

# EVALUACIÓN DE RUTAS PARA EL TRANSPORTE DE PRODUCTOS PERECEDEROS EN EL SECTOR RURAL

## EVALUATION OF TRANSPORT ROUTES OF PERISHABLE PRODUCTS IN THE RURAL SECTOR

CARLOS ANDRÉS ARCOS<sup>1</sup>, SILVIO ANDRÉS MOSQUERA<sup>2</sup>, DORA CLEMENCIA VILLADA<sup>3</sup>

### **PALABRAS CLAVE:**

Geo referenciación, rutas, transporte, perecedero.

### **KEYWORDS:**

Geo referentiation, route, transport, perishable.

### **RESUMEN**

*Se identificó, mediante herramientas tecnológicas de tiempo real (GPS), las zonas de producción de cada uno de los agricultores que se encuentran agremiados en los principales municipios productores de mora de castilla (*Rubus glaucus*) en el sur del Departamento del Huila. Lo anterior, con el fin de tener datos detallados para la planeación de rutas de distribución, rutas alternas, ubicación de centros de acopio y otros puntos geográficos relevantes para definir la logística de transporte.*

*Para el desarrollo de los objetivos propuestos se identificó, mediante la referenciación con GPS, la ubicación de las zonas de producción de mora y de los centros de acopio, se analizaron las rutas posibles para la movilización del producto hacia el mercado y se definió la ruta con el menor tiempo de recorrido, así como la determinación de la mejor opción en la prestación del servicio.*

### **ABSTRACT**

*It was identified, by means of technological tools of real time (GPS), the production areas of each one of the farmers that you/they are unionized in the main municipalities producing of moorish of castilla (*Rubus glaucus*) in the south of the Department of the Huila. The above-mentioned, with the purpose of having detailed data for the planeación of distribution routes,*

---

Recibido para evaluación: Abril 7 de 2008. Aprobado para publicación: Julio 10 de 2008

1 Ingeniero Agroindustrial. Universidad del Cauca.

2 Ingeniero Industrial de Alimentos. Especialista en Gerencia de Producción. Magister en Ingeniería. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca, Popayán.

3 Ingeniero Agroindustrial. Magister en Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta.

*alternating routes, location of storing centers and other outstanding geographical points to define the logistics of transport.*

*For the development of the proposed objectives it was identified, by means of the referentiation with GPS, the location of the production areas of Moorish and of the storing centers, the possible routes were analyzed for the mobilization of the product toward the market and of it defined the route with the smallest time of journey, as well as the determination of the best option in the benefit of the service.*

## INTRODUCCIÓN

La mayor parte de los productos provenientes del sector agropecuario son perecederos, lo que obliga a que se tomen medidas precisas en las actividades de manipulación, transformación industrial, almacenamiento, transporte y distribución, siendo estos factores determinantes en el tiempo de vida útil y en el proceso de comercialización. La aplicación de la logística del transporte en el sector agropecuario nacional se ha abordado solamente en algunas grandes organizaciones.

Las operaciones de transporte de los productos agrícolas en la región, por lo general, se realizan de una manera tradicional, caracterizada por la ausencia de tecnología y de información que permita mejorar las condiciones en que estos se desplazan a lo largo de la geografía nacional [1], restando competitividad al sector agrícola a nivel nacional e internacional. Para lograr cumplir con los pedidos y garantizar que las materias primas lleguen en condiciones adecuadas, es necesario programar los tiempos necesarios para la recolección, identificar las zonas de producción y las vías de acceso, diseñar rutas para el transporte de materiales, identificar puntos de encuentro, sistematizar la información para entregar los productos a tiempo, comparar diferentes tipos de transporte, así como la determinación de costos, etc.

