



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**La Base de la Pirámide en el Sector Agrícola: Caracterización  
Logística de Pequeños Agricultores del “Fréjol Canario” en la  
localidad de Ilumán-Otavalo**

**Laura Rebeca Otavalo Maigua**

**Cristina Camacho, M. Sc., Directora de Tesis**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de  
Ingeniera Industrial

Quito, Diciembre del 2013

**Universidad San Francisco de Quito  
Colegio de Ciencias e Ingeniería**

## **HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**La Base de la Pirámide en el Sector Agrícola: Caracterización Logística  
de Pequeños Agricultores del “Fréjol Canario” de la localidad de Ilumán-  
Otavalo**

**Laura Rebeca Otavalo Maigua**

Cristina Camacho, M.Sc.  
Directora de Tesis y  
Miembro del Comité de Tesis

.....

Carlos Suárez, M.Sc.  
Miembro del Comité de Tesis

.....

Diego Guilcapi, M.Sc.  
Miembro del Comité de Tesis

.....

Ximena Córdova, Ph.D.  
Decana de la Escuela de Ingenierías,  
Colegio de Ciencias e Ingeniería  
Miembro del Comité de Tesis

.....

**Quito, Diciembre del 2013**

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: Laura Otavalo

C. I.: 1003251954

Lugar: Quito, Diciembre del 2013

## **DEDICATORIA**

Este proyecto le dedico a Dios, por darme la valiosa oportunidad de vivir y las energías para continuar; a mis padres, quienes me han brindado su amor y su apoyo incondicional y que con su diario sacrificio me han dado la oportunidad de educarme y alcanzar mis sueños y a mis ñaños, quienes me han enseñado a superar las dificultades y con sus ocurrencias han alegrado mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi amiga Vivi, por su ayuda en la realización de las encuestas de este proyecto y a mi amigo Fredy, quien me facilitó la obtención del mapa del cantón Otavalo. Igualmente, agradezco a los agricultores de la parroquia de Ilumán por la información facilitada y a mi directora de tesis Cris y a Danny Navarrete, por su tiempo y paciencia en la realización de este proyecto.

## RESUMEN

El presente artículo analiza las características logísticas de pequeños agricultores de la parroquia de Ilumán-Otavaló, con el fin de generar estrategias de acción en sus procesos. Para ello se realiza la descripción preliminar de los cultivadores, se determina el tamaño de muestra y se definen las variables cuyos valores se obtienen a través de encuestas. Mediante técnicas de análisis multivariable se obtiene dos grupos de cultivadores, de los cuales el primero se caracteriza por tener limitantes en la logística de abastecimiento y de inventario, mientras que el segundo se caracteriza por tener problemas en la logística de transporte. Para el segundo grupo se diseña una ruta de recolección, con el objetivo de ahorrar costos por rubro de transporte.

### **ABSTRACT**

This project analyses the logistics characteristics of small farmers in Ilumán-Otavalo in order to generate process improvement strategies for these farmers. To achieve this, a preliminary description of the characteristics of the group farmers was carried out, the sample size was determined, and surveys were conducted. By multivariable analyses techniques two groups of farmers were obtained, of which the first one is characterized by constraints on supply and inventory logistics, while the second one is characterized by limitations on transportation logistics. For the second group, a collection route was designed in order to obtain significant savings in transportation costs.

## Tabla de contenido

CAPITULO 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	18
1.1 Introducción.....	18
1.2 Antecedentes .....	19
1.3 Justificación.....	19
1.4 Proyectos relacionados .....	20
1.5 Objetivo general .....	22
1.6 Objetivos específicos .....	22
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO .....	24
2.1 Revisión literaria.....	24
2.1.1 La Base de la Pirámide como cliente .....	24
2.1.2 La Base de la Pirámide como proveedor .....	25
2.1.3 Caracterizaciones cualitativas en el sector agrario .....	25
2.1.4 Caracterización cualitativa en el sector agrario.....	26
2.1.5 Costos de transporte y recolección de la producción.....	28
2.2 Conceptos de cadena de suministro .....	29
2.3 Determinación del tamaño de muestra con población finita .....	35
2.4 Técnicas de análisis multivariado.....	36
2.4.1 Análisis de Componentes Principales.....	36
2.4.2 Análisis de Correspondencias Múltiples.....	42

2.4.3	Análisis de Conglomerados .....	43
2.4.4	Análisis de tablas mixtas mediante Análisis de Conglomerados.....	45
2.5	Conceptos Agrícolas .....	46
	<b>CAPITULO 3. METODOLOGIA .....</b>	<b>49</b>
3.1	Justificación de la metodología .....	49
3.2	Descripción de la metodología de análisis multivariable .....	50
3.3	Adaptación de la metodología .....	56
3.4	Técnicas de recolección de datos .....	57
3.4.1	Recolección de información preliminar.....	57
3.4.2	Diseño de encuestas.....	59
	<b>CAPÍTULO 4. DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LA CADENA DE SUMINISTRO DEL “FREJOL CANARIO” .....</b>	<b>61</b>
4.1	Descripción de la provincia de Imbabura .....	61
4.2	Zonificación y selección del producto.....	63
4.3	Mapeo de la cadena de suministro del frejol.....	67
4.4	Análisis de información por bloques.....	71
4.5	Conclusiones.....	79
	<b>CAPITULO 5. SELECCIÓN DE TAMAÑO DE MUESTRA Y VARIABLES A MEDIR .....</b>	<b>81</b>
5.1	Selección del tamaño de muestra .....	81

5.2	Selección de variables a medir.....	84
5.2.1	Definición de Variables cuantitativas .....	84
5.2.2	Definición de variables cualitativas .....	89
5.3	Diseño de la encuesta y aleatorización de la muestra .....	92
<b>CAPITULO 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO MULTIVARIABLE DE LOS DATOS.....</b>		
		94
6.1	Análisis de Componentes Principales de variables cuantitativas .....	94
6.1.1	Verificación de supuestos de los datos .....	94
6.1.2	Extracción de Componentes principales .....	100
6.1.3	Validación e interpretación de componentes principales .....	105
6.2	Análisis de Correspondencias múltiples de variables cualitativas .....	108
6.2.1	Consideraciones sobre las escalas de las variables .....	108
6.2.2	Extracción de dimensiones .....	109
6.2.3	Validación e interpretación de dimensiones.....	110
6.3	Resumen de factores cualitativos y cuantitativos .....	111
6.4	Caracterización de agricultores mediante análisis de conglomerados .....	113
6.3.1	Análisis de tablas mixtas.....	113
6.3.2	Cálculo de indicadores e interpretación de grupos de agricultores.....	116
6.3.3	Oportunidades de mejora identificadas.....	120
<b>CAPITULO 7. PROPUESTA DE RECOLECCIÓN.....</b>		
		123

7. 1 Justificación de la propuesta de recolección .....	123
7. 2 Descripción del problema de recolección .....	123
7. 3 Justificación del modelo del Agente viajero para el problema de recolección.....	124
7.4 Determinación de la ruta de recolección .....	125
7.4.1 Mapa de localidades .....	125
7.4.2 Modelo del Agente viajero con restricciones relajadas .....	126
7.4.3 Heurística de corrección .....	128
7.4.4 Ruta final de recolección.....	128
7. 5 Ahorro del costo de transporte .....	131
CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	133
8. 1 Conclusiones.....	133
8. 2 Recomendaciones.....	136
Bibliografía.....	138
ANEXOS.....	149
ANEXO 1. Bloque de historia .....	149
ANEXO 2. Bloque entorno.....	150
ANEXO 3. Bloque actores y relaciones .....	152
ANEXO 4. Diseño de la encuesta .....	154
ANEXO 5. Ejecución de encuestas .....	154

ANEXO 6. Valores atípicos .....	157
ANEXO 7. Distancia de Gower.....	158
ANEXO 8. Membresía de Conglomerados.....	159
ANEXO 9. Mapa de localidad de los agricultores de Ilumán .....	160
ANEXO 10. Distancia Euclidiana entre agricultores .....	161
ANEXO 11. Resultado del problema de ruta con restricciones relajadas..	162
ANEXO 12. Resultados de la heurística de corrección .....	163

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Utilidad del agricultor .....	78
Tabla 2: Utilidad para el Intermediario .....	78
Tabla 3. Determinación de tamaño de muestra.....	84
Tabla 4: Indicadores logísticos .....	88
Tabla 5: Variables cualitativas .....	90
Tabla 6: Componentes extraídos.....	107
Tabla 7: Dimensiones extraídos .....	111
Tabla 8. Resumen de factores extraídos .....	112
Tabla 9: Resumen de indicadores logísticos por grupo de agricultores.....	119
Tabla 10: Resumen atributos por grupo de agricultores .....	119
Tabla 11: Resultado del agente viajero con restricciones relajadas .....	127
Tabla 12: Ahorro por rubro de transporte por quintal.....	132
Tabla 13. Bloque de historia para los agricultores .....	149
Tabla 14: Bloque de historia para los agricultores .....	150
Tabla 15: Bloque de actores y entorno para los agricultores .....	152
Tabla 16: Diseño de encuesta .....	154
Tabla 17: Datos cuantitativos .....	154
Tabla 18: Datos Cualitativos.....	155
Tabla 19. Distancia de Mahalanobis y probabilidad.....	157
Tabla 20: Distancia de Gower entre individuos .....	158
Tabla 21: Tabla de membresía del conglomerado .....	159
Tabla 22: Distancia euclidiana entre agricultores .....	161

Tabla 23: Resultado con restricciones relajadas .....	162
Tabla 24: Tabla de iteraciones de la heurística de corrección.....	163

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Grafica de sedimentación .....	39
Figura 2: Dendograma.....	45
Figura 3: Metodología de Análisis Multivariable .....	51
Figura 4: Metodología de Análisis Multivariable Adaptado .....	56
Figura 5: Metodología de Análisis de Cadenas Productivas.....	59
Figura 6: Población rural de Otavalo .....	62
Figura 7: Principales actividades económicas en el cantón Otavalo .....	63
Figura 8: Superficie destinada de cultivos transitorios.....	65
Figura 9: Frejol canario de buena calidad.....	66
Figura 10: Frejol canario que no cumple calidad .....	67
Figura 11: Cadena de suministro del frejol canario .....	68
Figura 12: Venta de granos en La Plaza de Ponchos.....	73
Figura 13: Almacenamiento de frejol en canastos .....	74
Figura 14: Almacenamiento de frejol en el patio.....	74
Figura 15: Método de limpieza y clasificación por desgranado .....	75
Figura 16: Método de clasificación a granel .....	76
Figura 17: Gráfica de valores atípicos .....	96
Figura 18: Gráfica de normalidad de variables .....	97
Figura 19: Valores de asimetría y kurtosis.....	98
Figura 20: Coeficiente de correlación .....	99
Figura 21: Medida de adecuación muestral.....	101
Figura 22: Varianza total explicada por las componentes principales .....	102

Figura 23: Grafica de sedimentación de los indicadores logísticos .....	103
Figura 24: Componentes representativos.....	104
Figura 25: Gráfica de componentes de los indicadores logísticos.....	105
Figura 26: Dimensiones del ACM .....	109
Figura 27: Dendograma de individuos .....	115
Figura 28: Partición final de conglomerados.....	116
Figura 29: Ejemplo del sub-circuito 2.....	127
Figura 30: Ruta final de recolección de quintales de frejol .....	129
Figura 31: Camión de carga .....	131
Figura 32: Mapa de localidad de agricultores de Ilumán .....	160

## CAPITULO 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 1.1 Introducción

Frente a la realidad socio-económica que viven las personas de escasos recursos del Ecuador, o también conocida como la Base de la Pirámide (BdP), este proyecto busca estudiar el carácter logístico en el sector agrario, con el fin de diseñar estrategias de mejora para este sector vulnerable. Para ello la localidad donde se realiza la investigación es en la parroquia de Ilumán-Otavalo, ubicada en la provincia de Imbabura y el producto que se estudia es el “frejol canario”.

Para lograr el objetivo de la presente tesis se estructura la siguiente forma, en el capítulo 2 se realiza la revisión literaria, con el fin de conocer los principales estudios y resultados logrados en el sector agrícola. En el capítulo 3 se desarrolla la metodología y técnicas de recolección de información a seguir para posteriormente realizar el análisis multivariable. Luego, en el capítulo 4 se utilizan las técnicas de recolección de información para realizar un diagnóstico preliminar de la cadena. Después, de describir y conocer la cadena, en base a ésta información en el capítulo 5 se selecciona y se define las variables a estudiar. Seguidamente, en el capítulo 6 mediante técnicas de Análisis de Componentes Principales, de correspondencias Múltiples y de Conglomerados se encuentra dos grupos de agricultores. Posteriormente, en el capítulo 6 se diseña la ruta de recolección y se obtiene el ahorro por concepto de transporte. Finalmente, en el capítulo 8 se establecen las conclusiones y recomendaciones sobre los resultados alcanzados en esta investigación.

## 1.2 Antecedentes

A nivel mundial la población de bajos ingresos económicos o también conocida como la Base de la Pirámide (BdP) son el grupo de personas que viven con menos de cuatro dólares al día y que han tenido escasa participación en la cadena de suministro (Rodríguez , Sabria, & Sánchez, 2008). Las investigaciones que se pueden encontrar en este campo son escasas, y se limitan a descripciones de éxito o de fracaso sobre las organizaciones que han incursionado con sus productos en este nicho de mercado, o que han incluido a la BdP como proveedores especialmente de materias primas. Por tanto las estrategias e investigaciones, tanto a nivel corporativo así como académico, en este sector se encuentran aún en estado “embrionario” (Mutis & Enric, 2008). Razón por la cual el presente proyecto pretende estudiar la situación logística de la BDP como proveedor.

## 1.3 Justificación

De acuerdo a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en Ecuador la BdP se concentra principalmente en zonas rurales, donde el 50,2% se encuentra bajo la línea de pobreza<sup>1</sup> y el 25,6 % en indigencia. La pobreza se concentra principalmente en poblaciones indígenas y sobre todo en la región sierra y alcanza el 69,9% y 45% respectivamente. Siendo su principal actividad económica la agricultura familiar y trabajos agrícolas eventuales (Chiriboga & Wallis, 2010). Pese a que allí se concentra la mayor parte de la producción alimentaria del país, los agricultores comercializan en condiciones inequitativas, falta de infraestructura logística, gestión y poca inversión (ALADI, 2009).

---

<sup>1</sup> De acuerdo al INEC para el 2012 un pobre vive con menos de 2,40\$ al día

Dada la Importancia de la BdP en el país y su presencia en la cadena de suministro alimentaria, como proveedor, el estudio se llevará a cabo en el sector agrario y en una región representativa de la BdP como lo es la provincia de Imbabura. De acuerdo al Banco Central del Ecuador (BCE), en el año 2012, Imbabura fue una de las 13 provincias con un índice de pobreza rural entre el 47% y 62%, únicamente superado por las provincias de Bolívar y Chimborazo cuyos índices sobrepasan el 62% (BCE, 2012). La localidad donde se llevará a cabo la investigación es en la Parroquia de Ilumán, ubicada en el cantón Otavalo, por la apertura a acceso a información. Finalmente, mediante este estudio se pretende contribuir al desarrollo económico y social de los agricultores.

#### **1.4 Proyectos relacionados**

Desde hace más de 30 años el sector público del Ecuador ha tomado políticas y ha desarrollado programas por medio de diferentes sistemas institucionales para contribuir con este sector menos favorecido. Por una parte el Consejo Sectorial de la Producción ha definido las bases para el desarrollo productivo, mediante la transversalización de la equidad con un cambio en la matriz productiva (Chiriboga & Wallis, 2010). Por otra parte, el sector privado y Organizaciones no Gubernamentales (ONG's) también han participado en este cambio. A continuación se describe los proyectos, en el sector agrícola, desarrollado por estas diferentes entidades.

Por parte de entidades públicas existen proyectos desarrollados por ejemplo por el MIES-IEPS (Ministerio de Inclusión Económica y Social-Instituto Nacional de Economía Popular y Solidaria) quien en el año 2011 inició el plan de inclusión en

compras públicas a los pequeños agricultores de la provincia del Azuay, como proveedores de alimentos agroecológicos a Centros Infantiles del Buen Vivir (CIBVs) (Galarza, Lacroix, & Taïpe, 2012). Asimismo, PRONERI (Programa Nacional de Negocios Rurales Inclusivos impulsado desde el año 2009 por el Ministerio de Agricultura Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP)) ha desarrollado el programa de Negocios Inclusivos (NI)<sup>2</sup> con el fin de incluir a pequeños agricultores a la cadena de valor y mejorar su utilidad (Qualitas AgroConsultores, 2010).

Por último también las Organizaciones no Gubernamentales han impulsado las denominadas Empresas Asociativas Rurales (EMAR's)<sup>3</sup>, en Ecuador y Perú mediante la mejora de prácticas de los actores, dispositivos de sistematización, construcción de conocimientos y métodos. De esta forma establecer grupos de agricultores con poder de negociación y lograr la venta directa a las agroindustrias (Camacho, Marlin, & Zambrano, 2005).

En cuanto al sector privado Pronaca S.A., en el año 2008, ha iniciado el programa de Negocios Inclusivo (NI), que hasta la fecha, dicho programa, está conformado por 200 pequeños productores de maíz. El plan contempla la fase de capacitación, facilidades de acceso a crédito y nuevas tecnologías. Con ello los productores han incrementado su rendimiento de la producción. Además, han logrado incrementar el ingreso familiar de \$72 a \$385 mensuales (Ramirez, 2011).

---

<sup>2</sup> Negocios Inclusivos (NI) es la articulación productiva y comercial entre pequeños productores y empresas agroindustriales o agro exportadoras, bajo una lógica de ganar-ganar, así garantizando mercados seguros y remunerativos a los proveedores (Qualitas AgroConsultores, 2010).

<sup>3</sup> Un EMAR es una asociación legalmente constituida, conformada mayoritariamente por pequeños productores rurales, y es impulsado por SNV (Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo) (Camacho, Marlin, & Zambrano, 2005).

Por lo tanto, la caracterización de agricultores y estrategias desarrolladas en el presente proyecto podrían ser útiles tanto para empresas privadas y gubernamentales, siempre y cuando los agricultores se desenvuelvan en un ambiente similar al de este estudio.

### **1.5 Objetivo general**

Caracterizar a los agricultores de la parroquia de Ilumán-Otavalo, mediante indicadores logísticos y técnicas de análisis multivariable, con el fin de establecer estrategias de acción para los cultivadores que presentan oportunidades de mejora.

### **1.6 Objetivos específicos**

- Entender y conocer las principales características de la población que conforma la Base de la Pirámide en Ecuador mediante la investigación literaria.
- Analizar la situación actual de la cadena de suministro del frejol mediante la metodología cualitativa de análisis por bloques.
- Definir las variables cualitativas y cuantitativas a medir en el eslabón conformado por agricultores.
- Caracterizar a los agricultores en diferentes grupos homogéneos mediante análisis de conglomerado.
- Encontrar la ruta mínima para el transporte de quintales de frejol desde la residencia del campesino hacia la terminal de Otavalo, mediante el problema del agente viajero.
- Determinar el ahorro por rubro de transporte que el cultivador puede obtener por quintal de frejol.

- Establecer conclusiones finales y recomendaciones.

## CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Revisión literaria

Mientras el modelo económico clásico ha considerado que el fin último de las empresas es incrementar la utilidad para sus accionistas y que el progreso de los segmentos económicos bajos (la BdP) es responsabilidad del estado (Friedman, 1962), en los últimos años las corporaciones tanto públicas como privadas han identificado a la BdP como un nicho de mercado cuyas necesidades se pueden transformar en oportunidades de negocio, o como proveedores estratégicos de insumos primarios en la cadena de suministro. A continuación se describe las diferentes investigaciones sobre la BDP como clientes y proveedores, las caracterizaciones tanto cualitativas y cuantitativas realizada a los agricultores y estudios en cuanto a la logística de transporte en el sector agrario.

#### 2.1.1 La Base de la Pirámide como cliente

En lo que se refiere a la BdP como consumidores en los últimos años las corporaciones como Unilever, Grupo Bimbo, Yambal y otros que ya han incursionado en este segmento, lo han identificado como un nicho de mercado importante, por su alto poder de consumo agregado y a la vez con grandes desafíos (Prahalad & Stuart, 2002). Entre los retos identificados son por ejemplo, la dificultad en el estudio de mercado, la formación de tamaño de muestra, lenguaje y términos usados en las encuestas (Noboa, 2011), así como también exigencias por parte del cliente (BdP) como precios bajos y al mismo tiempo alta calidad en los productos (Porter & Kramer, 2011).

