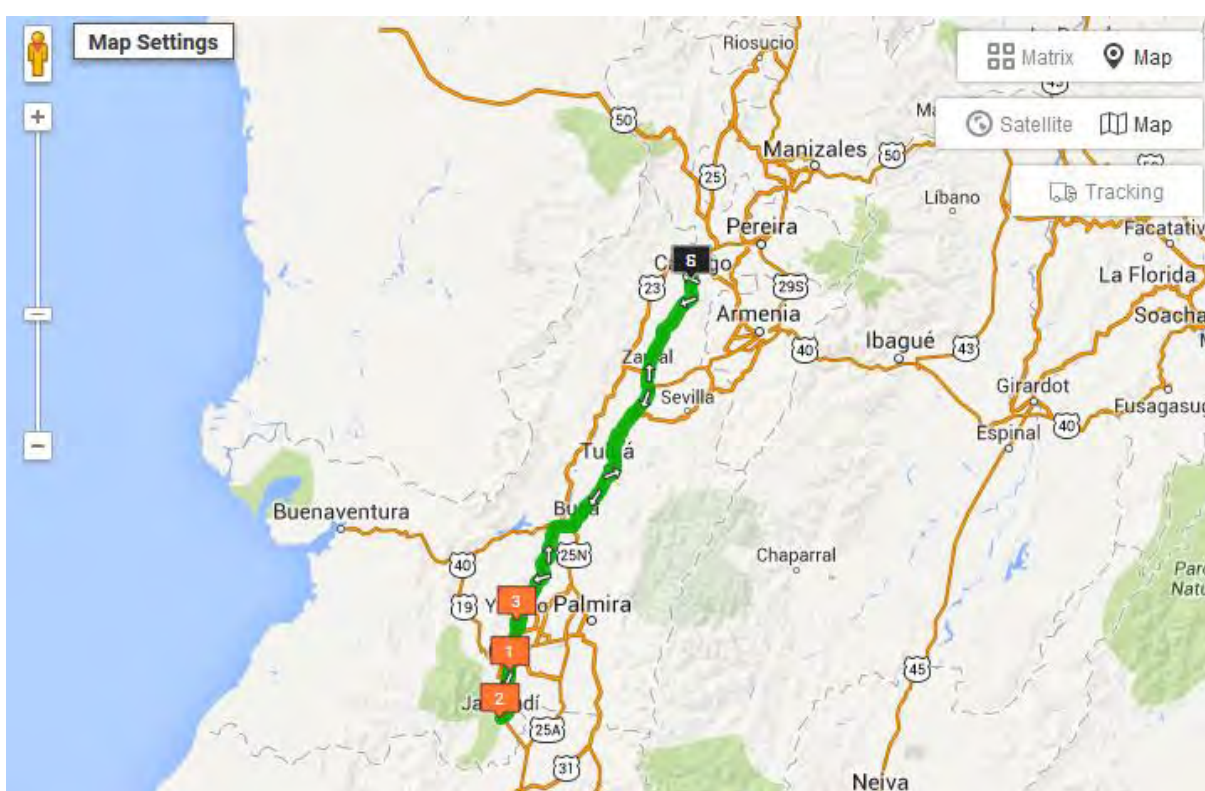
Fuente: Route4Me®

**Cuadro 100. Grupo 6. Tiempo: 6 horas, 13 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
CALI 6	2367,5
JAMUNDÍ	360
YUMBO 1	5272,5

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 154. Ruta Grupo 6 septiembre**



**Fuente:** Route4Me®

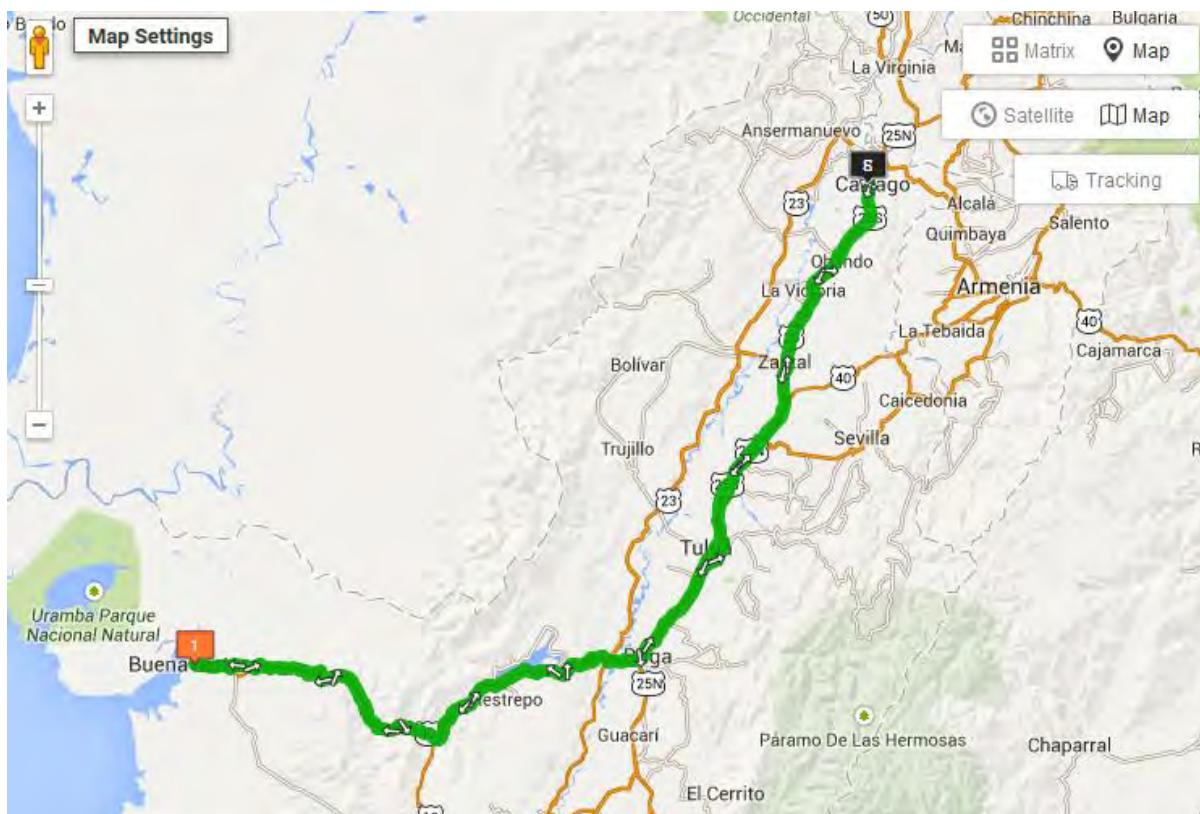
**Cuadro 101. Grupo 7. Tiempo: 6 horas, 53 minutos**