Mediante la utilización de sistemas de posicionamiento global (GPS) es posible ubicar (en mapas a escala y mediante información en tiempo real) los productores, las vías de comunicación y otros datos relevantes para la toma de decisiones tendientes a mejorar los criterios de operación. Otro autor [2] propone la utilización de heurísticos que permiten una buena aproximación al comportamiento del ruteo de vehículos en sectores urbanos y con vías totalmente pavimentadas, mientras que otro estudio [3] presenta resultados de experiencias vividas en países de América Latina sobre las condiciones de productos perecederos que inciden en la gestión del transporte.

El propósito de este trabajo fue la determinación de la mejor ruta de transporte para la recolección de mora de castilla (*Rubus glaucus*) en 4 municipios del sector rural del Departamento del Huila y el traslado hasta la ciudad de Tuluá en el Departamento del Valle en el 2007, mediante el uso de una herramienta valiosa para la toma de decisiones.

## MATERIALES Y MÉTODO

Se utilizó un equipo GPS [4] con las características mencionadas en el Cuadro 1, para la toma de los datos de manera directa en campo. Se identificaron las zonas productoras de mora de castilla, centros de acopio, vías de comunicación y otros puntos de referencia.

**Georeferenciación.** Se llevó el equipo hasta una zona abierta para proceder a la búsqueda de la señal de por lo menos 3 satélites que orbitan la tierra. Luego, se procedió a marcar el punto de inicio o Track de cada recorrido, en el cual se ingresó el nombre de cada sitio. Automáticamente, el aparato identificó la longitud, latitud, altura y la presión barométrica del mismo.

Para la descarga de los datos referenciados se utilizó el software Geoffice GPS, que permitió el traslado de ellos al ordenador para la posterior edición, manipu-

**Cuadro 1.** Características del equipo de GPS.

Características GPS Garmin Etrex Vista	
Tamaño	11,2 x 5,1x 3,0 cm
Peso	150 g con baterías
Precisión de la posición	1-5 m, 15 m
Altimetro	+/- 1 m (sujeto a degradación de posición es de 100 m).

Fuente. Garmin Etrex, 2.003.

lación, obtención de los mapas a escala y análisis de los resultados.

Las zonas de producción geo-referenciadas (incluyendo los centros de acopio) en los tres municipios objeto de estudio (Pitalito, San José de Isnos y San Agustín) están ubicadas en sectores húmedos comprendidos desde los 1.702 hasta los 2.244 metros sobre el nivel del mar. Geográficamente, estas zonas de producción se localizan entre los 71° 21,903 y 76° 11,293 longitud oeste; 2° 01,385 y 1° 42,285 latitud norte.

**Determinación de la velocidad de ruta.** Se procedió a evaluar la ruta de menor tiempo de tránsito y de costo mínimo. Para tal fin, se utilizó la metodología aplicada por el Ministerio de Transporte de Colombia [5] para vehículos de carga, en la cual se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros de medición de eficiencia:

Velocidad Promedio de la Ruta (VPR):

$$(VPR) : (VTP * \%TP) + (VTO * \%TO) + (VTM * \%TM)$$

Ec. (1)

Donde;

VTP= Parámetro de velocidad del camión en terreno plano.

%TP= Porcentaje de ruta en terreno plano.

VTO= Parámetro de velocidad del camión en terreno ondulado.

%TO= Porcentaje de ruta en terreno ondulado.

VTM= Parámetro de velocidad del camión en terreno montañoso.

%TM= Porcentaje de ruta en terreno montañoso.

Los parámetros cuantitativos utilizados para establecer la velocidad promedio de un vehículo de carga en los terrenos plano, ondulado y montañoso se tomaron de datos experimentales obtenidos en diversas investigaciones desarrolladas por el Ministerio de Transporte [6] (véase Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Parámetros de velocidad de un vehículo (en km/h) según el tipo de terreno.

Terreno	Velocidad promedio (km/hora)
Plano	40
Ondulado	22
Montañoso	12

Fuente. Ministerio de Transporte, 2.000.

Para la determinación de la cantidad y proporción de terreno plano, ondulado y montañoso presente en cada una de las rutas propuestas para el traslado del material desde los municipios y zonas productoras hasta Tuluá, se realizó la medición directa y en campo con el equipo GPS.