### **2.1.2 La Base de la Pirámide como proveedor**

Los estudios de la BdP como proveedores en la cadena de abastecimiento han tenido enfoques en el sector agrícola. En la literatura se puede encontrar investigaciones de tipo cualitativo y cuantitativo, como los que se describe a continuación.

### **2.1.3 Caracterizaciones cualitativas en el sector agrario**

Los estudios de tipo cualitativo describen la cadena productiva e identifican de forma categórica las razones de su éxito o fracaso principalmente, en los Negocios Inclusivos, ya sea por parte de entidades públicas, privadas u ONG's. Tal es el caso de investigaciones realizadas por RVRALTER en el sector agrícola y ganadero de Ecuador y Perú, quienes utilizaron la guía metodológica cualitativa para el análisis de cadenas productivas, y determinaron que la asociatividad entre agricultores permite generar poder de negociación con el cliente y además evita la larga cadena de intermediación (Van der Heyden, Camacho, Marlin, & Salazar, 2004).

También estudios realizados por la FAO (Food and Agriculture Organization), a los agricultores de papa, en la comunidad de Mulalillo, señala las motivaciones para la inserción de los agricultores, como proveedores, en Negocios Inclusivos (NI). Las razones son: la gran cadena de intermediación y la inequidad que esto conlleva; la pobre infraestructura en la que estos desarrollan sus actividades comerciales, la falta de organización y manejo de información de mercado. El estudio demuestra que los NI en realidad incrementan la utilidad para el agricultor, mejora el acceso a información de mercado y permite la tecnificación. Sin embargo, los tiempos de pago

(45 días aproximadamente) por parte de la empresa ancla (Frito Lay) a los agricultores, el sistema de transporte manejado hacia el punto de venta y la informalidad de los cultivadores, son factores que presentan oportunidades de mejora (Mancero, 2007).

Asimismo, Mutis & Enric, en la Revista Científica de Latinoamérica, concuerdan con las dificultades identificadas por la FAO, y señalan que en BdP existen retos culturales, barreras de localización logística e infraestructura, limitado acceso a información y entre otros (Mutis & Enric, 2008). Sin embargo, estas oportunidades pueden conducir a las empresas al establecer alianzas estratégicas y generar oportunidades de “ganar-ganar”, a más de contribuir con el desarrollo social y económico de las personas menos favorecidas.

#### **2.1.4 Caracterización cualitativa en el sector agrario**

En cambio investigaciones cuantitativas como las realizadas por La Red Internacional de Metodologías de Investigación de Sistemas de Producción (RISMISP)<sup>4</sup> se han enfocado en estudiar la producción agropecuaria a nivel de individuo en una o varias localidades, cuyas conclusiones determinan que existen grupos de agricultores con características similares a nivel de grupo y diferentes entre grupos, que requieren transferencias de tecnología de forma diferenciada (Escobar & Berdegué, 1990).

---

<sup>4</sup> RISMISP o Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural contribuye a elevar la calidad de la investigación que se realiza en América Latina en Sistemas de Fincas de Pequeños Agricultores (Escobar & Berdegué, 1990).

Por ejemplo, investigaciones realizadas por RISMISP en varios cantones de Ecuador, logró identificar 8 tipos de agricultores entre ellos cantones minifundistas pobres, campesinos artesanales pobres, con reducida infraestructura que limita la comercialización y otros. Para ello RISMISP uso técnicas de análisis multivariado, por su facilidad de manejo de gran número de variables y además porque este método inicia su análisis sin hipótesis previa sobre el estudio a realizar. Lo cual evita generalizaciones muchas veces erróneas (Escobar & Berdegué, 1990).

Asimismo, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile, realizó la caracterización de sistemas productivos lecheros en la X región del país, mediante técnicas de análisis multivariado, en específico utilizó el método de Análisis de componentes Principales, para estudiar variables cualitativas obtenidas mediante encuestas; y para analizar los atributos cuantitativos usó la técnica de Análisis de Correspondencias Múltiples y finalmente mediante el método de Análisis de Conglomerados, pudo identificar la presencia de cuatro grupos de productores quienes tenían características diferentes (Smith , Moreira, & Latrille, 2002).

También, el INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias) junto con el (CIP) Centro Internacional de la Papa han diseñado métodos bio-matemáticos para el análisis de sistemas agropecuarios en Ecuador. Utilizando su propia metodología caracterizaron el sistema de producción de la provincia del Cañar, mediante la técnica de conglomerados y componentes principales y un tamaño de muestra, determinaron que existen tres grupos de

sistemas de producción, entre ellos aquellos que tienen terreno y ganado y otro grupo caracterizado por tener porciones (León & Barrera, 2003).

En fin estas investigaciones muestran que la caracterización cuantitativa permite identificar grupo de agricultores con características similares entre ellos y diferenciadas entre grupos quienes presentan necesidades diferentes.

### **2.1.5 Costos de transporte y recolección de la producción**

#### **Costo de transporte**

En lo que se refiere al costo de transporte un estudio realizado por el programa de inclusión de pequeños productores en las compras públicas en Azuay, en el año 2011, revela que los gastos en transporte que deben incurrir los pequeños agricultores, para llevar sus productos a los puntos de consumo, puede incrementar su precio y volver poco competitivos en el mercado. Por ejemplo una sandía que cuesta \$3,5 para el productor puede llegar a costar 4,5 luego de la entrega; una libra de frejol puede llegar a costar de \$1,2 a \$1,25. Esto demuestra que el gasto en transporte puede incrementar el precio del producto entre 5% y 15%. Además, este estudio señala que la estacionalidad de los productos limita la capacidad de tener un inventario claro de productos a lo largo del año (Galarza, Lacroix, & Taipe, 2012).

#### **Consideraciones en los problemas de optimización de rutas**

En cuanto a la logística de recolección de la producción agrícola en Ecuador, en el 2009, la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI, 2009) realizó un estudio sobre el fortalecimiento de cadenas del mapa logístico. Donde señala que

para dimensionar la red de recolección y evaluar la factibilidad de optimización de rutas se debe obtener datos de tiempo, distancias y costos desde el agricultor hasta la localidad de venta. En este punto ALADI recomienda que la planificación de la recolección se realice de forma centralizada para de esta forma aprovechar economías de escala, inversión en infraestructura y transporte profesional. Además, recomienda tener en cuenta el estado de las vías ya que una infraestructura pobre conduce a altas ineficiencias y dependencia perjudicial entre agricultor y transportista. “Donde el primero se vuelve dependiente al rol del transportista y este último está sujeto a la demanda limitada. Lo que puede incrementar los costos de transporte y restringir acceso al mercado” (ALADI, 2009).

Por último, un estudio realizado por la Universidad Politécnica de Valencia, sobre los efectos de asimetría de la matriz de distancia en el problema del agente viajero, demuestra que el grado de asimetría es difícil de estimar y este puede variar de forma significativa de acuerdo a factores influyentes, como tráfico, calles unidireccionales y otros. Por tanto los resultados pueden tener grandes brechas cuando distancias asimétricas son generalizadas como simétricas. Además, se debe tener en cuenta aspectos como costo y tiempo de resolución en problemas de este tipo (Rodríguez & Ruiz, 2010). Puesto que el incremento del costo y tiempo es proporcional a la dificultad del problema.

## 2.2 Conceptos de cadena de suministro

**Cadena de suministro:** Una cadena de suministro comprende la planeación y administración de flujo de información, producto, dinero y todas las actividades

involucradas en la satisfacción de la solicitud del cliente. Además involucra la integración de actores de las diferentes etapas de la cadena como proveedores, fabricantes, transportistas, almacenistas, mayoristas, minoristas e inclusive el mismo cliente. Todo esto con el fin de maximizar el valor total agregado o rentabilidad de la cadena, en otras palabras, la diferencia entre lo que paga el cliente y el costo de la cadena para cumplir el requerimiento del consumidor (Chopra & Meindl, 2008).

**Flujos en la cadena de suministro:** De acuerdo a Chopra & Meindl (2008) los tres flujos de un cadena de suministro son el flujo de información, producto y financiero.

Flujo de información: es el intercambio de datos referentes a inventario, transporte demanda, costos y precios. El intercambio oportuno de información entre los actores de la cadena asegura la capacidad de respuesta y la eficiencia en la cadena de suministro.

Flujo de producto: es el flujo de material que atraviesa la cadena de suministro y a medida que pasa por los diferentes eslabones va adquiriendo valor.

Flujo financiero: es el intercambio de dinero entre los eslabones de la cadena, donde el único punto de ingreso es el cliente final.

**Logística:** “Es la parte de la cadena de suministro que involucra el flujo directo e inverso de los bienes, servicio, dinero e información. La administración de la logística incluye el manejo de logística de entrada y logística de salida, transporte, manejo de material, bodega, inventario, cumplimiento de orden y distribución y logística inversa” (Stevenson, 2009). La logística comprende el intercambio de bienes o servicios, información y dinero entre dos puntos o eslabones, por ejemplo

entre proveedor y fabricante, mientras que la cadena de suministro implica todos los eslabones de la cadena.

**Sistema de Inventario:** “Un sistema de inventario es una estructura que sirve para controlar y medir el nivel de existencias y la periodicidad de las mismas, determina las cantidades a pedir y cada cuanto tiempo se debe realizar la acción de adquisición” (Heredia & Gutiérrez). Existen tres tipos de inventario: inventario de materia prima, inventario en proceso e inventario terminado (Nahmias, 2007).

**Costo de inventario:** “Es la suma de todos los costos proporcionales a la cantidad de inventario disponibles físicamente en cualquier punto en el tiempo. Los componentes que incluye el costo de mantener inventario son:” (Nahmias, 2007).

- El costo de suministrar el espacio físico para almacenar los artículos
- Impuestos y seguros
- Roturas, obsolescencia
- Costo de oportunidad de una inversión alternativa: es el interés que pudiera ganar el dinero si este se ubica en una cuenta de ahorro

De acuerdo a Nahmias (2007) el costo más importante en la mayoría de las aplicaciones es el costo de oportunidad o también denominado costo de capital, y se calcula con la siguiente fórmula:

$$h = Ic$$

Donde,

*h*: El costo de mantener inventario por unidad por año

*I*: Es la tasa anual de interés

*c*: Valor monetario de una unidad de inventario

**Planeación de distribución:** la planeación de distribución es una estrategia a mediano plazo que permite determinar la cantidad correcta, en el tiempo necesario y al mínimo costo posible de los bienes desde el productor hacia el usuario final, incluyendo los canales indirectos (Castellanos A. , 2009). Además, la planeación de distribución, incluye la selección del tipo de transporte y una ruta, dado que el tipo de transporte influye sobre la eficiencia y capacidad de respuesta (Chopra & Meindl, 2008).

**Problema del agente viajero:** El problema del agente viajero consiste en un agente de ventas que debe recorrer un determinado número de ciudades en un solo recorrido, es decir, un agente que parte de su residencia y visita cada cliente una sola vez y con la mínima distancia de recorrido. Cabe mencionar que la dificultad del problema es proporcional al número de ciudades que el agente debe visitar. En el caso de un problema de  $n$  ciudades el número de rutas factibles es  $(n-1)!$ . Así por ejemplo un problema del agente viajero con 20 ciudades tiene alrededor de  $10^{16}$  soluciones factibles (Hillier & Lieberman, 2006).

Cuando la distancia entre cada par de ciudades es la misma en cualquier dirección, el problema es simétrico caso contrario es asimétrico (Hillier & Lieberman, 2006). Factores como tráfico, vías unidireccionales y otros son los que en la mayoría

de las aplicaciones reales convierten a un problema en asimétrico. A continuación el modelo matemático del problema del agente simétrico (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004):

$$\text{Minimizar } \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij}$$

$$\text{Sujeto a: } i \in V' / \sum_j x_{ij} = 1 \quad j \in V' \quad (1)$$

$$j \in V' / \sum_i x_{ij} = 1 \quad j \in V' \quad (2)$$

$$x_{ij} \in X(i, j) \in A' \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad (i, j) \in A'$$

Donde,

$c_{ij}$ : Costo de incluir el arco entre la ciudad  $i$  y  $j$

$x_{ij}$ : Variable binaria igual a 1 si se incluye el arco entre la ciudad  $i$  y  $j$ , caso contrario 0

(1) Restringe una sola llegada a una ciudad

(2) Restringe una sola salida de una ciudad

(3) Restringe a que los valores de la variable  $x_{ij}$  estén dentro de un set  $X$  que produzca un circuito dirigido o circuito Hamiltoniano.

Dado que el problema del agente viajero asimétrico es un problema NP-complejo al relajar la restricción número (3) se puede obtener un buen límite inferior

factible y al eliminar dicha restricción se obtiene  $p$  circuitos, los cuales se deberán unir posteriormente hasta conseguir un circuito Hamiltoniano . A continuación el modelo de agente viajero con restricción relajada (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004):

$$\text{Minimizar } \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij}$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_{j \in V'} x_{ij} = 1 \quad i \in V' (1)$$

$$\sum_{i \in V'} x_{ij} = 1 \quad j \in V' (2)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad (i, j) \in A'$$

**Heurística de corrección:** mediante la heurística de corrección se unen los  $p$ -circuitos, obtenidos con el modelo del agente viajero con restricción relajada. Para ello se realizan varias iteraciones hasta obtener un circuito dirigido o Hamiltoniano. Cada iteración consiste en tres pasos como se explica a continuación (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004):

Paso 0: “ $C$ ” es el conjunto de sub-circuitos calculados con el modelo del agente viajero con restricción relajada y  $p$  el número de sub-circuitos encontrados. Si  $p=1$  la iteración ha finalizado.

Paso 1: Identificar dos subcircuitos  $C_h, C_k \in C$ . Por lo general se selecciona los sub-circuitos con la mayor cantidad de vértices.

Paso 2: Unir los subcircuitos  $C_h, C_k$  con el costo mínimo. Actualizar C y establecer  $p=p-1$ . Si  $p=1$  se ha encontrado el circuito hamiltoniano, caso contrario regresar al paso 1.

**Calculo de la Desviación de la solución óptima:** la solución obtenida con restricción relajada es un buen límite inferior de la solución del modelo simétrico no obstante se tiene una desviación. Esta desviación cuando la solución es fuertemente asimétrica la desviación de la solución óptima es menor a 1%, caso contrario, cuando las distancias son simétricas puede alcanzar una desviación aceptable de 30% incluso. A continuación la fórmula para calcular la desviación (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004):

$$\text{Desviación de la solución óptima} = \frac{Z_{ATPS} - Z_{AP}}{Z_{AP}}$$

Donde,

$Z_{ATPS}$ : Solución del agente viajero simétrico

$Z_{AP}$ : Solución del agente viajero con restricción relajada

### 2.3 Determinación del tamaño de muestra con población finita

El tamaño de muestra cuando se tiene una probabilidad de éxito o fracaso y la población es finita se obtiene con la fórmula (Montgomery, 2006):

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * N - 1 + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Dónde,

$n$  : es el tamaño de la muestra

$N$ : es el tamaño de la población

$Z$ : es el nivel de confianza

$d$  : es el error máximo permitido en términos de proporción

$p$  : es la probabilidad de éxito

$q$ : probabilidad de fracaso ( $1 - p$ )

## 2.4 Técnicas de análisis multivariado

### 2.4.1 Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica descriptiva y de interdependencia, es decir, no distingue entre variables dependientes e independientes, pues su objetivo “consiste en identificar que variables están relacionadas, como lo están y por qué” (Llamazares & Berumen, 2011). El ACP identifica las variables que expresan la mayor cantidad de información contenida en el conjunto original, para de esta forma mejorar la interpretación de los datos y eliminar aquellas que aporten escasa información.” (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1991). Por lo tanto, el ACP puede permitir el análisis descriptivo de los datos sin ninguna hipótesis preliminar de los mismos, y evitar suposiciones que muchas veces resultan ser equivocadas.

### **Modelo Matemático de Análisis de Componentes Principales**

El ACP extrae factores o componentes mediante la transformación lineal del conjunto de variables originales en un conjunto de variables no relacionadas, de forma que las variables representativas que conforman los factores expresen la mayor cantidad del total de varianza de los datos. El componente principal se extrae de forma que el primer componente contiene la mayor cantidad de la varianza total. El segundo componente principal es una combinación lineal de las variables y este no es correlacionado con el primer componente y expresa la máxima cantidad de varianza del total de varianza no explicado por el factor 1 y así sucesivamente (Wan, 2002).

**La ecuación general que expresa el análisis de componentes principales es** (Wan, 2002) :

$$PC_m = a_{(m)1}X_1 + a_{(m)2}X_2 + \dots + a_{(m)p}X_p$$

Donde,

$PC_m$ : es el m-ésimo componente principal

$a_{(m)p}$ : son los pesos que maximizan el ratio de la varianza del componente  $m$  para la variable  $p$

$X_j$ : son las variables observadas  $j: 1, 2, \dots p$ .

Si las unidades de medida de las variables observadas son diferentes se debe trabajar con una matriz de correlación en lugar de la matriz de covarianza (Villaroel, Alvarez, & Maldonado, 2003). A continuación algunos conceptos importantes que incluye el ACP:

**Componentes principales:** son los factores que se obtienen de la matriz de correlaciones entre variables, para ello, busca la combinación lineal de variables

originales que maximiza la variabilidad del primer componente, luego busca el segundo componente bajo el mismo criterio pero con la condición adicional de que sea independiente de la primera y así sucesivamente hasta encontrar las componentes necesarias (Guisande, y otros, 2006).

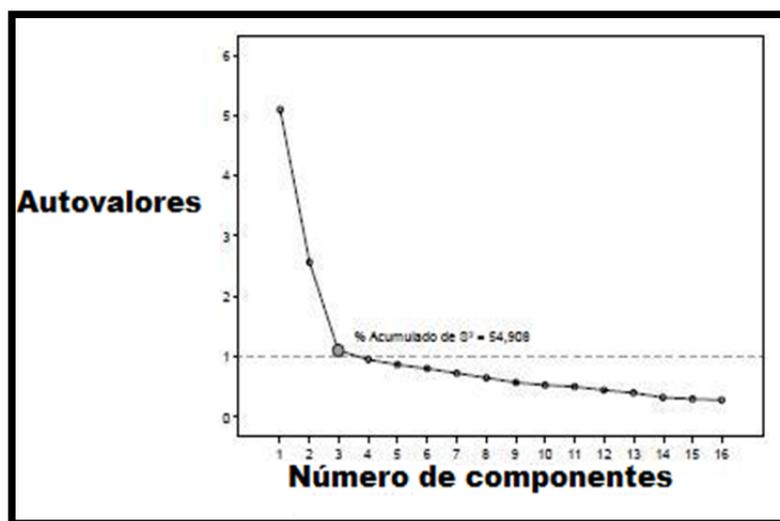
**Comunalidad:** “Es la proporción de varianza de una variable explicada por los factores comunes, en el modelo factorial. Las comunalidades muestran que variables explican mejor o peor el modelo. Los valores bajos de comunalidades para una o más variables indican que estas no están siendo bien consideradas en el modelo” (Guisande, y otros, 2006). Lo que quiere decir que la variable tiene mayor correlación con otro eje no considerado, por lo tanto no es correcto caracterizar los componentes con esta variable (Villaroel, Alvarez, & Maldonado, 2003).

**Autovalores o valores propios:** “Indica la cantidad total de varianza que explica el factor para las variables que incluye el mismo. El máximo valor que puede alcanzar la suma de los autovalores es igual al número de variables” (Guisande, y otros, 2006).

**Representación gráfica del Análisis de Componentes Principales:** Los resultados del ACP se pueden resumir en un diagrama de sedimentación. La gráfica, representa la varianza asociada a cada factor y permite determinar el número de factores a retener puesto que “el grafico muestra la clara ruptura entre la pronunciada pendiente de los factores más importantes y el descenso gradual de los restantes” (SPSS, 2011). La representación se realiza en un plano factorial, donde el eje y representa los coeficientes de correlación entre las variables y el eje x representa las componentes principales obtenidos) (Villaroel, Alvarez, & Maldonado, 2003). Por

ejemplo, en la Figura 1 se puede ver que el cambio de la pendiente es pronunciada a partir del componente número 3, por lo tanto dichos componentes son los que se deben mantener ya que contienen la mayor varianza del modelo:

**Figura 1: Grafica de sedimentación**



Fuente y elaboración: (Millán & D'Aubeterre, 2012)

**Criterio de Kaiser-Guttman:** este es un criterio para determinar el número de componentes a retener, este método permite retener únicamente las componentes cuyo valor propio es mayor o igual a 1 “(Múrial & Gil Saura, 1998).