Nota: esta ruta debe repetirse 2 veces en el mes

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
BUENAVENTURA 1 Y 2	8000

Fuente: Elaboración propia

**Figura 155. Ruta Grupo 7 septiembre**



Fuente: Route4Me®

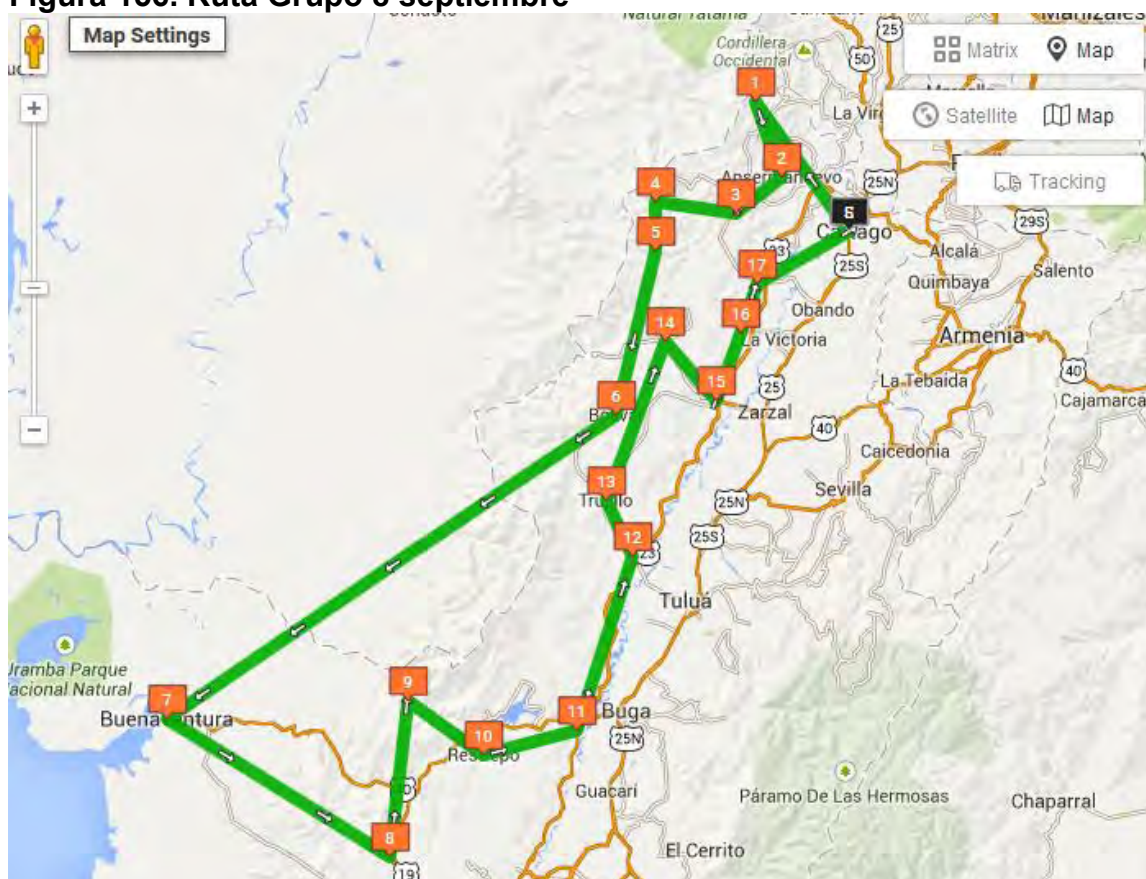
**Cuadro 102. Grupo 8. Tiempo: 7 horas, 59 minutos**

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
YUMBO 2	2447,5
BUENAVENTURA 3	897,5
DAGUA	540
CALIMA	0
RESTREPO	67,5
YOTOCO	0
RIOFRIO	0
TRUJILLO	22,5
BOLIVAR	157,5

MUNICIPIO	DEMANDA (Kg.)
ROLDANILLO	0
EL DOVIO	472,5
LA UNION	562,5
VERSALLES	202,5
TORO	382,5
ARGELIA	360
EL CAIRO	112,5
ANSERMANUEVO	427,5
EL ÁGUILA	157,5

Fuente: Elaboración propia

**Figura 156. Ruta Grupo 8 septiembre**



Fuente: Route4Me®