A la ecuación de Velocidad Promedio de Ruta se le adicionó un factor correspondiente a la condición o estado de la vía (véase Cuadro 3), mientras que el tiempo promedio de recorrido se obtuvo dividiendo la distancia recorrida entre la velocidad promedio de recorrido para cada ruta.

Una limitante existente para el proceso de comercialización del producto en el sur del Departamento del Huila es la topografía escabrosa del terreno y el mal estado en que se encuentran las vías, lo cual genera un incremento en el tiempo de recorrido desde las zonas de producción hasta los centros de acopio [7]. Para recolectar la fruta en la Vereda Alto Frutal, la velocidad promedio en el recorrido es de solamente 9,6 km/h, mientras que 11,64 km/hr para la vía Porvenir-Bruselas y 12,64 km/h para la vía San Agustín - Parque Arqueológico - La Candela.

**Obtención de los costos de operación.** Se determinó el costo total de operación para cada ruta (Ruta 1: Bruselas-Criollo-San José de Isnos; Ruta 2: Bruselas-Pitalito-Criollo-San José de Isnos; Ruta 3: Bruselas-Criollo-San Agustín-Obando-San José de Isnos; Ruta 4: Bruselas-Pitalito-Criollo-San Agustín-Obando-San José de Isnos), teniendo en cuenta los costos fijos y variables para la operación de un vehículo de carga, tomando como base disposiciones del Ministerio de Transporte

**Cuadro 3.** Factor para el estado de la vía.

Característica	Factor
Vía pavimentada	1
Vía sin pavimentar en excelentes condiciones	0,90
Vía sin pavimentar en buenas condiciones	0,80
Vía sin pavimentar en regulares condiciones	0,50
Vía sin pavimentar en malas condiciones	0,25
Vía intransitable	0,0

**Cuadro 4.** Configuración de los vehículos de carga y su capacidad en toneladas.

Configuración	Capacidad
C2	9 ton
C3	16 ton
CS	34 ton

Fuente. Ministerio de Transportes de Colombia, 2.000.

de Colombia [5] y según la configuración del vehículo (que depende del número de ejes y la capacidad de carga, en toneladas). (véase Cuadro 4)

El procedimiento seguido contó con el desarrollo de las siguientes actividades secuenciales:

- Definición del tipo de vehículo usado y de la unidad de carga transportada (toneladas).
- Definición del número de recorridos por mes y de los tiempos de desplazamiento, según:

$$(HM) = \frac{\text{Distancia (Km)}}{\text{Velocidad Promedio (Km/h)}} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde HM= Horas de movilización

$$TE = \text{Tiempo cargue} + \text{Tiempo descargue} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde TE= Tiempo de espera por cada recorrido.

Los tiempos de cargue y descargue y de recorrido fueron consultados con los transportadores de la región. Para la determinación del número de recorridos por mes, se tomó como base la cantidad de mora producida y a producir, según la época del año y la edad del cultivo.

Cálculo de costos variables y fijos por unidad de carga. Los indicadores de costos fijos y variables se tomaron de valores establecidos por el Ministerio de Transporte a nivel nacional [8], por lo cual se realizó una proyección de los datos mediante mínimos cuadrados.

Cálculo del Costo Total de Operación (CTO). Para este ítem se incluyó el valor de 4 peajes ubicados entre Pitalito hasta Tuluá (2 en el Departamento del Cauca y 2 en el Departamento del Valle), así.

Costo Total de Operación (CTO):

$$1,05 * (CV + CF) / (1 - 0,133) \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde;

CV= Costos variables.

CF= Costos fijos.

$$CV = \frac{(ICV \text{ ruta} * \text{distancia}) + (\text{valor peajes})}{(\text{capacidad vehiculo})} \quad \text{Ec. (5)}$$

$$CF = \frac{(ICF / NRM)}{(\text{capacidad vehiculo})} \quad \text{Ec. (6)}$$

ICV= Indicador de costo variable por ruta.