#### **Coeficiente KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)**

El KMO, “es una medida de adecuación muestral cuyo valor varía entre 0 y 1. Los valores pequeños indican que el análisis factorial puede no ser una buena representación, dado que la correlación entre pares de variables no puede ser

explicada por otras variables.” (León, Rojas, & González, 2007). En otras palabras un índice KMO bajo indica que la intercorrelación entre las variables es pequeña, por lo tanto, el análisis factorial no sería práctico, puesto que se necesitaría casi tantos factores como variables para incluir un porcentaje de la información aceptable. De acuerdo a Pedroza & Dicovskyi (2006) un KMO  $<0.5$  indicaría que el AF no resultaría una técnica útil. Por tanto cuanto más cerca sea a 1 el valor obtenido del test KMO, implica que la relación entre las variables es alta y se puede continuar con el ACP.

### **Prueba de esfericidad de Bartlett**

La prueba de esfericidad de Bartlett verifica la presencia de correlación entre las variables. Para ello “contrasta la hipótesis nula de que la matriz de correlación es una matriz de identidad, en cuyo caso no existe correlación significativa entre las variables y el modelo factorial no sería pertinente.” (León, Rojas, & González, 2007).

La hipótesis es la siguiente

H0: la matriz de correlación resultante es una matriz identidad

H1: La matriz de correlación resultante no es una matriz identidad

Se rechaza la hipótesis nula si el nivel de significación es menor a 0,05, por tanto se demuestra que las variables están correlacionadas entre sí (Pedroza & Dicovskyi, 2006).

Si el coeficiente KMO es superior a  $\geq 0,5$  y la prueba de Bartlett se rechaza se puede decir que las variables aportan información necesaria e importante con el objetivo planteado y se puede realizar el análisis de componentes principales (León, Rojas, & González, 2007).

## **Supuestos del Análisis de Componentes Principales**

De acuerdo a la Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento el ACP debe cumplir los siguientes supuestos: Normalidad, linealidad y multicolinealidad, entre estos el supuesto de linealidad es el más estricto. Respecto a la normalidad de los datos es permitido una leve desviación de la normal, por tanto es tolerable valores de asimetría y curtosis entre -1,5 y 1,5. Por otra parte, el supuesto de linealidad se identifica mediante el coeficiente de correlación de Pearson valores cercanos a 1 o -1 indican que existe relación lineal entre las variables. Caso contrario, la desviación del patrón lineal reduce significativamente la magnitud de los coeficientes de correlación y no es posible interpretar. En cuanto a la multicolinealidad es difícil de estimar cuales variables tienen correlación elevada o muy baja, ya que la técnica de ACP exige correlación, no obstante, valores superiores a 0,9 de coeficiente de correlación entre las variables y valores inferiores a 0,1 pueden llevar a resultados poco estables. En consecuencia dichas variables se deben de descartar del análisis porque puede producir resultados inestables (Pérez & Medrano, 2009).

### **Distancia de Mahalanobis**

“Es un método multivariado más poderoso para detectar valores atípicos que el procedimiento de examinar una variable a la vez porque toma en cuenta las diferentes escalas entre variables y las correlaciones entre estas” (Minitab, 2012). La distancia de Mahalanobis se mide entre un punto de datos y el centroide de un espacio multivariado y la fórmula de cálculo la distancia (Lévy & Mallou, 2006)

$$d_i^2 = (x_i - \bar{x})S^{-1}(x_i - \bar{x})$$

Donde,

$d_i^2$ : Distancia de Mahalanobis

$x_i$ : es el vector columna con los valores de todas las variables para la observación i-ésima respectivamente

$\bar{x}$ : es el vector columna de las medias muestrales

$S^{-1}$ : es la inversa de la matriz de varianzas y covarianzas muestrales

### 2.4.2 Análisis de Correspondencias Múltiples

El Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) es una técnica descriptiva específicamente cuando se necesita estudiar variables de tipo cualitativo. Este método permite agrupar dichas variables dentro de grupos con características similares llamado dimensiones, si es que existe. La información de entrada, para el ACM, es la matriz de datos de n individuos y p variables (n x p) al igual que en el ACP. Además el método de ACM no supone hipótesis previa sobre los datos (Parra, 1996).

#### Variables nominales

Es una variable cualitativa que describe a un elemento de una población y se caracteriza porque no se puede asignar un orden a las categorías. Por ejemplo, la variable color puede tener los siguientes niveles: rojo, azul y negro (Minitab, 2012).

#### Variables ordinales

Es una variable cualitativa que representa una posición o clasificación ordenada. Los valores se pueden clasificar pero las diferencias no representan necesariamente intervalos iguales. Por ejemplo, la variable sabor puede tener los siguiente niveles: suave, moderado y picante (Minitab, 2012).

### 2.4.3 Análisis de Conglomerados

El Análisis de Conglomerados (AC), es una técnica multivariable que no requiere de verificación de supuestos (Morán, Arce, & Louman, 2006), ésta técnica permite determinar el agrupamiento o clasificación natural ya sea de observaciones o variables. El objetivo es formar conglomerados con características similares dentro del grupo y diferentes entre grupos, esto se logra al maximizar la distancia entre grupos diferentes y al minimizar la distancia dentro del grupo. Existen dos tipos de AC: jerárquicos o anidados y no jerárquicos (Gastal, Pignau, & Tonina, 1989). El análisis jerárquico aglomerativo es el que permite la agrupación de variables u observaciones en forma ascendente. Comenzando con el número de grupos igual al número de variables o individuos va uniendo los grupos separados en grupos más numerosos, dependiendo del grado de correlación entre ellos, hasta que al final del proceso todos los casos se encuentren en un solo conglomerado (Serrano, 2003).

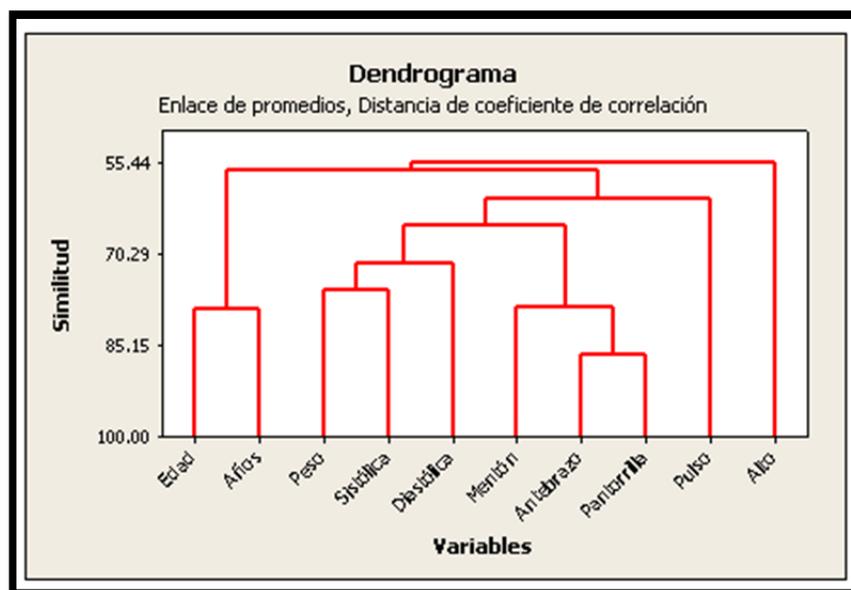
Adicional, el análisis de conglomerado requiere la elección de media de distancia entre elementos y entre grupos, las cuales se explican a continuación:

**Medida de distancia:** son las medidas de distancia entre elementos y existen varias formas de medir, la selección de una medida u otra depende de la escala de medición usada para obtener los datos. En caso de recuentos el programa SPSS 20 permite usar únicamente la distancia Chi cuadrado (SPSS, 2011).

**Medida de enlace entre grupos:** es el criterio para la agrupación de conglomerados, también existen varias formas de vinculación entre ellas el método de Ward, el cual es adecuado cuando se realiza el análisis de tablas mixtas (tabla que incluye variables cuantitativas y cualitativas) de acuerdo a una investigación realizada por la Revista de investigación Operacional de Argentina (Chávez, Miranda, Varela, & Fernández, 2010). La distancia de Ward es la suma de las desviaciones cuadradas desde puntos hasta centroides, minimizando la suma de cuadrados dentro del conglomerado. Esta técnica produce conglomerados con un número similar de elementos, aunque es sensible a valores atípicos (Schuschny & Soto, 2009) .

**Dendograma:** Muestra en la forma de un diagrama de árbol la manera en que se fueron formando los conglomerados o grupos. Además, permite determinar en que nivel de similitud se formaron los conglomerados y también la composición de los grupos dentro del conglomerado final. El diagrama en el eje y sitúa el nivel de similitud o de distancia y las diferentes observaciones lo sitúa en el eje x; como se muestra en la Figura 2, donde el conglomerado 1 incluye la edad y los años y el conglomerado 2 el peso y la presión (Minitab, 2012):

Figura 2: Dendrograma



Fuente y elaboración: (Minitab, 2012).

#### 2.4.4 Análisis de tablas mixtas mediante Análisis de Conglomerados

El análisis de tablas mixtas surge cuando se requiere realizar la clasificación de individuos a los que se ha medido variables cualitativas y cuantitativas, y se necesita determinar grupos con características semejantes. La técnica para calcular una tabla mixta es mediante el coeficiente de Gower, que es una medida de similitud que incluye simultáneamente ambos tipos de variable e incluso variables dicotómicas. La fórmula para calcular la distancia de Gower es la siguiente (Chávez, Miranda, Varela, & Fernández, 2010):

$$d_{ij}^2 = 1 - \frac{\sum_{k=1}^{p_1} \left( \frac{|x_{ik} - x_{jk}|}{G_k} \right) + a + \alpha}{p_1 + p_2 - d + p_3}$$

Donde,

$d_{ij}^2$ : es la distancia de Gower

$p_1$ : número de variables cuantitativas

$p_2$ : número de variables binarias

$p_3$ : número de variables cualitativas

$a$ : número de coincidencias para las  $p_3$  variables cualitativas

$d$ : número de coincidencias en 0 para  $p_2$

$G_h$ : rango de la  $h$ -ésima variable cuantitativa

## 2.5 Conceptos Agrícolas

**Unidad de Producción Agrícola (UPA):** El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos define a una UPA como, “Una extensión de tierra mayor a 500 m<sup>2</sup>, dedicada total o parcialmente a la producción agropecuaria; y es considerada como una unidad económica, que desarrolla su actividad bajo una dirección única e independiente de su forma de tenencia y ubicación geográfica utilizando los mismos métodos productivos” (INEC, 2011). De acuerdo al Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca “La gerencia de los terrenos o UPAS puede ser ejercida por una persona, un hogar, una empresa, una cooperativa o cualquier otra forma de dirección” (MAGAP, 2000).

**Cultivos Transitorio:** son aquellos cultivos estacionarios, por lo general cuyo ciclo vegetativo es de pocos meses o menor a un año, y que requiere la destrucción de la planta para volver a cultivar y obtener una nueva cosecha. Los cultivos transitorios constituyen principalmente la dieta humana son por ejemplo, el frejol, el maiz, la papa, arveja y otros (INEC & MAG-SICA, 2002).

**Cultivo Permanente:** “Son aquellos cultivos que se plantan y después de un tiempo relativamente largo llegan a la edad productiva. Tienen un prolongado período de producción que permite cosechas durante varios años, sin necesidad de ser sembrados o plantados nuevamente después de cada cosecha” (INEC & MAG-SICA, 2002).

**Tipificación del sistema agrícola:** en general la tipificación es la creación de grupos de elementos con características y parámetros similares entre si y al mismo tiempo diferente de elementos que conforman otros grupos o estratos (Batista, Coutin, Feal, Gonzáles, & Rodriguez, 2002). Berdegú & Nazif (1989) mencionan que en el sector agrícola “la tipificación ayuda a la organización conceptual, la determinación de dominios de recomendación, un listado de unidades de producción representativas y las poblaciones de las que es posible hacer inferencias de resultados” (Berdegú & Nazif, 1989). La tipificación es importante en el proceso de diagnóstico y caracterización del sector agrícola porque permite distinguir los tipos de agricultores existentes, considerando los diferentes ámbitos socioeconómicos, ambientales y tecnológicas en que se desarrollan (Avila, Muñoz, & Rivera, 2000).

**Sistemas de Finca:** una finca, como unidad, es una parcela de tierra medible y manejada por un individuo, una familia o grupos familiares. Si un agricultor posee dos parcelas ubicadas a distancias cercanas una de la otra y toma decisiones conjuntas respecto a los componentes indispensables para laborar las dos parcelas, estas dos parcelas forman una sola finca (Hart, La finca como un sistema, 1985). De acuerdo a La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) los sistemas de finca están conformados de varias unidades de finca “cuyo conjunto de explotaciones agrícolas individuales tienen recursos básicos, pautas empresariales, medios familiares de sustento y limitaciones en general similares, a los cuales corresponderían estrategias de desarrollo e intervenciones parecidas” (FAO, 2013).

## CAPITULO 3. METODOLOGIA

“Uno de los desafíos que el investigador debe enfrentarse es la selección entre la investigación cualitativa y cuantitativa, o una combinación de las dos” (McCarty, 2007). Aunque no existen reglas fijas sobre como un análisis debería ser realizado, la mejor forma de obtener una profunda comprensión de los problemas y oportunidades puede implicar una combinación juiciosa entre la investigación cuantitativa y cualitativa (Hellin & Meijer, 2006). Para la realización de esta tesis se utilizará ambas técnicas de recolección y análisis de información. Dentro de las técnicas cualitativas se usará la guía metodológica para el análisis de cadenas productivas propuesto por RURALTER y en las técnicas cuantitativas se usará la metodología de análisis multivariado desarrollado por La Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción (RISMISP). A continuación se presenta la justificación de la metodología a usar, la descripción de la misma y las técnicas de recolección de datos e información.

### 3.1 Justificación de la metodología

De acuerdo a RISMISP, un sistema finca es multivariado puesto que, existen varias componentes interactuando entre sí en el espacio y en el tiempo, como por ejemplo sistemas económicos, comerciales y bióticos. Esta característica da lugar grupos de productores con características particulares y diferenciadas, ya sea a nivel regional, local e inclusive dentro de un mismo sector (Escobar & Berdegué, 1990). Por lo tanto propuestas y estudios generalizados pueden no ser efectivos a las necesidades puntuales de los campesinos. En este sentido mediante métodos de

análisis multivariado se puede considerar simultáneamente una amplia gama de variables, a su vez clasificar a los productores en grupos con características similares dentro del grupo y diferentes entre grupos, para así poder atender necesidades exactas de cada grupo.

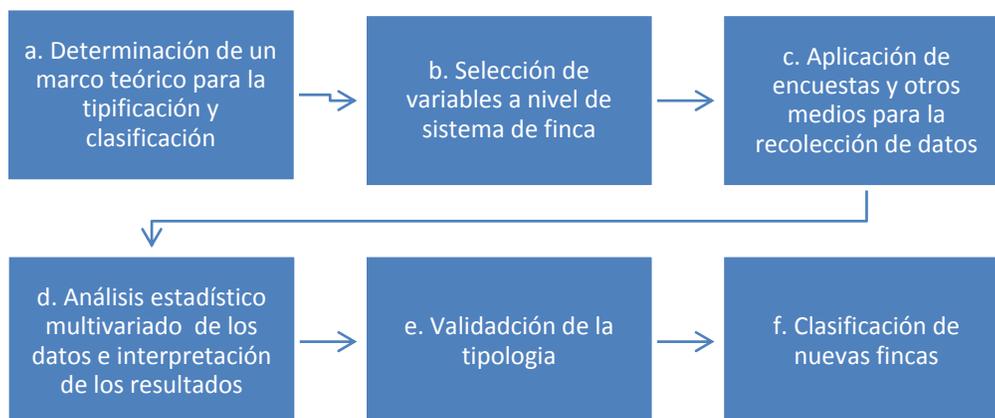
Además, las técnicas de análisis multivariado permiten obtener una ponderación objetiva de la influencia de cada variable en la determinación de sistemas de finca. Es decir, los pesos de las variables relacionadas al sistema agrícola toman diferentes valores según su grado de importancia. Esto permite obtener grupos objetivos cuyas necesidades difieren (Escobar & Berdegué, 1990).

Por último, cabe mencionar que las técnicas multivariadas requieren de información preliminar del sistema agrícola para definir las variables a medir. Por tanto, una adecuada combinación entre técnicas de análisis multivariado y técnicas cualitativas, que son más flexibles que el primero, como por ejemplo las entrevistas exploratorias, ayudan a obtener parámetros y resultados confiables.

### **3.2 Descripción de la metodología de análisis multivariable**

La metodología de análisis multivariado diseñada por La Red Internacional de Metodologías de Investigación de Sistemas de Producción (RIMISP) consiste de 6 pasos fundamentales y puede ser modificada de acuerdo a las necesidades y objetivos del proyecto (Escobar & Berdegué, 1990). En la Figura 3 se ilustra la guía metodológica y a continuación se explicará en que consiste cada uno de los pasos.

**Figura 3: Metodología de Análisis Multivariable**



Fuente y elaboración: (Escobar & Berdegué, 1990)

### **a. Determinación de un marco teórico para la tipificación**

De acuerdo a Escobar & Berdegué el marco conceptual es una investigación teórica que en primer nivel busca, la definición de los objetivos generales y específicos del proyecto y la recopilación información preliminar de la zona donde se realizará el proyecto. Además, dentro de este primer nivel es necesario la zonificación, la misma que consiste en identificar una región determinada de estudio y condiciones favorables para su realización. En segundo nivel, el marco teórico es la base para traducir la información en variables a medir. Entre este paso y previo a la selección de variables también se puede realizar un análisis preliminar en situ, mediante técnicas cualitativas que son más flexibles (Escobar & Berdegué, 1990).

### **b. Selección de variables a nivel de sistema de finca**

Las variables son las características a medir y a analizar, con técnicas estadísticas, para así constituir el criterio de clasificación del sistema agrario. En este punto, Escobar & Berdegúé (1990) sugieren que las variables deben ser seleccionadas de modo que los tipos de sistemas de producción sean:

- Estructuras con sentido agrícola: esto significa que la importancia que se asigne a los tipos de sistemas de producción depende del uso que se dará a la clasificación. Por ejemplo, lo que es importante para un programa de mejoramiento de producción lechera será diferente de lo que es importante para un programa de financiamiento.
- Particulares a la población objetivo: que los tipos de sistemas de producción representen las causas de la diferencia.
- Conducentes al logro de los objetivos generales y específicos del proyecto

Del mismo modo en la introducción de clasificación de sistemas se debe incorporar indicadores, es decir, especificar cómo se van a medir cada una de las variables. Los autores de la metodología recomiendan los siguientes grupos de descriptores que generalmente cumplen un papel importante en los ejercicios de tipificación y clasificación de sistemas de finca:

- Indicadores del tamaño finca
- Indicadores del nivel de capitalización de la finca
- Indicadores de la estructura de la mano de obra disponible y empleada en la finca y fuera de ella.
- Indicadores del nivel de intensificación tecnológica

- Indicadores del tipo y grado de articulación con los mercados de productos.
- Indicadores de la capacidad de gestión y de las metas y habilidades de los productores y otros.

### **c. Aplicación de encuestas y otros medios para la recolección de datos**

Según la experiencia de los autores, Escobar & Berdegué, la metodología tiene dos puntos “fundamentales e inseparables” a considerar al momento de obtener los datos, que son: la estrategia de muestreo y el tipo de cuestionario a utilizar en las encuestas. Respecto al tamaño de muestra, este está determinado por la población o sistema agrícola objetivo a ser investigado. Por tanto si se desea realizar una investigación más específica el número de fincas a estudiar será mayor. En cuanto al diseño de encuestas, esta no debe ser ni extensa y tampoco costosa.