ICF= Indicador de costo fijo por ruta.

NRM= Número de recorridos por mes.

Los indicadores de costo variable y de costo fijo se tomaron de datos proyectados por el Ministerio de Transporte [5] entre los años 1.999 y 2.005.

Cálculo de las velocidades promedio: para este punto se tuvieron en cuenta las principales características de las vías de comunicación utilizadas por los transportadores. Sobre este particular, las condiciones físicas de la vía correspondiente a la ruta 1 son deficientes porque es terreno destapado y sin asfaltar, mientras que la mayor parte del recorrido de la ruta 2 se realizó sobre una vía pavimentada que se encuentra en buenas condiciones para lograr un traslado sin mayores alteraciones al producto y a los vehículos.

## RESULTADOS

**Geo-referenciación.** El levantamiento de la información de las coordenadas (latitud, longitud, altitud) se realizó en los municipios de Pitalito, San Agustín y San José de Isnos en el sur del Departamento del Huila, que corresponden a las principales y más importantes zonas de producción (véase Figura 1), en donde además se logró determinar la ubicación de 50 productores, 6 centros de acopio, poblaciones aledañas, vías de comunicación alternas, puentes, escuelas y vías alternas.

Las convenciones utilizadas en la Figura 1 para la identificación de los lugares, son las siguientes:

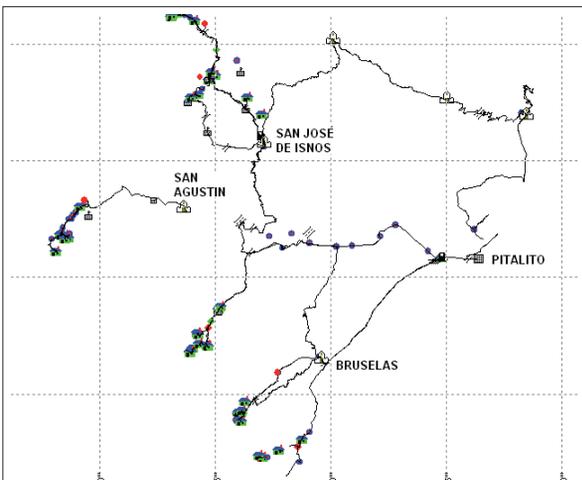
-  Población
-  Escuela
-  Zona de producción
-  Puente
-  Desvío
-  Punto de acopio
-  Otros puntos de referencia

Los centros de acopio consisten de un espacio cerrado o abierto que cuenta con protección contra la lluvia y el sol, con una capacidad que oscila entre 2 y 8 toneladas de mora que se colecta en canastillas hasta una altura de diez, a la espera de la llegada de los camiones que transportan el producto hasta Cali.

En la canastilla inferior se coloca un plástico para recoger los excesos de jugo provenientes del producto y todas las canastillas se protegen con pedazos de cartón para que los frutos no se pierdan por sus orificios [9].

**Condiciones de traslado.** Los camiones solo se ocupan en un 80% de la capacidad para proteger el producto durante el traslado por las carreteras que se encuentran en mal estado. Se utilizan 4 camiones carpados, de estaca, con capacidad de 10 a 12 toneladas, que se desplazan hasta la plaza de mercado del Barrio Santa Helena de la ciudad de Cali, con la siguiente distribución de carga: 8 toneladas provenientes de Hornitos y las veredas aledañas; 1 tonelada que se recoge en Paloquemao (a 7 kilómetros de Hornitos, sobre la vía que comunica con Popayán); 7 toneladas provenientes

**Figura 1.** Puntos geo-referenciados en San Agustín, Pitalito y San José de Isnos.



de veredas pertenecientes al Municipio de San Agustín; 15 toneladas de tomate de árbol y lulo que se recogen en Bruselas (Pitalito) y en otras veredas de Pitalito y Palestina, próximas a la vía que comunica a Pitalito con Mocoa.