### **d. Análisis estadístico multivariado de los datos e interpretación de los resultados.**

El análisis estadístico multivariado se puede realizar en cinco pasos:

#### 1. Selección de atributos que efectivamente se comporten como variables:

Consiste en calcular los coeficientes de correlación entre las variables para descartar aquellas variables que tienen relación no significativa. En este punto los investigadores, Escobar & Berdegué, señalan que no existe garantía de que una

variable tenga correlación razonable dentro de la muestra, a pesar de que desde el punto de vista teórico éstas sean consideradas importantes.

## 2. Análisis factorial para reducir la dimensionalidad del problema

Una vez seleccionadas las variables representativas, se puede optar por un análisis factorial de componentes principales, si las variables son cuantitativas, (cuya metodología se detalla en la sección 3.4 de este mismo capítulo). En el caso de que se tenga variables cualitativas estas pueden ser analizadas por separado ya sea por análisis de conglomerados o por correspondencias múltiples. Sin embargo, este último es más adecuada cuando la matriz de datos incluye variables discretas o continuas que han sido convertidas en discretas mediante un proceso de recodificación posterior al de obtener los datos de campo. Finalmente, con el análisis de componentes principales se obtiene la relación existente entre las variables y se reduce el número de factores que explican un alto porcentaje de información (Escobar & Berdegué, 1990).

## 3. Determinación de los tipos de sistemas de finca

En éste punto se realiza un análisis de conglomerados y se selecciona en el dendograma el nivel al cual se escogerá los tipos de finca, en el que, cada ramificación mostrada de dicho dendograma tendrá la misma posibilidad de ser seleccionada como un grupo diferente. No obstante, el investigador buscará el balance en base a los recursos disponibles puesto que a mayor cantidad de grupos seleccionado mayor será el costo y el esfuerzo del investigador. Uno de los criterios de clasificación que recomiendan Escobar & Berdegué (1990) es maximizar el

acceso a los recursos para el productor. Por ejemplo, mano de obra, capital, tierra, tecnología y otros según el contexto del estudio.

#### 4. Descripción de los tipos seleccionados

Aquí se describe la naturaleza de los tipos de sistemas de finca determinados en el inciso anterior. Si cualquiera de los tipos de sistema seleccionados no es razonable puede ser modificado en alguno de los posibles sentidos, caso contrario se confirmará dicha selección de tipos. Para describir los tipos elegidos se puede usar estadísticos como media, frecuencia, varianza, rango y otros, tanto para las variables originales así como para cada tipo de sistema de finca escogidos anteriormente (Escobar & Berdegué, 1990).

#### **e. Validación de la tipología**

La validación consiste en contrastar los grupos de finca obtenidos con el marco teórico y los objetivos del proyecto. Mediante la validación se puede verificar si las variables seleccionadas son representativas del medio de estudio, es decir, si recogen los fenómenos que se quiere estudiar. La validación se puede realizar de forma estadística o empírica. La validación estadística consiste en repetir el ejercicio de tipificación utilizando técnicas analíticas similares y comparando los resultados. Lo hipótesis de esta validación es que los resultados deben ser similares independientemente del método de tipificación utilizado. Mientras que la validación empírica radica en verificar si en realidad existen los tipos de sistema de finca obtenidos en la tipificación.

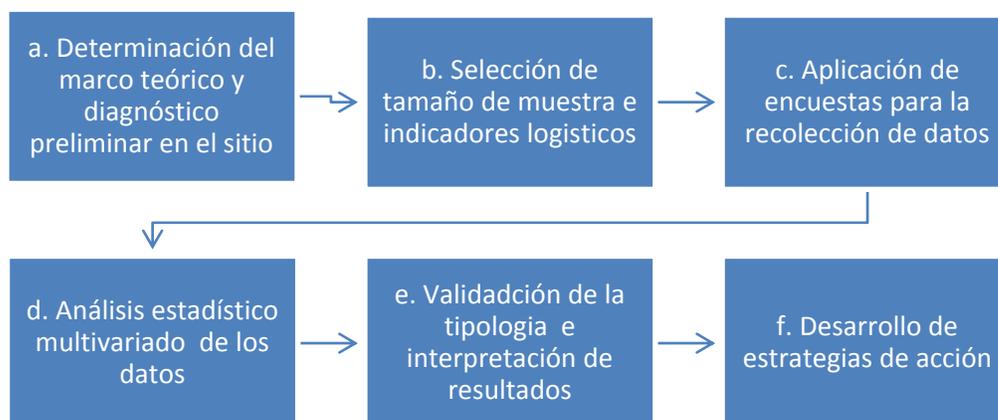
#### **f. Clasificación de nuevas fincas**

La clasificación de nuevas fincas consiste en determinar a cuál de los grupos de finca pueden pertenecer las fincas que no formaron parte de la muestra original. Con el método de análisis de discriminante se puede obtener la probabilidad de pertenencia a un determinado grupo (Escobar & Berdegué, 1990).

### 3.3 Adaptación de la metodología

La metodología antes descrita ha sido adaptada al objetivo general de este proyecto. Para ello se ha modificado los pasos b y f del modelo anterior, el primero porque que el objetivo de este proyecto es caracterizar a los agricultores por medio de indicadores logísticos; y el segundo, porque el paso final es presentar una propuesta de mejora a los agricultores. En consecuencia la metodología queda de la siguiente forma:

**Figura 4: Metodología de Análisis Multivariable Adaptado**



Fuente y elaboración propia

### 3.4 Técnicas de recolección de datos

#### 3.4.1 Recolección de información preliminar

La investigación cualitativa ayuda a comprender como funcionan las cadenas agrícolas antes de diseñar el cuestionario, y permite responder a preguntas tipo ¿Por qué?, los actores están haciendo lo que hacen; y ¿Cómo?, ellos formulan sus decisiones (Hellin & Meijer, 2006). Es otras palabras, el estudio cualitativo permite entender la lógica detrás de las decisiones de los productores y la forma como funcionan. La forma de recolectar la información es a través de entrevistas, grupos focales y encuestas exploratorias (McCarty, 2007). Por tanto, para entender cómo funciona la cadena agrícola, el diagnóstico preliminar se realizará mediante la Metodología para Análisis de Cadenas Productivas diseñada por SNV (Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo), que es de carácter cualitativo, A continuación se resume las tres fases que contiene la metodología (Van der Heyden, Camacho, Marlin, & Salazar, 2004).

#### **Fase Preliminar**

La fase inicial consiste en la preparación y delimitación del alcance del proyecto. En este nivel se escogerá uno o varios productos a analizar en base a diferentes criterios de elección. Una vez seleccionado el producto se define el objetivo, las metas y el alcance del proyecto. Además se identifica quienes serán los beneficiados en caso de que el proyecto se ejecute.

#### **Fase Central**

Esta segunda fase consiste en diseñar y definir los instrumentos y métodos generales de recolección de información. Lo que posteriormente ayudará a realizar el trabajo de campo, que básicamente consiste en convocar y visitar a los actores para obtener información. Después, es necesario mapear la cadena de suministro con todos sus eslabones y actores. Posteriormente, se ordena y se analiza la información en seis bloques: historia, entorno, actores, relaciones/organización mercado, análisis económico y financiero. A continuación la definición de los bloques

**Historia:** consiste en describir cuales son los cambios que ha habido en los últimos tiempos en lo referente a tecnología, política, actores que han aparecido o desaparecido, y como ha influenciado estos factores.

**Entorno:** consiste en estudiar como los factores han influenciado en la dinámica de la cadena como la infraestructura de vías, transporte y almacenamiento.

**Actores y relaciones:** permite identificar los actores directos (los clientes) e indirectos (transportistas) con quienes interactúa el agricultor y el tipo de relación comercial que se establece entre ellos.

**Mercado:** identifica los puntos de venta y los requerimientos y exigencias respecto a calidad del producto por parte del comprador (o intermediario).

**Análisis financiero:** consiste en obtener el ingreso e ingreso tanto del agricultor como del intermediario y determinar quien obtiene la mayor ganancia.

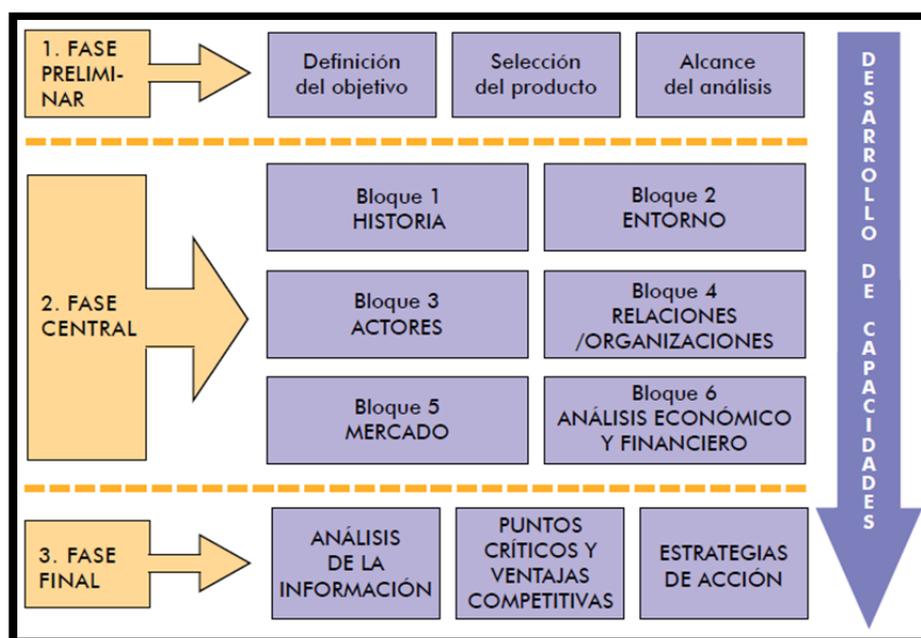
Además, en esta fase es importante también determinar en cual eslabón o nivel de la cadena se centrará la investigación. Donde el eslabón crítico puede ser por ejemplo: los agricultores, distribuidores grandes, distribuidores medianos u otros.

Cabe mencionar que es importante seleccionar el actor para el cual es crítico el eslabón.

### Fase Final

En esta fase se identifican los puntos críticos, las ventajas competitivas, estrategias y planes de acción que potencian la cadena de suministro (Van der Heyden, Camacho, Marlin, & Salazar, 2004). A continuación en la Figura 5 se presenta el esquema de la metodología propuesta por SNV:

**Figura 5: Metodología de Análisis de Cadenas Productivas**



Fuente y elaboración: (Van der Heyden, Camacho, Marlin, & Salazar, 2004).

#### 3.4.2 Diseño de encuestas

Una vez determinado las variable cuantitativas y cualitativas a medir, donde el primero responde a preguntas tipo ¿Cuántos?; y el segundo responde a las

preguntas ¿Cómo? y ¿Por qué?, el cuestionario obtendrá información de lo que los actores de la cadena de valor están haciendo. Para estos es necesario determinar una escala de medición similar, para las variables cualitativas, que pueden variar entre 1-7, 1-5, 1-9 (Múrial & Gil Saura, 1998). “Si las variables no tienen la misma escala de medición se debe proceder a una normalización de las variables que intervendrán en el análisis. Además el usuario decide qué criterio es el que seguirá para transformar la información original en las nuevas variables o factores:” (Múrial & Gil Saura, 1998). En este caso para realizar un análisis conjunto de variables cualitativas y cuantitativas se usará la técnica de Ward, mencionado en el marco teórico.

## **CAPÍTULO 4. DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LA CADENA DE SUMINISTRO DEL “FREJOL CANARIO”**

Con la finalidad de entender, de forma preliminar, la cadena de abastecimiento del “frejol canario” para el agricultor, en este capítulo se describe la localidad donde se llevará a cabo el estudio y se justifica tanto la selección de la zona de estudio así como del producto. Adicionalmente, se mapea la cadena de suministro del “frejol canario” y la información obtenida mediante encuesta a 12 agricultores se analiza por bloques.

### **4.1 Descripción de la provincia de Imbabura**

La provincia de Imbabura, se encuentra localizada en la Sierra Norte del Ecuador con una población de más de la tercera parte ubicada en zonas rurales (INEC, 2008) siendo su mayor actividad económica regional, el 28%, las labores agrarias (Chiriboga, Chehab, Salgado, Espinosa, & García, 2011). En esta provincia se encuentra el cantón Otavalo y la parroquia de Ilumán donde se llevará a cabo el proyecto, los cuales se describen a continuación.

Entre los 6 cantones que contiene Imbabura se encuentra Otavalo, ubicado al sur oriente de la provincia el cual, de Acuerdo al Censo Nacional del año 2010, tiene una población igual a 104.874 habitantes, de los cuales 65.520 viven en zonas rurales, 62, 4%. En Otavalo la actividad agrícola representa solo el 7% de la población económicamente activa, como se puede ver en la Figura 7. No obstante, en las parroquias rurales, como Ilumán la tercera parroquia rural mayormente poblada de Otavalo (Ver Figura 6), la actividad primaria es la agricultura familiar y de

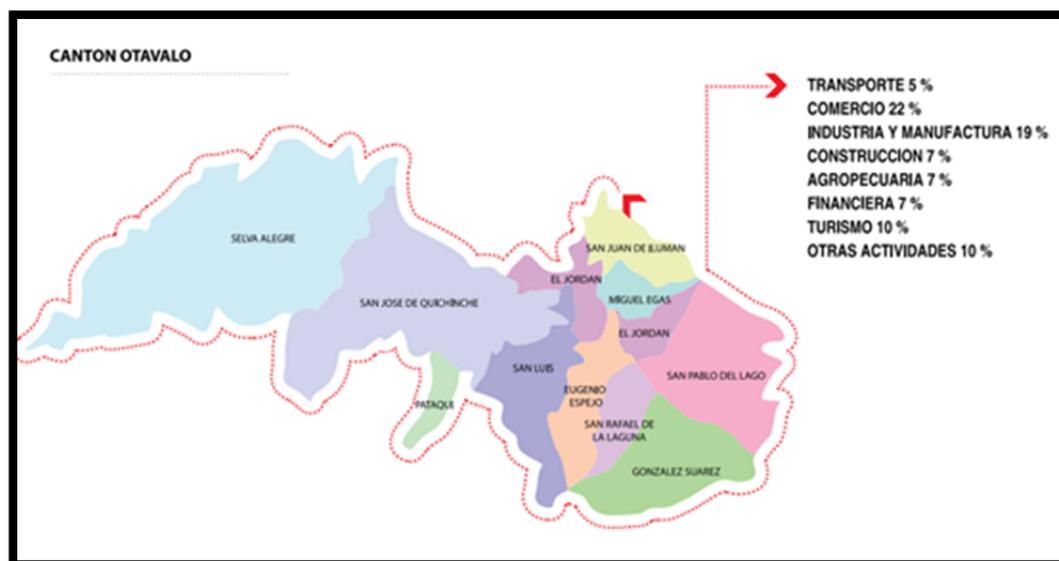
subsistencia (Santillán, Bejarano, & Villaruel, 2010). Razón por la cual el estudio se llevará a cabo en esta parroquia y también por la facilidad de acceso a información.

**Figura 6: Población rural de Otavalo**

CENSO 2010		Rural	
Parroquias	Hombre	Mujer	Total
			Rural
Otavalo	6453	6946	13399
Dr. Miguel Egas Cabezas	2344	2539	4883
Eugenio Espejo	3499	3858	7357
González Suárez	2753	2877	5630
Pataquí	128	141	269
San José de Quichinche	4142	4334	8476
San Juan de Ilumán	4186	4398	8584
San Pablo	4701	5200	9901
San Rafael	2561	2860	5421
Selva Alegre	858	742	1600
<b>TOTAL</b>	<b>31625</b>	<b>33895</b>	<b>65520</b>

Fuente y elaboración: (Santillán, Bejarano, & Villaruel, 2010).

**Figura 7: Principales actividades económicas en el cantón Otavalo**



Fuente y elaboración: (Santillán, Bejarano, & Villaruel, 2010).

#### 4.2 Zonificación y selección del producto

Antes de iniciar el diagnóstico preliminar de la cadena de frejol, se delimita la zona de estudio y se selecciona el producto a estudiar, tal como sugiere la técnica de recolección de datos desarrollados por SNV (descrito en la sección 3.4.1)

##### Zonificación

La zona donde se realiza el estudio es en la Parroquia de Illumán, perteneciente al cantón Otavalo, se puede decir que esta zona es representativa dado que se encuentra en una provincia cuyo índice de pobreza está entre el 47% y 62%, a más de ser la tercera parroquia rural mayormente poblada del cantón. Por tanto se asume que hay mayor posibilidad de encontrar personas que se dediquen a la actividad agrícola. Además, se elige esta localidad por la facilidad de acceso a

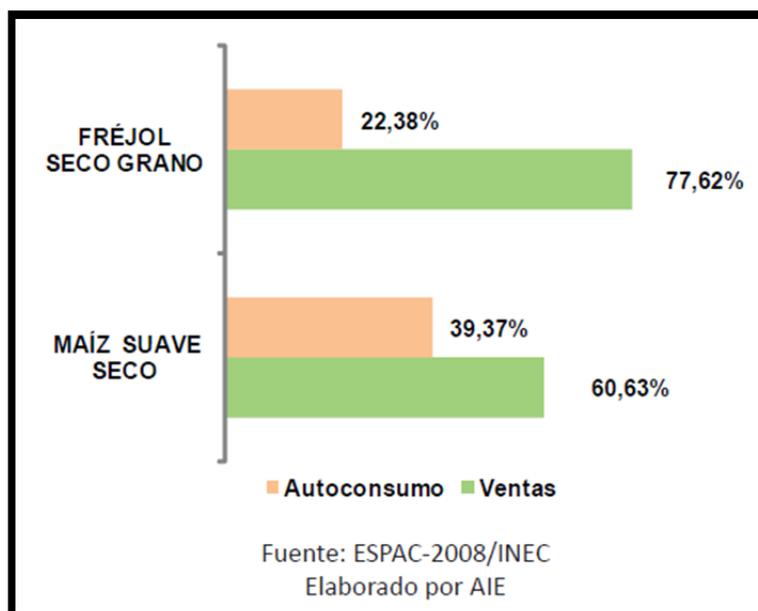
información, lo cual es un aspecto importante según RISMISP. En la Figura 6, mostrado anteriormente, se puede ilustrar la localización de la parroquia

### **Selección del producto**

La técnica desarrollada por SNV recomienda analizar un solo producto a la vez, puesto que cada uno podría seguir diferentes cadenas de suministros y la complejidad del problema aumenta, por lo tanto solo un análisis por producto permitirá comprender mejor la cadena (Van der Heyden, Camacho, Marlin, & Salazar, 2004). En consecuencia, el grano a estudiar se selecciona en base a la producción agrícola de la región y la importancia para los cultivadores.

De acuerdo a la investigación realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2008), sobre el perfil agropecuario provincial del Ecuador, los cultivos transitorios representativos de Imbabura que incluyen el 50,81% de la superficie sembrada son, el maíz suave seco (28,69% del 50,81%) y el frejol grano seco (22,12% del 50,81%). El maíz es el primer producto mayormente cultivado, y el 60,63% de su producción es destinado a la venta. En cambio, el frejol, el segundo producto más cultivado, es destinado a la venta en un 77,62% (Ver Figura 8). Como se puede ver, el frejol es el producto que más se destina a la venta (77,62% de frejol vs 60,63 de maíz).

**Figura 8: Superficie destinada de cultivos transitorios**



Bajo la suposición de que las cifras antes mencionadas, respecto al fréjol, son similares en la parroquia de Ilumán, el grano a estudiar es el fréjol grano seco, en específico, la especie denominada “fréjol canario” (Ver Figura 9). Se elige este tipo de fréjol porque según los agricultores entrevistados en el sector, éste tiene mejor precio de venta por quintal y es el más preferido por sus clientes por su sabor. Por tanto, la investigación se enfocará únicamente en los agricultores que se dedican al cultivo del “fréjol canario”.

### **Descripción del fréjol canario**

El fréjol canario es un ingrediente básico en la preparación de menestras, sobre todo en la región costa del Ecuador y sus dos particularidades son: su ciclo de cosecha una vez al año durante los meses de junio y julio, y máximo durante seis

meses el producto mantiene las cualidades de forma y color idóneos para la venta. Por tanto no es posible mantener inventario de frejol seco durante todo el año, si no en las temporadas de cosecha y máximo hasta diciembre o enero únicamente. El frejol canario que cumple las cualidades de forma y color requeridos para la venta se puede ver en la Figura 9. En cambio, el frejol que no cumple calidad al perder color y la forma se muestra en la Figura 10.