Las características de los camiones son:

- Altura : Columnas de 8 canastillas
- Ancho : Hilera de 6 canastillas
- Largo : Hilera de 12 canastillas
- Total carga: 576 canastillas
- Total mora: 8.064 kilos (576 canastillas x 14 kg).

**Velocidad promedio de ruta.** Los resultados de la evaluación realizada a este ítem se presentan en el Cuadro 5, en donde se refieren los valores obtenidos de la velocidad promedio (en km/hr) y el tiempo empleado (en hr) en el traslado y recorrido de cada ruta alternativa considerada en el estudio:

**Costos de operación.** Debido a que el volumen de fruta proyectado a transportar por semana no es muy grande (aproximadamente 14,7 toneladas en época de cosecha) se sugiere realizar como máximo 2 recorridos por semana entre los meses de octubre a diciembre. Como se puede apreciar en la ecuación de costos fijos, se evidencia que a medida que el proceso de distribución y transporte de mora de castilla maneja un mayor volumen, los costos por cada unidad trasladada se reducen, básicamente por la diferencia que se presenta al aplicar una economía de escala y el efecto que tiene en los insumos y en la rentabilidad de la operación. Los resultados del costo de operación vehicular se muestran en el Cuadro 6.

Al tener un vehículo propio para transportar la mora, debe de tenerse en cuenta el costo de operación vehicular, el costo de adquisición del vehículo, y en este caso, el costo adicional de no tener cargas de retorno. Para la ruta evaluada el costo de operación vehicular con una carga máxima para un vehículo de configuración C2 es de \$1.564.877.

El cuadro 7 resume los resultados generales de la información consolidada para cada ruta, en donde se observa que la ruta con menor costo de operación es la correspondiente a Bruselas-Criollo-San Agustín-San José de Isnos-Tuluá con un valor de \$195.608,44/ ton o \$ 1.760.475,96 para el viaje total.

**Cuadro 6.** Costo total de operación (CTO) para cada una de las rutas analizadas.

Ruta	CTO
Bruselas-Criollo-San Agustín-San José de Isnos-Tuluá	\$195.608,44/ ton
Bruselas-Criollo-San Agustín-Obando-San José de Isnos-Tuluá	\$ 198.559,21/ ton
Bruselas-Pitalito-San Agustín-San José de Isnos-Tuluá	\$ 198.101,82/ ton
Bruselas-Pitalito-San Agustín-Obando-San José de Isnos-Tuluá	\$ 201.049,9/ ton

**Cuadro 5.** Velocidad y tiempo estimado de recorrido para cada una de las rutas analizadas.

Parámetro Ruta	Velocidad promedio	Tiempo de recorrido
Vía Bruselas- Criollo-San José de Isnos.	21,22 km/h	0,5 h
Vía Bruselas- Pitalito-Criollo-San José de Isnos.	38,02 km/h	0,59 h
San Agustín-Obando-Palmar-San José de Isnos	20,26 km/h	1,75 h
San Agustín-Cruce de San José- San José de Isnos.	15,68 km/h	1,53 h

**Cuadro 7.** Consolidado de los costos

	Bruselas-Criollo-San Agustín-San José de Isnos-Tuluá	Bruselas-Criollo-San Agustín-Obando-San José de Isnos-Tuluá	Bruselas-Pitalito-San Agustín-San José de Isnos-Tuluá	Bruselas-Pitalito-San Agustín-Obando-San José de Isnos-Tuluá
Tipo de vehículo	Vehículo de carga de configuración G2 (dos ejes)			
Capacidad	9 ton			
Distancia ruta	472,25 Km	488,76 Km	486,20 Km	502,70 Km
Valor Peajes	\$ 21.700			
Indicador de Costo Variable	\$ 1.327,80/Km			
Indicador de Costo Fijo	\$ 3.219.612,4 / mes			
<b>Factor de Costo Valores (\$)</b>				
Costo variable/ruta	\$72.083/ ton	\$74.519,50/ ton	\$74.141,82/ ton	\$76.576,1/ ton
Costo fijo /ruta	\$ 89.433,68/ton			
Costo total de operación	\$195.608,44 / ton <b>\$ 1.760.475,96</b>	\$198.559,21/ ton <b>\$ 1.787.032,89</b>	\$198.101,82/ ton <b>\$ 1.782.916,38</b>	\$201.049,9/ ton <b>\$ 1.809.449,10</b>