**Figura 9: Frejol canario de buena calidad**



Fuente y elaboración: (SNIGROUP, 2013)

**Figura 10: Frejol canario que no cumple calidad**



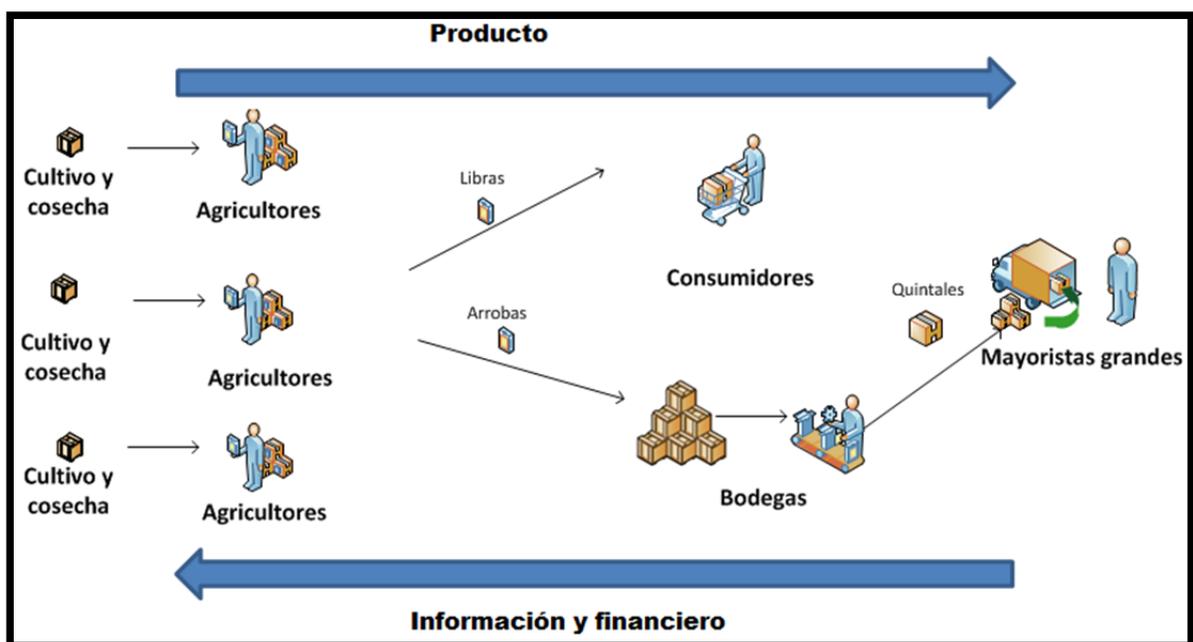
Fuente y elaboración propia

#### **4.3 Mapeo de la cadena de suministro del frejol**

Con la finalidad de entender la dinámica de la cadena de abastecimiento del frejol canario y posteriormente determinar los indicadores logísticos que caracterizan a los cultivadores de este producto, se entrevistó a 12 agricultores que se dedican a esta actividad y a una distribuidora de granos ubicada en Otavalo donde la mayoría de los sembradores venden el frejol. Mediante la información obtenida de las entrevistas se mapeo la cadena de abastecimiento que sigue el frejol, el cual incluye los tres flujos presentes entre los eslabones de toda cadena de suministro que son: información, producto y financiero (definidos en la sección 2.2). En la Figura 11 se muestra el mapeo de la cadena de suministro del frejol y sus respectivos flujos, en el cual se observa que el flujo de producto va desde el agricultor hacia las bodegas y

luego a los mayoristas grandes o de otro modo va directamente al consumidor final. El flujo de dinero inicia del consumidor hacia el cultivador, al igual que el flujo de información.

**Figura 11: Cadena de suministro del frejol canario**



Fuente y elaboración: propia

### Flujo de Producto

El flujo del frejol en la cadena de abastecimiento del agricultor inicia con la adquisición de la semilla, luego el producto es cultivado y en aproximadamente 10 u 11 meses es cosechado. Una vez terminada la cosecha, el tiempo de

almacenamiento puede variar entre uno y ochos semanas aproximadamente. Durante este tiempo los agricultores almacenan el grano en sus casas y esperan a que el grano se encuentre seco para poder realizar las actividades de limpieza y clasificación<sup>5</sup>, aunque también puede ocurrir el proceso contrario, primero la limpieza y luego el secado, todo depende de las costumbres del campesino. Después de que el producto se encuentra limpio y clasificado el cultivador tiene la opción de vender directamente al consumidor final (en mercados como La Plaza de Ponchos) o en bodegas de granos principalmente en Otavalo, por su cercanía. Por lo general, cuando la venta es directo al consumidor, que corresponde entre el 30% y 40% del total de la producción destinada a la venta, lo comercializa en unidades de libra, por el contrario si la venta es a bodegas lo vende en unidades de arroba (4 arrobas=1quintal) (de la Torre, Lema, & Quinchiguango, 2013).

En el caso de ventas a bodegas (o también denominados intermediarios<sup>6</sup>), el producto es nuevamente inspeccionado, por el comprador, respecto a los atributos de calidad como son la forma y el color natural. La bodega recepta únicamente los granos que cumplen dicha calidad requerida. En cuanto al tiempo de almacenamiento en la bodega es máximo una semana, durante este transcurso de tiempo el producto es empacado por quintales en caso de que el cliente lo solicite así, caso contrario es guardado en costales sin sellar ni pesar. Por otra parte, en lo

---

<sup>5</sup> La clasificación del frejol consiste en seleccionar los productos aptos para la venta de acuerdo a ciertos criterios de calidad que son el color y la forma. Mientras el frejol conserve su color natural y sea grande, este puede ser vendido a un mejor precio, caso contrario si el frejol es pequeño y opaco con manchas el precio de venta disminuye y es poco probable la venta.

<sup>6</sup> Es la persona o bodega de granos que compra el producto al agricultor y lo vende al consumidor final o al siguiente eslabón de la cadena

se refiere a puntos de venta para la distribuidora de granos, en temporadas de cosecha (entre junio y julio), su principal cliente, son los mayoristas grandes de la ciudad de Guayaquil en este caso la unidad de venta es por quintales. En cambio en temporadas de cultivo (entre agosto y septiembre) el distribuidor de granos vende el frejol, como semilla, a los mismos agricultores (Bodega de granos, 2013).

### **Flujo de información**

En cuanto al flujo de información entre el agricultor y el intermediario, se puede decir que es limitado, puesto que no existe transferencia de información respecto al inventario y la demanda. El agricultor está expuesto a una demanda verdaderamente incierta porque el intermediario es quien tiene la última palabra, él es quien decide cuándo, cuanto y a qué precio comprar; y el cultivador debe ajustarse a aquello. A pesar de que, existe preferencia de precios para los proveedores cuya frecuencia de venta a la bodega es mayor y que cumplen estrictamente los atributos de calidad muchas veces esto no se cumple cuando hay exceso de oferta de frejol, según a los agricultores entrevistados. Por último, el medio de comunicación entre ambos es por boca u oído y el uso de teléfonos celulares como para anticipar pedidos al agricultor es muy inusual (de la Torre, Lema, & Quinchiguango, 2013).

### **Flujo financiero:**

El flujo económico tanto con el intermediario y el consumidor final es estrictamente al contado, es decir el agricultor recibe el pago por su producto en el

mismo instante en que realiza la venta, no existe algún tipo de crédito. De la misma forma cuando el cultivador adquiere semillas en la bodega este no accede a crédito; únicamente a un descuento si el volumen de compra es grande (Bodega de granos, 2013).

#### 4.4 Análisis de información por bloques

Luego de comprender, a nivel general, la cadena de suministro del frejol, se procede a describir y a analizar de forma más detallada el eslabón comprendido por los agricultores porque, el propósito de este proyecto es caracterizar a los cultivadores más no a los intermediarios. La descripción y el análisis se realizan ordenando la información, recopilada de los agricultores, en seis bloques: historia, entorno, actores, relaciones, mercado y análisis económico; los cuales corresponden a la segunda fase de la técnica de recolección de información propuesto por SNV (sección 3.4.1):

**Historia:** Se creó una matriz de historia (Ver ANEXO 1. Bloque de historia, Tabla 13), en la cual se resume las influencias, sobre el sistema de producción del cultivador, que ha tenido los aspectos sociales, tecnológicos, acceso a financiamiento y políticas sectoriales. De esta matriz se deduce que muy pocos agricultores tienen acceso a crédito, que no poseen maquinaria como tractor, tampoco máquinas para realizar la limpieza de los granos, y la polilla y los roedores amenazan el grano almacenado en el domicilio del sembrador. Además aún no han accedido a semillas certificadas propuestas en el año 2013 por el MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). Adicionalmente, la

población que se dedica a la actividad agraria está disminuyendo, esto influenciado por la migración de los jóvenes y el envejecimiento de los ancestros (Agricultores de la parroquia de Ilumán, 2013).

**Entorno:** la matriz de entorno se puede ver en el ANEXO 2. Bloque entorno, de esta matriz se puede decir que la infraestructura de las vías en los últimos años ha mejorado, además existen cooperativas de camionetas pequeñas, taxi y buses públicos, lo cual es bueno. Los buses públicos que transportan a Otavalo pasan cerca del parque central de la parroquia de Ilumán, por lo tanto la mayoría llega a dicho sector para poder trasladarse a la ciudad. Además, este transporte pasa casi todos los días por la terminal de Otavalo, a una cuadra de La Plaza de Ponchos y a unas tres cuabras del Mercado de alimentos 24 de Mayo; a excepción de los días sábados el bus no pasa por La Plaza de Ponchos debido a la feria de artesanías en las calles. Los tres lugares de Otavalo, antes mencionados, por donde el bus pasa cerca, son puntos estratégicos donde el agricultor comercialización sus productos, al consumidor final. La Figura 12, es una foto tomada durante la encuesta que se realizó a los agricultores, e ilustra la forma en que se comercializa los granos en la Plaza de Ponchos:

**Figura 12: Venta de granos en La Plaza de Ponchos**



Fuente y elaboración: propia

En cuanto a cooperativa de camionetas que existe en la parroquia, éstas se concentran cerca del parque central y cuentan con una línea telefónica al cual el usuario puede llamar y solicitar el servicio. Adicional, cabe mencionar que el costo de transportar puede variar entre 0,25 centavos (bus), \$3,0 (taxis) y 3\$-\$6,0 (camionetas).

Por otra parte, el modo de almacenamiento de los granos es en canastos, en los altillos de las casas y a la intemperie (en el patio de la casa). La Figura 13 y Figura 14 ilustran los modos de almacenamiento:

**Figura 13: Almacenamiento de frejol en canastos**



Fuente y elaboración propia

**Figura 14: Almacenamiento de frejol en el patio**



Fuente y elaboración propia

Por último, los sembradores no poseen infraestructura para la limpieza y clasificación de los granos, razón por la cual lo realizan mediante dos métodos

tradicionales que son: desgranado y a granel. El primero consiste en que el agricultor desgrana el frejol uno por uno y al mismo instante lo clasifica. Mientras que, el segundo método consiste en primero limpiar todo el grano, poniendo en el piso y golpeando con un palo, y una vez terminado la limpieza proceder únicamente a clasificar. Se considera un método de clasificación mixta cuando parte del grano cosechado es procesado por el primer método y la otra parte por la segunda técnica. En la Figura 15 y Figura 16 se ilustran ambas técnicas de limpieza y clasificación.

**Figura 15: Método de limpieza y clasificación por desgranado**



Fuente y elaboración propia

**Figura 16: Método de clasificación a granel**



Fuente y elaboración propia

**Actores y relaciones:** en este punto se unieron los bloques tres y cuatro, puesto que, están estrechamente relacionados. En este bloque se identifica que la relación entre el cultivador e intermediario se establece cada año en las temporadas de cosecha (entre junio y julio), y el intermediario es quien tiene mayor poder de negociación y la última palabra. Por otra parte, existe una relación de cooperación entre los agricultores puesto que, entre ellos comparte información sobre los mejores puntos de venta y además comparte el pago del alquiler de maquinaria agrícola en ciertos casos (ANEXO 3. Bloque actores y relaciones).

**Mercado:** En este punto se describe sobre los requerimientos del intermediario en cuanto al producto y la cantidad. El intermediario por lo general en temporadas de cosecha demanda entre 50 y 70 quintales de frijol. El producto debe ser limpio y clasificado, caso contrario el precio de compra puede bajar, y la bodega

ya tiene una base de 60 proveedores (agricultores) fijos, quienes ya conocen los requerimientos (Bodega de granos, 2013).

**Análisis económico:** En este punto se obtuvo la utilidad que obtiene el agricultor y el intermediario. El costo de producción de quintal de frejol se obtuvo de la revista ecuatoriana El Agro (Valenzuela, 2012), y el precio de venta por quintal se obtuvo de la información proporcionada por los agricultores entrevistados, el cual varía entre \$70 y \$100 dólares por quintal (=qq) (de la Torre, Lema, & Quinchiguano, 2013). Por otra parte, el precio de venta de quintal de frejol por parte del intermediario se obtuvo de la entrevista realizada a la distribuidora de granos de la localidad de Otavalo. Por lo tanto, en las tablas de abajo se puede ver que cuando el precio está bajo el agricultor obtiene una ganancia inferior que el intermediario (\$25/qq vs \$60/qq); y aunque el precio en el mercado suba el agricultor sigue obteniendo una ganancia inferior al intermediario (\$55/qq vs \$60/qq). Esto demuestra la poca utilidad que el cultivador obtienen comparado con el intermediario; a más de que el tiempo de recuperación de la inversión del capital para cultivador es aproximadamente un año (igual al lapso de tiempo entre el cultivo y la cosecha, agosto-junio), mientras que para el intermediario es apenas de una semana (tiempo de almacenamiento).

**Tabla 1: Utilidad del agricultor**

<b>AGRICULTOR</b>			
	Unidad	Rango de precio	
		Min	Máx
Egreso	Qq	\$	45,00
Ingreso	Qq	\$ 70,00	\$ 100,00
Utilidad	Qq	\$ 25,00	\$ 55,00
% utilidad		56%	122%

**Tabla 2: Utilidad para el Intermediario**

<b>Intermediario</b>			
	Unidad	Rango de precio	
		Min	Máx
Egreso	Qq	\$ 70,00	\$ 100,00
Ingreso	Qq	\$ 130,00	\$ 160,00
Utilidad	Qq	\$ 60,00	\$ 60,00
% utilidad		86%	60%

Cabe mencionar que la utilidad obtenida anteriormente fue calculada sin considerar los gastos como transporte e inventario en el que puede incurrir el agricultor. Si se considera el gasto de transporte la utilidad por quintal disminuiría

\$0,5, centavos si el agricultor transporta en bus 1 quintal de frejol; mientras que si transporta en camioneta un quintal de frejol la utilidad puede disminuir incluso entre \$3 y \$6 dólares. Por ejemplo, la utilidad real que obtendrá el productor bajo el escenario de precio de venta mínimo y si transporta en camioneta a un costo de \$3 dólares sería \$22 ( $\$25 - \$3 = \$22$ ), en otras palabras el costo de transporte aumentaría el costo final del producto para el agricultor en un 6,25 % ( $\$3 / (\$45 + \$3)$ ).

#### 4.5 Conclusiones

- Del análisis por bloque, de la información preliminar recabada de agricultores de la parroquia de Ilumán y una bodega de granos de Otavalo, se puede deducir que la relación comercial entre los dos eslabones es a corto plazo, puesto que no hay cooperación entre ambos.
- En el eslabón de cultivadores se puede decir que los métodos de procesamiento de inventario es poco ergonómico, como se puede observar en la Figura 15 y Figura 16.
- Existe una relación de cooperación entre agricultores en lo referente a transferencia de información de precios y en ciertos casos se comparte los gastos en alquiler de maquinaria, como tractor, para la preparación de la tierra para el cultivo.
- En este diagnóstico preliminar se pudo determinar que el costo de transporte puede aumentar el costo final del quintal de frejol de \$45 a \$48, si el agricultor traslada el producto en una camioneta cuyo costo es mínimo

\$3, dicho de otro modo el costo de transporte puede incrementar en 6,25% ( $\$3 / (\$45 + \$3)$ ) el costo final de quintal de frejol.

- Se pudo demostrar que aun cuando en el mercado el precio del quintal de frejol sube la utilidad para el agricultor no incrementa significativamente, ver Tabla 1.
- El intermediario tiene la última palabra en cuanto a precio, calidad y cantidad a comprar, aunque en algunas ocasiones cuando el agricultor es conocido y cumple los criterios de calidad, el precio puede subir, pero aquello no incrementa significativamente la utilidad que obtiene el mismo.

## **CAPITULO 5. SELECCIÓN DE TAMAÑO DE MUESTRA Y VARIABLES A MEDIR**

Una vez descrita la cadena de abastecimiento para los agricultores, este capítulo realiza el tercer paso de la metodología de análisis multivariado, el mismo que consiste en determinar el tamaño de muestra y seleccionar las variables a medir, adicionalmente se diseña la encuesta para la recolección de datos.

### **5.1 Selección del tamaño de muestra**

El tamaño de muestra se determinará con la fórmula de muestreo para proporción, descrita en la sección 2.3, por consiguiente se necesita determinar el nivel de confianza, el error maestro, la proporción y el tamaño de la población. Por tanto en los siguientes párrafos se justifica la elección de cada valor.

#### **Nivel de confianza y error**

La selección del nivel de confianza y error tolerable de muestreo es una decisión difícil que depende tanto del presupuesto así como del tiempo disponible. Puesto que, a menor porcentaje de error el número de muestras aumenta significativamente y consecuentemente el costo y el tiempo se incrementan. No obstante, existen investigaciones en diferentes áreas de interés, cuya experiencia sugieren seleccionar un determinado número dentro de un rango de valores, que aseguran buenos resultados.

Por ejemplo, en el sector agrario, investigaciones realizadas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola de Guatemala, sobre la determinación del tamaño de

muestra para la validación de tecnología con agricultores de frejol, comprobaron que un error del 10% es aceptable (Reyes, 2003). También, la división de estadística del departamento de las Naciones Unidas, considera que un error de muestreo entre 5% y 10%, y con un nivel de confianza igual a 95% es un estándar para encuesta a hogares (Naciones Unidas, 2009). Asimismo, RISMISP en sus estudios de tipificación de agricultores, en los diferentes países de América del Sur, utiliza errores entre el 10% y 15% (Escobar & Berdegué, 1990). Todas estas investigaciones concuerdan que en el sector rural la ubicación geográfica entre agricultores es dispersa de modo que, se deben recorrer largas distancias para poder localizarlos y consecuentemente el tiempo y costo de cada encuesta aumentan.

Luego de conocer los rangos dentro de los cuales es factible elegir el porcentaje de error, en esta investigación se selecciona un error de 8,4% y un nivel de confianza de 95%. Adicionalmente, se elige una proporción de 0,5, la cual significa que existe el 50% de probabilidad de que la muestra seleccionada sea representativa de la población, es decir, que permite el máximo número de encuestados (Montgomery 2006).

### **Unidad de muestreo:**

Para ejecutar encuestas en el sector agrícola y de alimentación la FAO recomienda definir una unidad de muestreo por hogares<sup>7</sup>, porque dentro de un hogar pueden haber más de un miembro que se dedique al cultivo de la misma parcela de

---

<sup>7</sup> De acuerdo al INEC un hogar se define como “la unidad social conformada por una persona o grupo de personas que residen en la misma vivienda” (INEC, 2013)

tierra (FAO, 1990). Por lo tanto un hogar será la unidad para determinar el tamaño de muestra.

### **Tamaño de la población:**

La población a estudiar son los agricultores que han cultivado frejol canario en los últimos años y que poseen menor o igual a 2,2 hectáreas de terreno porque, según el INEC y MAGAP, en Imbabura los pequeños cultivadores no poseen más de 2,2 hectáreas (INEC-MAGAP, 2011). Para cuantificar la población antes descrita se multiplica el número de hogares (103.009) en Imbabura, en el año 2010, por el porcentaje de hogares que poseen unidades de producción agrícola o upas (42,3%) y por la proporción de hogares con terreno que se dedican a la producción agropecuaria (56,7%) en el año 2007.

En este punto es importante mencionar que se utilizó los valores de Imbabura puesto que no existen valores disponibles para parroquias. En cuanto a los dos porcentajes antes utilizados estos pertenecen al año 2007, dado que no existe información más reciente, entonces se asume que dichos valores se mantiene constante en el tiempo o varían muy poco.

Finalmente, al aplicar la fórmula de tamaño de muestra para una proporción y población finita se obtiene que el número de muestra es 134 hogares, esto con un nivel de confianza del 95% y un error de 8,4% de que la proporción de agricultores que se dediquen al cultivo de frejol difiera de 0,5. La Tabla 3 resume los cálculos realizados.

**Tabla 3. Determinación de tamaño de muestra**

Región	Total de personas (año 2010)	Total de hogares (año 2010)	Promedio de personas por hogar (año 2010)	Hogares con UPAS con agricultura a pequeña escala (año 2007)	Hogares que se dedican a la producción agropecuaria (año 2007)	Hogares con UPAS y que se dedican a la producción agropecuaria	n
Imbabura	397.161	103.009	3,86	42,3%	56,7%	24706	134

## 5.2 Selección de variables a medir

En esta sección se determina dos tipos de variables: cuantitativas y cualitativas, para ello se seleccionan por separado estos dos tipos, puesto que los métodos multivariados incluye técnicas específicas para cada uno de estas dos clases de variables.

### 5.2.1 Definición de Variables cuantitativas

Las variables a medir son aquellas cuyos indicadores permitan caracterizar a los agricultores bajo una perspectiva logística para de esta forma identificar oportunidades de mejora en ésta área poco estudiada. Se tiene en total 12 variables las cuales se definen a continuación:

**Cantidad de terreno:** es la cantidad de terreno que posee el agricultor y su indicador es el número de hectáreas por agricultor.

**Costo de semilla de frejol:** indica el precio de compra de semilla de frejol y su respectivo indicador es el costo de semilla por hectárea.

**Rendimiento de frejol:** se define como la cantidad de frejol vendible o comestible, que se obtiene luego de la limpieza y clasificación, cuyo indicador es quintales de frejol de buena calidad cosechados por hectárea.

**Rendimiento de maíz:** se define como la cantidad de maíz vendible o comestible, que se obtiene luego de la limpieza y clasificación, cuyo indicador es quintales de maíz de buena calidad cosechados por hectárea. Aunque el maíz no es un caso de interés en este proyecto se lo incluye únicamente con el propósito de ver si tiene influencia en la utilidad final que obtiene el agricultor.

**Granos de frejol que no cumplen calidad:** es la cantidad de frejol que no cumplen los atributos de calidad como forma y color, su indicador es quintales de frejol que no cumplen calidad por hectárea.

**Costo de inventario:** Para calcular el costo de inventario se tendrá en cuenta el costo de oportunidad, para ello se usará la tasa referencial pasiva efectiva establecida por el Banco Central del Ecuador (BCE), que es igual a 4,53% anuales o 0,37% mensuales (BCE, 2013). Esta tasa mensual será multiplicado por la variable costo de producción. El indicador de costo de inventario por hectárea y por mes, aplicando la ecuación descrita en la sección 2.2 queda de la siguiente manera:

$$h = Ic = 0,0037 * \text{costo de producción}[\$/ha * mes]$$

Donde,

*costo de producción:* es la suma total del costo de semillas, preparación de la tierra, aporque y cosecha, es decir, el capital que el cultivador invierte hasta obtener la cosecha.

**Costo de proceso:** es el costo que implica el proceso de limpieza y clasificación del frejol. Este costo se calcula al multiplicar la variable rendimiento por el número de horas-hombre que toma un quintal de dicho proceso y por el costo de una jornada laboral de ocho horas. Por tanto el indicador de esta variable es el costo de proceso por hectárea. La fórmula es la siguiente:

$$\text{Costo proceso por hectárea: } \frac{\text{Rendimiento [quintal/ha]} * \text{Tiempo de proceso [horas/quintal]}}{\text{Costo de un jornada laboral [8horas/\$]}}$$

Donde,

*Tiempo de proceso:* es la cantidad de horas que una persona se demora en realizar las actividades de limpieza y clasificación de un quintal de frejol.

*Costo de un jornada laboral :* es el costo de una jornada laboral de 8 horas. De acuerdo a los agricultores de la parroquia de Ilumán una jornada laboral de ocho horas cuesta 11\$ dólares (de la Torre, Lema, & Quinchiguango, 2013).

**Gasto total en transporte:** incluye la suma de los gastos en transporte incurridos por el agricultor en cada viaje realizado para vender el producto. El indicador es el gasto total de transporte por hectárea.

**Quintales transportados en cada viaje:** es la cantidad de frejol que transporta el agricultor cada vez que va a vender su producto. El indicador es quintales por frecuencia de venta

**Utilización de la capacidad del transporte:** se define como el espacio del transporte utilizado por el agricultor en cada viaje. El indicador es la cantidad de frejol transportado en cada viaje dividido para la capacidad máxima permitida por el vehículo.

**Cantidad de frejol destinado a la venta:** es la cantidad de frejol cosechado menos la cantidad que el cultivador no vende, ya sea porque guarda como semilla o para autoconsumo.

**Utilidad:** es la ganancia que obtiene el agrario, luego de la diferencia entre ingresos y egresos. En este caso, el ingreso está compuesto por el rendimiento del frejol y del maíz multiplicado por sus respectivos precios de venta. En cambio, el egreso está compuesto por las siguientes variables: costo de producción, costo de inventario, costo de proceso del frejol, gasto total por rubro de transporte del frejol. En este punto, es importante notar que, el egreso por rubro de producción incluye tanto el maíz como el frejol, puesto que estos son cultivos asociativos, que comparten costos durante su ciclo vegetativo. No obstante, el resto de los egresos antes señalados incluyen solamente el frejol, más los del maíz se mantienen como nullos, de tal manera el estudio se centra únicamente en el frejol y se evita que problemas de producción y distribución del maíz influyeran en la ganancia. La utilidad se obtiene de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 \text{Utilidad: } & \text{Precio venta frejol} \left[ \frac{\$}{qq} \right] * \text{Rendimiento frejol} \left[ \frac{qq}{ha} \right] \\
 & + \text{Precio venta maiz} \left[ \frac{\$}{qq} \right] * \text{Rendimiento maiz} \left[ \frac{qq}{ha} \right] \\
 & - \text{costo de producción} \left[ \frac{\$}{hectarea} \right] - \text{costo inventario} \left[ \frac{\$}{hectarea} \right] \\
 & - \text{Costo de proceso} \left[ \frac{\$}{hectarea} \right] - \text{Gasto total transporte} \left[ \frac{\$}{hectarea} \right]
 \end{aligned}$$

Las variables y sus respectivos indicadores antes definidos se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 4: Indicadores logísticos**

VARIABLE	INDICADOR
Cantidad de terreno	Hectáreas[ha] <sup>8</sup> / hogar
Costo de proceso	Costo de proceso [\\$] <sup>9</sup> / hectárea [ha]
Costo de inventario	Costo de Inventario por hectárea [ha][\\$] / [año]
Quintales transportados en cada viaje	Quintales [qq] / viaje
Utilización de capacidad del transporte	Quintales transportados [qq] / capacidad transporte [qq]

<sup>8</sup> [ha]: hectáreas

<sup>9</sup> [\\$]: Dólares Americanos

Utilidad	Utilidad [\$] / hectárea[ha]
Costo de semilla de frejol	Costo de semilla de frejol [\$] / hectárea [ha]
Rendimiento frejol	Quintales de frejol vendible [qq] / hectárea [ha]
Rendimiento maíz	Quintales de maíz vendible [qq] / hectárea [ha]
Granos de frejol que no cumplen calidad	Quintales de frejol dañados [qq] / hectárea [ha]
Cantidad de frejol destinado a la venta	Quintales de frejol destinado a la venta [qq] / hectárea [ha]
Gasto total en transporte	Gasto total transporte [\$] / hectárea [ha]

### 5.2.2 Definición de variables cualitativas

Las variables cualitativas se seleccionaron para cada uno de los tres bloques: historia, entorno, y actores-relación, puesto que se cree que dichas variables pueden describir el perfil logístico del agricultor. En la Tabla 5 se puede ver los 12 atributos cualitativos, cada una de ellos con sus respectivos niveles de calificación y puntuaciones. Por ejemplo, dentro del bloque de historia se identificará el nivel de educación del agricultor, el mismo que puede ser: sin estudio, educación básica o educación media y a estas tres categorías se les asigna una puntuación de 1, 2 y 3,

respectivamente. También en el mismo bloque se tiene el ítem dedicación del sembrador a la agricultura, el cual puede ser: dedicación exclusiva, parcial más otras actividades agropecuarias o parcial más otras actividades no agropecuarias; y las puntuaciones que se asignan a cada categoría es 1, 2 y 3, respectivamente. Esta estructura de calificación y puntuación se realizó en base a las herramientas de recolección de datos sugerido por SNV y por Smith, Moreira & Latrille (2002).

**Tabla 5: Variables cualitativas**

<b>Bloques</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
<b>Historia</b>	<b>Educación</b>	Sin estudio	1
		Básica	2
		Media	3
	<b>Dedicación a la agricultura</b>	Exclusiva	1
		Parcial + otras actividades agropecuarias	2
		Parcial + actividades no agropecuarias	3
<b>Entorno</b>	<b>Estado de vías</b>	Muy malo	1
		Malo	2
		Ni bueno ni malo	3
		Bueno	4
		Muy bueno	5

<b>Infraestructura de transporte</b>	Muy malo	1
	Malo	2
	Ni bueno ni malo	3
	Bueno	4
	Muy bueno	5
<b>Tipo de transporte</b>	Bus	1
	Taxi	2
	Camioneta	3
<b>El tiempo que se demora desde su casa hasta el punto de venta es</b>	Menos de 15 minutos	1
	Entre 15 y 30 minutos	2
	Entre 30 y 45 minutos	3
	Entre 45 y 60 minutos	4
<b>Infraestructura de comunicación</b>	Muy malo	1
	Malo	2
	Ni bueno ni malo	3
	Bueno	4
	Muy bueno	5
<b>Almacenamiento de inventario</b>	Piso	1
	Canastos	2
	Attillo	3
<b>El tiempo de</b>	1 semana	1
	2 semanas	2

	<b>almacenamiento</b>	3 semanas	3
	<b>luego de la cosecha</b>	4 semanas	4
		5 semanas	5
		más de 5 semanas	6
		<b>Limpieza</b>	Desgranado
		A granel	2
		Mixto	3
<b>Actores y Relación</b>	<b>Relación con el intermediario</b>	Muy malo	1
		Malo	2
		Ni bueno ni malo	3
		Bueno	4
		Muy bueno	5
	<b>Frecuencia de venta</b>	1 vez	1
		2 veces	2
		3 veces	3
		4 veces	4
		5 veces	5

Fuente y elaboración propia

### 5.3 Diseño de la encuesta y aleatorización de la muestra

Luego de definir las variables cualitativas y cuantitativas se procede a diseñar la encuesta, la misma que consiste de 24 preguntas (ANEXO 4. Diseño de la encuesta). Las 12 primeras incluyen preguntas referentes a las variables cualitativas

de la Tabla 5. Mientras que las 12 últimas preguntas permitirán obtener los 12 indicadores definidos en la sección 5.2.1. Esta encuesta fue realizada a 134 agricultores pequeños que hayan cultivado el frejol canario en los últimos dos años.

Por último, es importante reconocer que el muestreo no fue completamente aleatorio puesto que, aproximadamente el 30% de agricultores que fueron encuestados fueron localizados directamente en la Plaza de los Ponchos y el Mercado 24 de Mayo, quienes pudieron haber sido intermediarios pequeños de la BDP, más no agricultores. Adicionalmente, algunos de estos cultivadores pudieron haber pertenecido a una misma unidad de muestreo (hogar) y se pudo haber obtenido información repetida. Por lo tanto, al considerar la falta de aleatoriedad, los resultados y conclusiones que se obtendrán más adelante únicamente, son dirigibles al grupo de pequeños agricultores de la parroquia de Ilumán, quienes se dedican al cultivo del “frejol canario”, más no a nivel de Imbabura (Batanero & Serrano, 1995).

## **CAPITULO 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO MULTIVARIABLE DE LOS DATOS**

Una vez determinadas las variables con las cuales se pretende caracterizar a los agricultores, este capítulo analizará los ítems cuantitativos mediante el método de Análisis de Componentes Principales, mientras que los atributos cualitativos se realizarán con la técnica de Análisis de Correspondencias Múltiples. Luego de aplicar cada una de estas técnicas se extraerán factores representativos de las variables estudiadas. Finalmente, aplicando la técnica de Análisis de Conglomerados se definirá los grupos de agricultores con características u oportunidades de mejora similares dentro del grupo y diferentes entre grupos.

### **6.1 Análisis de Componentes Principales de variables cuantitativas**

#### **6.1.1 Verificación de supuestos de los datos**

Antes de iniciar el análisis de Componentes Principales (ACP), la técnica exige verificar tres supuestos de los datos que son: normalidad, linealidad y multicolinealidad. La normalidad se comprobará mediante los índices de asimetría y kurtosis; mientras que la linealidad y multicolinealidad se detectará mediante el coeficiente de correlación, como se explicó en el marco teórico. Adicionalmente, previo a los supuestos es necesario también asegurar que no existan valores atípicos multivariados que distorsionen el resultado, esto es recomendable realizar con la técnica de Mahalanobis (Pérez & Medrano, 2009). A continuación se verifica la presencia de valores atípicos y los tres supuestos requeridos con la información obtenida al realizar encuestas a 134 agricultores (Ver ANEXO 5).

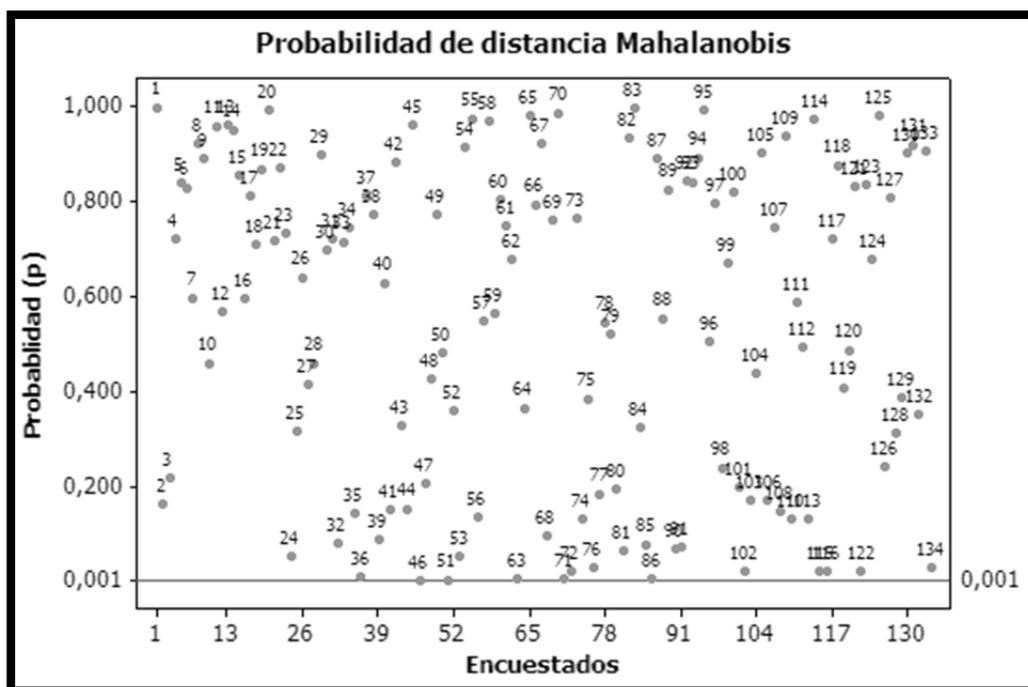
### **Detección de valores atípicos mediante la distancia de Mahalanobis**

Previo a la verificación de los supuestos se procede a la revisión de valores atípicos mediante la distancia de Mahalanobis, puesto que esta es una herramienta potente para encontrar valores extraños en un contexto multivariado como el que se tiene. Esta técnica designa como valores raros aquellos casos que superan el umbral de significación de  $p < 0,001$  (Pérez & Medrano, 2009).

Utilizando el Software estadístico SPSS 20 se obtuvo la distancia Mahalanobis y su respectiva probabilidad, en el ANEXO 5, Tabla 19. Distancia de Mahalanobis y probabilidad, se muestran los valores correspondientes, ordenados de forma ascendente, en dicha tabla se puede observar que ningún caso obtiene una probabilidad menor a 0,001, por lo tanto no existen valores atípicos.

En la Figura 17 se muestra gráficamente los valores de probabilidad vs individuo. En este punto es importante notar que los encuestados 36, 46, 51, 63, 71, y 86 se encuentran sobre la recta 0,001; no obstante estos no son considerados valores extraños puesto que su respectiva probabilidad: 0,005; 0,001; 0,001; 0,002; 0,002; 0,004; indican valores dentro del umbral, como se podrá verificar en la Tabla 19.

Figura 17: Gráfica de valores atípicos



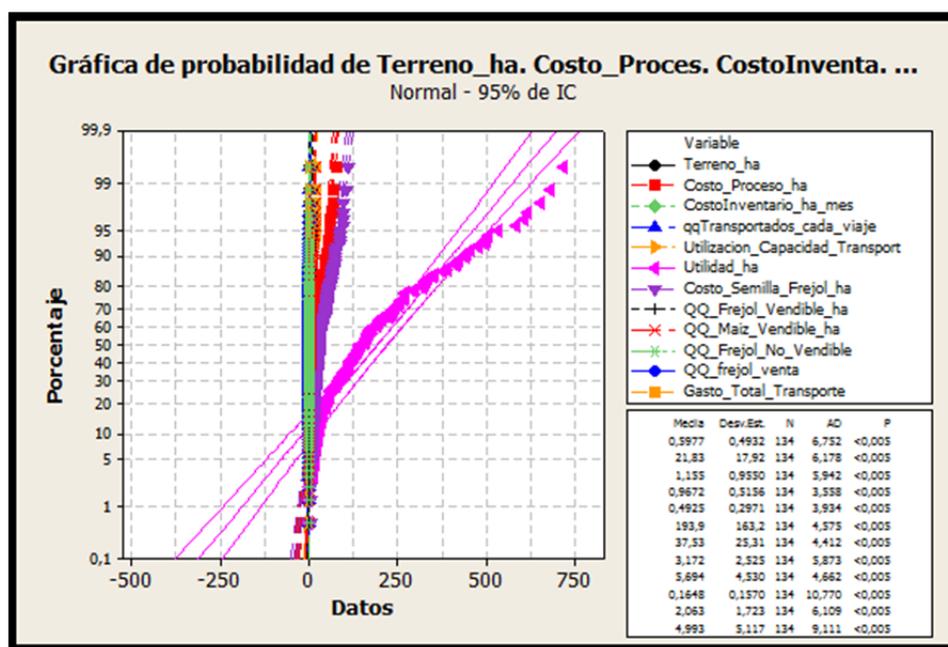
Fuente y elaboración propia

### Supuesto de normalidad

Después de comprobar que no existen valores atípicos se procede a verificar la normalidad de los datos, usando el software Minitab 16, en la Figura 18, se observa que el valor  $p$  de todas las variables es inferior a 0,05, lo que significa falta de normalidad con un nivel de confianza del 95%. Por tanto se procede a calcular los coeficientes de asimetría y kurtosis para ver qué tan desviados de la normal se encuentran los datos, ya que de acuerdo a los investigadores Pérez y Mendrano (2009) índices de asimetría y kurtosis dentro del umbral  $\pm 1,5$  indican variaciones leves de la normal y en consecuencia es factible realizar el ACP. En la Figura 19, se

puede ver que los índices de asimetría y kurtosis se encuentran dentro del umbral, por tanto se asume que los datos tienden a seguir una normal con una leve desviación.