## CONCLUSIONES

La mejor ruta para movilizar la mora de castila desde el municipio de Pitalito hasta Tuluá en el Valle del Cauca es la ruta que inicia en la Vereda Montecristo, pasando por Bruselas hasta Criollo (21,22 Km/h y 0,5 h), para luego llegar hasta San Agustín, regresar hasta el Municipio de San José de Isnos (15,68 Km/h y 1,53 h) y finalmente tras ladarse hasta Tuluá; debido a que presentó la veloci-

dad promedio más alta y el menor tiempo para realizar el recorrido. Al igual la ruta antes mencionada presentó el menor costo (\$195.608,44/ ton) que las otras opciones, realizando 4 recorridos mensuales.

Una de las estrategias para reducir los costos de operación es aumentar el número de recorridos mensuales para disminuir los costos fijos. Para el caso de la ruta Montecristo-Bruselas-Criollo-San Agustín-Tuluá el costo

total de operación es de \$195.608,44/ton con cuatro recorridos mensuales, con 8 recorridos mensuales el costo total de operación es de \$116.799,8388 / ton.

No existe en las zonas productoras de mora en el Departamento del Huila una coordinación entre productores y comercializadores, con lo que no se ve mejoras en el proceso de transporte. Del mismo modo, no existe un intercambio de información sistemática entre productores y comercializadores e integración de tecnologías de la información.

La mayoría de los agricultores no cuenta con medios propios para trasladar la mora hasta los centros de acopio, por lo que se ven abocados a utilizar cualquier medio de transporte disponible (al hombro, animales de carga, motocicletas), haciendo muy complicado determinar los costos reales de transporte de la mora desde los cultivos hasta los centros de acopio.

Una de las limitaciones para la reducción de costos de transporte es el estado de la infraestructura vial, para el caso de la vía San José de Isnos hasta el Departamento del Cauca la vía se encuentra sin asfaltar haciendo imposible que un vehículo de una configuración diferente de C2 (camión rígido de dos ejes) circule a plena carga. Lo anterior evita que se disminuyan los costos de transporte (lo que se pretende es alcanzar economías de escala) por incremento de cantidad de carga en un solo vehículo.

La cantidad de mora a transportar a lo largo del año no es la misma, debido a que presenta picos de producción alta, mitaca y baja lo que dificulta el análisis de la cantidad de materia prima a movilizar.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] CCPGA "AGROSUR". Establecimiento de cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus*). Colombia. 2.006. 107 p.
- [2] OLIVEIRA, Alfredo. Heurísticas para problemas de ruteo de vehículos. Montevideo: Universidad de la República, 2.004. 63 p.
- [3] RODRÍGUEZ, Daniel y NEIRA, Eduardo. Transporte de productos alimenticios en área rural de Colombia, Bolivia, Perú, Ecuador y Venezuela. Perú: FAO, 2.004. 38 p.
- [4] GARMIN. Manual del usuario para el Etrex Vista, 2.003. 74 p.
- [5] COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Estructura de costos de operación vehicular para transporte de carga. Bogotá, 2.000. 26 p.
- [6] COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Actualización de costos de transporte de carga. Bogotá, 2.003. 30 p.
- [7] CCPGA "AGROSUR". Producción sostenible y comercialización de mora y granadilla. Estudio de mercados de mora. Colombia, 2.005. 105 p.
- [8] COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Caracterización del transporte en Colombia, diagnóstico y proyectos de transporte e infraestructura. Bogotá, 2.005. p. 46
- [9] ORDÓÑEZ, Jhon. Proyecto frutícola del Sur del Huila, diagnóstico empresarial de mercados de origen. Frente de trabajo I, 2005. 14 p.