Figura 18: Gráfica de normalidad de variables



Fuente y elaboración propia

**Figura 19: Valores de asimetría y kurtosis**

Variable	N	Asimetría	Kurtosis
Terreno_ha	134	1,31	1,32
Costo_Proceso_ha	134	1,27	0,90
CostoInventario_ha_mes	134	1,37	1,40
qqTransportados_cada_via	134	0,90	0,18
Utilizacion_Capacidad_Tr	134	0,56	-0,90
Utilidad_ha	134	1,20	0,96
Costo_Semilla_Frejol_ha	134	1,02	0,27
QQ_Frejol_Vendible_ha	134	1,20	0,72
QQ_Maiz_Vendible_ha	134	1,32	1,43
QQ_Frejol_No_Vendible	134	1,47	1,12
QQ_frejol_venta	134	1,25	0,88
Gasto_Total_Transporte	134	1,46	1,47

Fuente y elaboración propia

### **Supuesto de linealidad y multicolinealidad**

El supuesto de linealidad se verifica mediante el coeficiente de correlación, en el que valores cercanos a 1 o -1, indica que existe correlación lineal entre las variables, mientras que valores cercanos a cero revelan la no linealidad. Es importante mencionar que la comprobación de la linealidad es un supuesto estricto, dado que la desviación del patrón lineal disminuye notablemente los valores del coeficiente de correlación (Pérez & Medrano, 2009). En la Figura 20, se puede ver que cada par de variables esta correlacionado entre si dado que el valor p es significativo( $p < 0,05$ ).

Figura 20: Coeficiente de correlación

Variables		Terreno_ha	Costo_Proceso_ha	CostoInventario_ha_año	qqTransportados_cada_viaje	Utilizacion_Capacidad_Transporte	Utilidad_ha	Costo_Semilla_Frejol_ha	QQ_Frejol_Vendible_ha	QQ_Maiz_Vendible_ha	QQ_Frejol_No_Vendible	QQ_frejol_venta	Gasto_Total_Transporte
Terreno_ha	Correlación de Pearson	1	,854**	,790**	,620**	-.296**	,860**	,800**	,983**	,982**	,762**	,971**	,797**
	Sig. (bilateral)		1,000	5,000	1,000	5,000	3,000	9,000	1,000	6,000	1,000	1,000	1,000
Costo_Proceso_ha	Correlación de Pearson		1	,864**	,603**	-.292**	,823**	,829**	,890**	,871**	,810**	,891**	,776**
	Sig. (bilateral)			1,000	1,000	6,000	4,000	4,000	1,000	1,000	1,000	5,000	3,000
CostoInventario_ha_año	Correlación de Pearson			1	,607**	-.290**	,834**	,825**	,899**	,865**	,797**	,880**	,805**
	Sig. (bilateral)				8,000	6,000	1,000	4,000	2,000	6,000	1,000	9,000	1,000
qqTransportados_cada_viaje	Correlación de Pearson				1	3,000	,628**	,626**	,650**	,616**	,518**	,977**	,414**
	Sig. (bilateral)						,687	4,000	6,000	1,000	2,000	1,000	6,000
Utilizacion_Capacidad_Transporte	Correlación de Pearson					1	-.218*	-.229**	-0,78	-.277**	-.261**	-.263**	-.448**
	Sig. (bilateral)						1,000	7,000	1,000	1,000	2,000	2,000	5,000
Utilidad_ha	Correlación de Pearson						1	,801**	,874**	,886**	,630**	,895**	,692**
	Sig. (bilateral)							8,000	8,000	3,000	3,000	1,000	2,000
Costo_Semilla_Frejol_ha	Correlación de Pearson							1	,898**	,890**	,711**	,893**	,731**
	Sig. (bilateral)								5,000	1,000	6,000	1,000	1,000
QQ_Frejol_Vendible_ha	Correlación de Pearson								1	,962**	,761**	,986**	,799**
	Sig. (bilateral)									2,000	1,000	6,000	5,000
QQ_Maiz_Vendible_ha	Correlación de Pearson									1	,745**	,949**	,782**
	Sig. (bilateral)										5,000	3,000	6,000
QQ_Frejol_No_Vendible	Correlación de Pearson										1	,764**	,728**
	Sig. (bilateral)											7,000	2,000
QQ_frejol_venta	Correlación de Pearson											1	,787**
	Sig. (bilateral)												1,000
Gasto_Total_Transporte	Correlación de Pearson												1
	Sig. (bilateral)												

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).  
\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Por otra parte, el supuesto de multicolinealidad, consiste en evaluar las correlaciones elevadas entre las variables, aun cuando el método de ACP requiere que los ítems estén correlacionados; un coeficiente  $\geq 0,9$  puede ocasionar un resultado poco estable y debilitar el análisis según los investigadores Pérez y Medrano (2009). Por esta razón, se eliminan las variables QQ\_Frejol Vendible\_ha, QQ\_Maíz\_Vendible\_ha, QQ\_Frejol\_venta, ya que sus correlaciones con las demás variables es superior  $\geq 0,9$  o muy próximo a 0,9. Además, las dos primeras variables que se acaban de eliminar se pueden considerar como redundantes porque esta información está contenida dentro de la variable utilidad. Respecto al rendimiento del maíz, se lo había elegido porque este es un cultivo que coexiste con el frejol durante su ciclo vegetativo pero, se acaba de comprobar que esta variable puede incurrir a resultados inestables puesto que, éste no es un producto de estudio de este proyecto. Los ítems eliminados se encuentran resaltados con color rojo en la Figura 20.

En fin, se puede decir, que no existen valores atípicos, se cumplen los supuestos de normalidad con una leve desviación; las variables están relacionadas y se eliminan las tres variables altamente correlacionadas que pueden conducir resultados inestables, de modo que el ACP se procederá únicamente con 9 variables.

### **6.1.2 Extracción de Componentes principales**

Luego de comprobar que todos los supuestos del ACP se cumplen se procede a extraer las componentes principales usando el software SPSS 20. Los resultados

muestran que el valor KMO, o medida de adecuación muestral, es igual 0,897, en consecuencia el ACP es una buena representación de los datos. También se comprueba una vez más la presencia de relación entre variables con el determinante cuyo valor, es cero; y la prueba de Bartlett la cual es significativa<sup>10</sup>, como se puede ver en la Figura 21:

**Figura 21: Medida de adecuación muestral**

Matriz de correlaciones <sup>a</sup>		
a. Determinante = 8,250 E-006		
KMO y prueba de Bartlett		
Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,897
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	1511,928
	gl	36
	Sig.	,000

Fuente y elaboración propia

Después de comprobar que el ACP es una buena representación de los datos se procede a la extracción de componentes, en la Figura 22 se ilustra, los componentes extraídos, usando el Software SPSS 20. La figura indica que existen dos componentes principales, donde el primero y el segundo explican el 71,28% y 12,31% de la variabilidad de los datos, en total ambos explican el 83,59%. Asimismo,

<sup>10</sup> La Prueba de Bartlett significativa implica que existe correlación entre las variables, puesto que se rechaza la hipótesis nula de que la matriz de correlación es una matriz identidad.

en la Figura 23 se ilustra un resumen gráfico de la formación de factores, en dicha figura a partir del componente 2 la pendiente de la curva tiene un cambio significativo, lo que demuestra que los dos componentes contienen la mayor variabilidad de los datos.

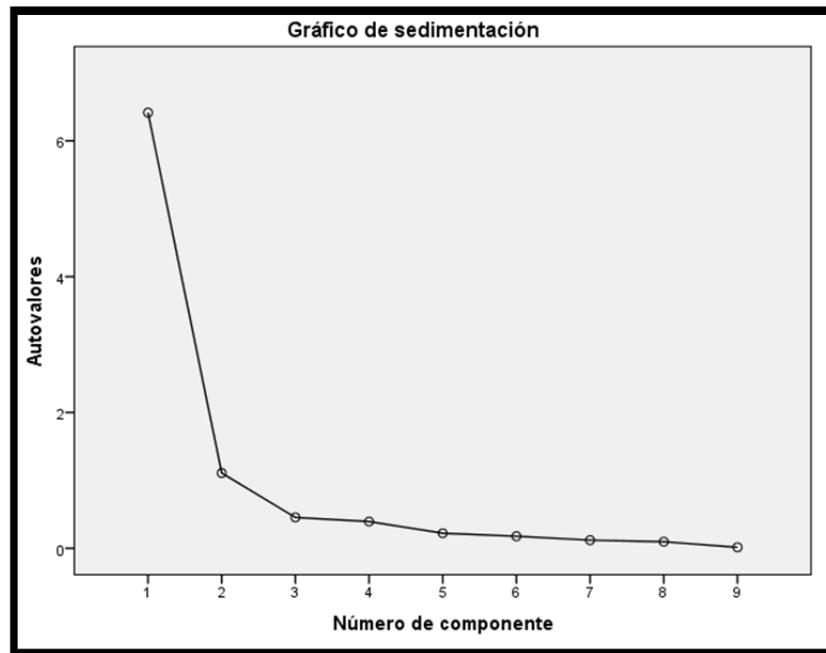
**Figura 22: Varianza total explicada por las componentes principales**

Varianza total explicada						
Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	6,415	71,281	71,281	6,415	71,281	71,281
2	1,108	12,313	83,593	1,108	12,313	83,593
3	,454	5,047	88,640			
4	,393	4,367	93,007			
5	,222	2,462	95,469			
6	,177	1,967	97,436			
7	,120	1,331	98,767			
8	,097	1,074	99,841			
9	,014	,159	100,000			

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Fuente y elaboración propia

**Figura 23: Grafica de sedimentación de los indicadores logísticos**



Fuente y elaboración propia

Conociendo que los dos componentes formados representan 83,59% de la variabilidad de los datos, el siguiente paso es identificar cuales ítems conforma dichos componentes. En la Figura 24 se ilustra las variables que incluyen cada componente, cuyos pesos están ordenados de forma descendiente y son superiores a 0,5, lo cual indica la presencia de relación de las variables con el factor. El primero incluye 8 variables, desde la cantidad de terrenos en unidades de hectárea por agricultor, hasta quintales transportados en cada viaje. Mientras que el segundo incluye una sola variable que es la utilización de la capacidad del transporte. De la misma forma se puede representar gráficamente las componentes formadas en la

Figura 25, donde las variables cuyo peso es más cercano a 1 y al eje y se incluyen en el componente 2 y viceversa para la componente 1.

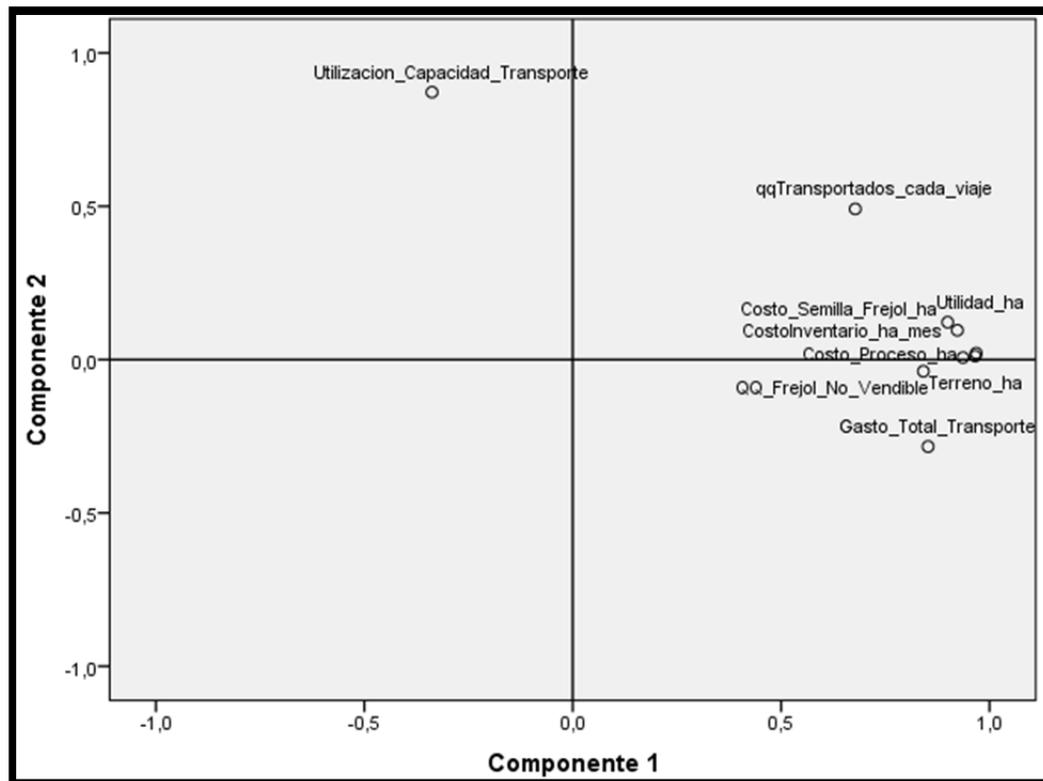
**Figura 24: Componentes representativos**

<b>Matriz de componentes<sup>a</sup></b>		
	Componente	
	1	2
Terreno_ha	,968	
CostoInventario_ha_mes	,966	
Costo_Proceso_ha	,936	
Costo_Semilla_Frejol_ha	,923	
Utilidad_ha	,900	
Gasto_Total_Transporte	,853	
QQ_Frejol_No_Vendible	,841	
qqTransportados_cada_viaje	,678	
Utilizacion_Capacidad_Transporte		,872

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

a. 2 componentes extraídos

**Figura 25: Gráfica de componentes de los indicadores logísticos**



Fuente y elaboración propia

### 6.1.3 Validación e interpretación de componentes principales

Antes de interpretar los componentes obtenidos, es importante notar que no existe una estructura clara para el segundo puesto que contiene una sola variable. En teoría la utilización de la capacidad del transporte debería estar relacionado con la cantidad de producto que lleva el agricultor en cada viaje y con el gasto que incurre por este rubro, no obstante los resultados no muestran aquello. No obstante, de acuerdo a los investigadores Escobar & Berdegué (1990), de RISMISP, es posible que resulten este tipo de incoherencias entre el resultado de ACP y el marco teórico,

es decir, componentes cuya estructura no es clara o un determinado factor con ciertas variables que no guardan coherencia con el resto de ítems que describen al factor. Cuando esto sucede el investigador puede decidir mover dicha variable a otro factor al que puede describirlo mejor, o a su vez eliminarla si no describe factor alguno. En este caso, el ítem quintales transportados en cada viaje y el gasto incurrido en transporte se moverán al segundo componente para así obtener una estructura clara. A continuación se interpreta cada componente.

### **Componente 1:**

Al mover dos ítems al segundo componente, este primero quedará comprendido únicamente por 6 variables las cuales ordenados según su grado de importancia o peso son: cantidad de terreno, costo de inventario, costo de proceso, costo de semilla, utilidad y cantidad de frejol que no cumple la calidad por hectárea. Esto significa que para un determinado grupo de cultivadores su utilidad esta mayormente influenciada más que por el costo de inventario, semilla, proceso y las pérdidas de la cosecha que el costo de transporte. En consecuencia, se puede decir que, este primer componente está relacionado con la logística de abastecimiento e inventario.

### **Componente 2:**

Este segundo factor ahora está compuesto por las variables gasto en transporte, cantidad transportado en cada viaje y utilización de la capacidad de transporte. Esto indica que para un determinado grupo de cultivadores el gasto en

traslado aumenta cuando aumenta la cantidad de producto a llevar. En consecuencia, se puede decir que este segundo componente está relacionado con la logística de transporte.

En resumen existen dos grupos de agricultores, el primero caracteriza por problemas relacionados a la logística de abastecimiento e inventario (o componente 2), y el segundo grupo de cultivadores caracterizado por problemas comunes en la logística de transporte, en la Tabla 6 se resume las componentes formadas con sus respectivos ítems luego de la validación.

**Tabla 6: Componentes extraídos**

<b>Componentes</b>	<b>Variable</b>
1	Cantidad de terreno
	Costo de inventario
	Costo de semilla de frejol
	Costo de proceso
	Utilidad
	Granos de mala calidad
2	Utilización de capacidad del transporte
	Gasto total en transporte
	Quintales transportados en cada viaje

Fuente y elaboración propia

## **6.2 Análisis de Correspondencias múltiples de variables cualitativas**

Una vez determinados los factores con las variables cuantitativas, se procede a analizar las variables cualitativas, mediante el Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) el mismo que permite escalas de tipo nominal, ordinal o binaria, y no exige ningún supuesto sobre los datos (Camardiel & Vásquez, 1997). La matriz de datos (obtenida mediante encuestas) necesaria para iniciar el análisis se puede encontrar en el ANEXO 5, Tabla 18: Datos Cualitativos. Adicionalmente, es importante mencionar que el SPSS estandariza dicha matriz de datos para obtener correlaciones transformadas y disminuir el efecto de escalas de los ítems en el resultado final. A continuación se procede a extraer los factores que forman las variables cualitativas.

### **6.2.1 Consideraciones sobre las escalas de las variables**

El ACM se lo realiza utilizando el software SPSS 20, este programa analiza todas las variables categóricas a un nivel nominal, aun cuando algunas variables pueden pertenecer a otro tipo de escala. Cuando se analiza una variable ordinal como si fuese nominal, se pierde la posibilidad de ordenar en categorías unas con respecto a las otras y sólo se puede agrupar a los individuos en categorías separadas. Sin embargo, para los propósitos de este proyecto únicamente se decidió utilizar variables nominales. Cabe recalcar que se Blalock (1986) al analizar los datos es permitido descender uno o más grados en el nivel de medición.

### 6.2.2 Extracción de dimensiones

El ACM se obtuvo utilizando el software SPSS 20. Las dimensiones (o componentes) que se obtienen son dos, como se puede ver en la Figura 26. Donde, la primera y la segunda dimensión explican el 23,26% y 19,79% de la varianza de los datos, respectivamente. Los pesos que mayormente aportan a la primera dimensión son los atributos: frecuencia de venta, dedicación al rubro agrícola por el cultivador y el tipo de transporte que utiliza para la comercialización. Mientras que, la segunda dimensión está compuesta por los atributos: niveles de estudio, método de realización de limpieza y el tiempo de almacenamiento de frejol o inventario entre la cosecha y la venta.

**Figura 26: Dimensiones del ACM**

	Dimensión		Media
	1	2	
Tiempo_Almacenamiento_sem	,084	,303	,194
Frecuencia_Venta	,496	,211	,353
Tiempo_Transporte	,137	,132	,134
Estado_Vias	,101	,172	,137
Infraestructura_Transporte	,122	,211	,166
Infraestructura_Comunicacion	,205	,184	,195
Relacion_Cliente	,438	,107	,273
Dedicacion_Rubro_Agricola	,335	,136	,235
Niveles_Estudio	,130	,435	,282
Tipo_Transporte	,414	,237	,325
Tipo_Almacenamiento	,182	,100	,141
Tipo_Limpieza	,049	,394	,222
Total activo	2,792	2,375	2,584
% de la varianza	23,269	19,795	21,532

Fuente y elaboración propia

### 6.2.3 Validación e interpretación de dimensiones

El ACM muestra dimensiones cuyos atributos guardan estrecha relación con cada componente, la primera dimensión describe la logística de transporte, mientras que la segunda comprende la logística de inventario, los cuales se interpretan a continuación.

#### **Dimensión 1:**

Esta primera dimensión explica que la frecuencia de venta del agricultor es directamente proporcional al nivel de relación comercial que mantiene con el cliente así como con el tipo de transporte que utiliza; en vista de que los pesos son positivos. En consecuencia, para un determinado grupo de sembradores, mientras mejor sea la relación con el cliente la frecuencia de venta también aumentará, y a su vez, el agricultor utilizará un transporte con mayor capacidad. Por tanto se puede decir que esta primera dimensión está relacionada con la logística de transporte.

#### **Dimensión 2:**

Esta dimensión está relacionada con la logística de inventario y la preparación académica del agricultor, puesto que incluye las variables: tipo de limpieza, el tiempo de almacenamiento del producto y el nivel de estudio del agricultor. Esto significa que para un determinado grupo de cultivadores con cierto nivel de estudio, el método de limpieza y el tiempo de almacenamiento son más eficientes que para otro grupo de sembradores.

En conclusión existen dos grupos de agricultores el primero (dimensión 1) que tiene problemas comunes relacionados con la logística de transporte; mientras que el segundo grupo tiene problemas similares relacionados con la logística de inventario y educación. En la Tabla 7 se resume las dimensiones extraídas con sus respectivas variables:

**Tabla 7: Dimensiones extraídos**

<b>Dimensión</b>	<b>Variable</b>
1	Frecuencia de venta
	Relación con el intermediario
	Tipo de transporte
2	Educación
	Limpieza
	Tiempo de almacenamiento

Fuente y elaboración propia

### 6.3 Resumen de factores cualitativos y cuantitativos

Después de obtener 2 factores cualitativos y 2 cuantitativos se procede a unir factores de ambas categorías que guarden relación para, de esta forma obtener dos grupos de agricultores caracterizados de forma cualitativa y cuantitativa. Por tanto, el componente 1 obtenido con el ACP se une con la dimensión 2 del ACM, puesto que ambos están relacionados con la logística de abastecimiento e inventario. En cambio el componente 2 obtenido con el ACP se une con la dimensión 1 del ACM, porque

los dos están relacionados con la logística de transporte. De modo que se tiene dos grupos de agricultores. La Tabla 8, resume los factores que se acaban de unir.

En cuanto a los atributos cualitativos que no formaron parte de ninguna dimensión luego del ACM, se puede decir que dichas características no influyen en producción agrícola (por ejemplo, el atributo nivel de dedicación a la agricultura).

En fin se puede concluir que existen dos grupos de agricultores el primer grupo está caracterizado por problemas comunes relacionados con la logística de abastecimiento e inventario, mientras que el segundo grupo se forma por aquellos cultivadores que tienen problemas comunes con la logística de transporte. En la siguiente sección se procede a cuantificar cuantos campesinos incluye cada grupo.

**Tabla 8. Resumen de factores extraídos**

<b>Grupo</b>	<b>Características</b>	<b>Variables cuantitativas</b>	<b>Variables cualitativas</b>
1	Logística de abastecimiento e inventario	Cantidad de terreno	Educación
		Costo de inventario	Limpieza
		Costo de semilla de frejol	Tiempo de almacenamiento
		Costo de proceso	
		Utilidad	
		Granos de mala calidad	
2	Logística de transporte	Utilización de capacidad del transporte	Frecuencia de venta
		Gasto total en transporte	Relación con el intermediario

		Quintales transportados en cada viaje	Tipo de transporte
--	--	--	--------------------

Fuente y elaboración propia

#### 6.4 Caracterización de agricultores mediante análisis de conglomerados

Una vez seleccionadas las variables que mejor describen cada factor, se procede a buscar cuantos cultivadores incluye cada uno de los grupos antes determinados y sus respectivos indicadores logísticos que diferencian cada grupo. Esto se realiza mediante la técnica de Análisis de Conglomerados (AC) de observaciones o individuos, y usando tablas mixtas puesto que, este método clasifica a los individuos considerando simultáneamente ambas clases de variables (Pacheco, Vergara, & Ligarreto, 2010).

##### 6.3.1 Análisis de tablas mixtas

El análisis de tablas mixtas es una técnica que permite estudiar simultáneamente variables cualitativas y cuantitativas. Este método fue utilizado para clasificar genotipos del maíz por Chávez, Miranda, Varela, & Fernández (2010) y se encuentra publicado en la Revista de Investigación Operacional. Este mismo método fue usado para clasificar genotipos de arveja de acuerdo a características morfológicas y agronómicas por Pacheco, Vergara & Ligarreto (2010) y fue publicada en la Red de Revistas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. En este proyecto se utilizará esta técnica para clasificar a los agricultores en dos grupos con características similares dentro del grupo, y diferentes entre grupos. Cabe recalcar

que la razón por la cual se dividen en dos grupos es por la presencia de dos factores tanto en el ACP y el ACM, lo que indica dos segmentos de campesinos.

El paso inicial para analizar tablas mixtas es obtener la distancia de Gower entre individuos, incluyendo variables cualitativas y cuantitativas simultáneamente. La distancia puede alcanzar valores entre 0 y 1, mientras más cercano a 1 sea el valor entre un determinado par de encuestados estos alcanzan mayor semejanza. Utilizando la ecuación de Gower descrito en la sección 2.4.3 se obtiene la distancia entre individuos. Es importante mencionar que en este caso no se tiene ítems binarios por tanto, en la ecuación, los valores correspondientes a dichas variables son igual a cero ( $a = 0$ ;  $p_2 = 0$ ,  $d = 0$ ), el denominador toma el valor de 15 puesto que se tiene 15 ítems en total:

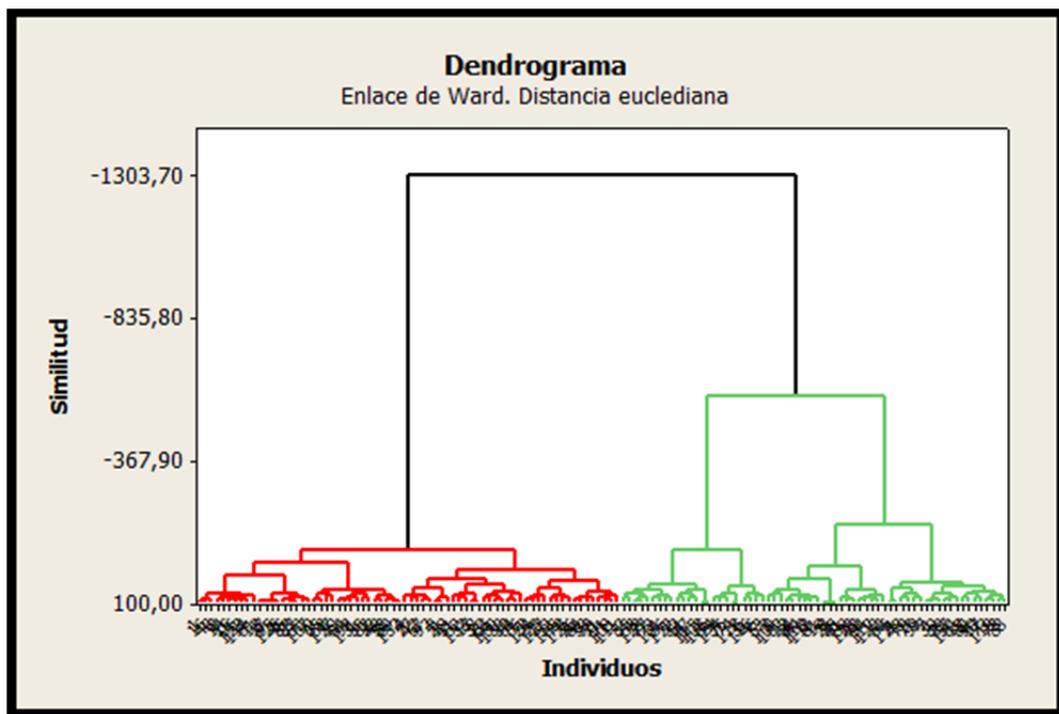
$$d_{ij}^2 = 1 - \frac{\sum_{k=1}^9 \left( \frac{|x_{ih} - x_{jh}|}{G_h} \right) + \alpha}{15}$$

La distancia de Gower entre individuos se obtuvo utilizando la tabla Excel 2010 y se puede ver en el ANEXO 7, Tabla 20: Distancia de Gower.

Una vez obtenida la distancia entre individuos se procede a obtener dos conglomerados, utilizando el Software Minitab 16. La Figura 27, muestra un resumen gráfico de los conglomerados obtenidos, los cuales son diferenciados con color rojo y el verde. El eje de ordenadas indica el nivel de similitud al cual fueron formados los grupos y el eje de abscisas muestra el número de conglomerados. Adicionalmente, en la Figura 28 se puede ver cuantos individuos contiene cada conglomerado, el

primero (color rojo) incluye 70 individuos o el 52%, en cambio el segundo conglomerado (color verde) está compuesto por 64 individuos o 48%. Finalmente, en el ANEXO 8, Tabla 21 se puede encontrar cual agricultor pertenece a cada conglomerado.

**Figura 27: Dendrograma de individuos**



Fuente y elaboración propia

**Figura 28: Partición final de conglomerados**

Partición final				
Número de conglomerados: 2				
	Número de observaciones	Dentro de la suma de cuadrados del conglomerado	Distancia promedio desde el centroide	Distancia máxima desde centroide
Conglomerado1	70	57,750	0,89604	1,25979
Conglomerado2	64	131,213	1,37284	2,44762

Fuente y elaboración propia

### 6.3.2 Cálculo de indicadores e interpretación de grupos de agricultores

Una vez clasificado a los agricultores se procede a describir cada grupo con sus características cuantitativas y cualitativas. Las tipologías cuantitativas de cada grupo se presentan mediante la mediana (o segundo cuartil), el primero y el tercer cuartil puesto que los valores son asimétricos positivos, como se pudo ver en la Figura 19: Valores de asimetría y kurtosis. Esto quiere decir que hay mayor concentración de valores pequeños que grandes, por tanto la mediana es una mejor representación del valor central de la distribución que el promedio y la desviación estándar (según investigaciones realizadas por Smith, Moreira & Latrille (2002) en la caracterización del sistema productivo lechero en una región de Chile). En cuanto a la caracterización cualitativa de cada grupo se la describe mediante porcentajes que clasifican a cada categoría.

A continuación se caracterizan a los agricultores:

#### **Grupo 1:**

- Este primer grupo incluye al 52% (67cultivadores) de los productores quienes se caracterizan porque el 50 % de ellos posee 0,2 ha, un costo de proceso igual a \$ 38.59 USD por ha, un costo de inventario mensual igual a \$ 2,02, y un costo de semilla por ha de \$85.02; como se muestra en la Tabla 9 (los ítems no marcados con color azul).
- Todos los valores antes mencionados son superiores a los del grupo 2, lo que demuestra que estos agricultores invertirían mayor capital para cultivar y cosechar una hectárea de terreno. Asimismo, se demorarían más tiempo en realizar las actividades de limpieza y clasificación, y por ende tendrían un costo de proceso mayor.
- En cuanto a la semilla, el grupo 1 lo obtiene a un precio más caro que el grupo 2; esto puede ser porque compran poca cantidad y no pueden optar por descuentos por volumen de compra.
- Respecto a la utilidad, el grupo 1 obtiene una ganancia de \$327,78 por ha, la cual es inferior solamente en 0,78 centavos a la del grupo 2. Adicionalmente, esta utilidad demuestra que el agricultor vive con \$1,82<sup>11</sup> al día, por lo tanto se puede decir que el ingreso diario se encuentra cerca de la línea de pobreza de \$2,47 diarios establecidos por el INEC en el año 2012.
- En cuanto a los descriptores cualitativos, la mayoría de ellos (30%) almacena el producto por una semana (tiempo entre la cosecha y previo a la venta). El 69% no ha estudiado y la mayoría (40%) tiene un tipo mixto de limpieza de granos, es

---

<sup>11</sup> Este ingreso de \$1,82 se obtiene por un periodo de seis meses aproximadamente, puesto que luego de ese tiempo el agricultor obtiene un nuevo ingreso por venta de frejol y maíz tierno.

decir, parte del grano lo limpia desgranando y otra parte lo realiza a granel (Ver Tabla 10, los ítems no marcados con color azul).

### **Grupo 2:**

- Este segundo grupo se caracteriza por transportar mayor cantidad de frejol cada viaje, 1,5qq; por lo tanto gastan más por rubro de transporte \$2,39 por qq. El costo más alto por dicho rubro se debe, a que el 73% de ellos alquilan camionetas para llevar los productos al punto de venta, comparado con el grupo 1 en el cual el 69% utiliza bus, puesto que este último transporta menor cantidad (0,6 qq) en cada viaje (Ver Tabla 10).
- Por otra parte, la utilización de la capacidad del vehículo es 28,1%, la cual es inferior en comparación con el grupo 1 (55,5%), ver Tabla 9 (los ítems resaltados con azul).
- En cuanto a las tipologías cualitativas el 50% frecuenta vender dos veces en la temporada de cosecha (entre junio y julio); adicionalmente, la mayoría califica al intermediario como bueno y muy bueno (30% y 27%, respectivamente); en contraste con el grupo 1, la mayoría (33%) califica la relación comercial con el intermediario como neutral (ni buena ni mala).

**Tabla 9: Resumen de indicadores logísticos por grupo de agricultores**

VARIABLE	INDICADOR	Grupo 1			Grupo 2		
		1er cuartil	2do cuartil	3er cuartil	1er cuartil	2do cuartil	3er cuartil
Cantidad de terreno	Hectáreas[ha] / hogar	0,18	0,20	0,33	0,50	1,00	1,50
Costo de proceso	Costo de proceso [\$] / hectárea [ha]	\$ 30,42	\$ 38,59	\$ 51,56	\$ 27,84	\$ 33,00	\$ 42,80
Costo de inventario	Costo de Inventario por hectárea [\$/[mes]	\$ 1,78	\$ 2,02	\$ 2,20	\$ 1,76	\$ 1,89	\$ 2,02
Utilidad	Utilidad [\$] / hectárea[ha]	\$ 241,01	\$ 327,78	\$ 338,89	\$ 255,72	\$ 328,56	\$ 397,30
Costo de semilla de frejol	Costo de semilla de frejol [\$] / hectárea [ha]	\$ 72,83	\$ 85,02	\$ 100,00	\$ 50,00	\$ 59,00	\$ 70,23
Granos de frejol que no cumplen calidad	Quintales de frejol dañados [qq] / hectárea [ha]	0,20	0,28	0,40	0,16	0,25	0,40
Quintales transportados en cada viaje	Quintales [qq] / viaje	0,50	0,60	0,83	0,99	1,15	1,59
Utilización de capacidad de transporte	Quintales transportados [qq] / capacidad transporte [qq]	32,8%	55,5%	75,0%	20,0%	28,1%	45,0%
Gasto total en transporte	Gasto total transporte [\$] / hectárea [ha]	\$ 1,00	\$ 1,25	\$ 2,50	\$ 4,75	\$ 8,00	\$ 12,00
Gasto en transporte por quintal	Gasto transporte [\$] / quintal [qq]	\$ 1,24	\$ 1,73	\$ 2,50	\$ 1,48	\$ 2,39	\$ 3,36

Fuente y elaboración propia

**Tabla 10: Resumen atributos por grupo de agricultores**

Grupo	Tiempo_almacenamiento_sem	Niveles_estudio	Tipo_Limpieza	Frecuencia_vent	Relacion_cliente	Tipo_transporte						
Grupo 1	1 sem	30%	Sin estudio	69%	Desgranado	37%	1 vez	76%	M malo	24%	Bus	69%
	2 sem	27%	Básica	23%	A granel	23%	2 veces	14%	Malo	23%	Taxi	21%
	3 sem	19%	Media	9%	Mixto	40%	3 veces	9%	Ni malo, ni bueno	33%	Camioneta	10%
	4 sem	13%					4 veces	1%	Bueno	19%		
	5 sem	1%					5 veces	0%	M bueno	1%		
	Otro	10%										
Grupo 2	1 sem	19%	Sin estudio	30%	Desgranado	31%	1 vez	9%	M malo	3%	Bus	13%
	2 sem	22%	Básica	52%	A granel	48%	2 veces	50%	Malo	16%	Taxi	14%
	3 sem	23%	Media	19%	Mixto	20%	3 veces	14%	Ni malo, ni bueno	22%	Camioneta	73%
	4 sem	16%					4 veces	11%	Bueno	33%		
	5 sem	8%					5 veces	16%	M bueno	27%		
	Otro	13%										

Fuente y elaboración propia

### 6.3.3 Oportunidades de mejora identificadas

Mediante las técnicas de Análisis Multivariado se obtienen dos grupos de agricultores con características similares dentro del grupo, y diferentes entre grupos. El primero, se caracteriza por ser agricultores significativamente pequeños (poseen 0,2 ha) quienes presentan oportunidades de mejora en abastecimiento de semilla e inventario puesto que el costo para sembrar la misma hectárea de terreno supera al del grupo 2, y los procesos de limpieza-clasificación son más caros. Este último hecho lleva a pensar que el método de clasificación mixta no es eficiente por que los agricultores que procesan de esta forma elevan su costo, en contraste con el método de limpieza a granel que parece ser más eficiente puesto que la mayoría del grupo 2 (48%) que utiliza este método tiene un costo de proceso inferior.

Por otra parte, el cantidad de compra influye el costo final de la semilla, puesto que existen descuentos por volumen, a los cuales el cultivador del grupo 1 no puede acceder porque posee poca cantidad de terreno (0,2 ha). Esto también explica que la relación con el intermediario sea calificada entre malo y neutral por la mayoría de cultivadores del grupo 1 (23% y 33%, respectivamente). Estos costos altos se podrían mejorar con el apoyo de Instituciones Públicas como el INAP y el MAGAP, quienes proveen semillas certificadas y capacitación a los pequeños agricultores.

En cambio el grupo 2, se caracteriza por estar conformado por cultivadores que poseen más cantidad de tierra (1 ha), cuya oportunidad de mejora es principalmente el costo de transporte. Un costo más alto por dicho rubro esta

explicado por el tipo de vehículo (camionetas) que deben elegir dado que, la cantidad que trasladan en cada viaje excede el permitido por los buses (1 qq máximo). Donde, el costo por concepto de transporte (camionetas) que debe incurrir es entre \$3 y \$6 cada viaje, en comparación con el grupo 1 que utiliza el bus (0,25 centavos). En cuanto al uso de la capacidad de transporte, el grupo 2 no puede aprovechar al máximo dicha capacidad, puesto que solo transportan 1,5 quintales por viaje, mientras que la camioneta permite llevar hasta 5 y 8 quintales. Por lo tanto, este grupo, al compartir gastos de transporte con otros cultivadores podría reducir el costo por traslado que está pagando actualmente.

Por otro lado, es importante mencionar que pese a las diferencias en costos y gastos incurridos entre ambos grupos, la utilidad final difiere únicamente en 0,78 centavos. Esto significa que el ahorro en el que incurre el segundo grupo por concepto de volumen de compra de semilla y proceso, se compensa con el costo superior que debe pagar por transporte. Mientras que para el primero el ahorro incurrido por transporte se compensa por el costo más alto que deben pagar por semilla y procesamiento. Por lo tanto ambos grupos demandan soluciones a necesidades específicas.

Por último, es importante mencionar que, si su punto de venta sigue siendo el intermediario la utilidad no incrementará significativamente aun cuando se mejoren los problemas antes mencionados, puesto que el intermediario es quien se lleva la mayor utilidad como se demostró en Tabla 1: Utilidad del agricultor y Tabla 2: Utilidad para el Intermediario. En consecuencia, las oportunidades de mejora antes descritas,

junto con la búsqueda de mercados alternativos o venta directa al consumidor, podrían mejorar aún más la utilidad final que el cultivador obtiene. Razones por las cuales este estudio se enfocará en presentar una solución al problema de transporte del grupo dos.

## **CAPITULO 7. PROPUESTA DE RECOLECCIÓN**

En base a las oportunidades de mejora antes identificadas, en este capítulo, se desarrolla una propuesta de recolección dirigida a los agricultores que conforman el segundo grupo. Para ello, en primer lugar se justifica la propuesta, luego se obtiene un mapa de localización de los agricultores y se calcula las distancias para poder determinar la ruta óptima mediante el método del agente viajero con distancias asimétricas. Finalmente, se obtiene el ahorro por rubro de transporte en dos escenarios.

### **7. 1 Justificación de la propuesta de recolección**

En el capítulo anterior se identificó la presencia de dos grupos de agricultores que necesitan mejorar. No obstante, por el alcance de este proyecto las soluciones se dirigen únicamente al segundo grupo, cuyo problema es el costo de transporte. Cabe resaltar que no se elige el primer grupo puesto que ya existe un proyecto de tesis en el sector agrario, desarrollado por Ochoa y Salcedo (2013), quienes diseñan una estación de trabajo para mejorar el problema de ineficiencia en las actividades de clasificación y limpieza de granos. Después de las consideraciones anteriores, el objetivo de esta propuesta es reducir el gasto por concepto de transporte que incurren los agricultores, al crear asociatividad entre ellos y compartir gastos mediante el uso de una sola flota.

### **7. 2 Descripción del problema de recolección**

El problema que se tiene es encontrar un recorrido óptimo de modo que un transporte pase una sola vez por cada agricultor recogiendo los quintales de frejol y

finalmente llegue al punto de venta. Para ello se va a considerar la terminal de Otavalo como el punto de partida y destino del vehículo, puesto que este es el lugar más cercano a los diferentes sitios donde el cultivador puede comercializar como: la Plaza de los Ponchos, las distribuidoras de granos y las ferias solidarias<sup>12</sup>. Además, no se escoge los puntos de venta anteriormente mencionados puesto que, los agricultores comercializan el producto los días sábados y este día, en los alrededores de la bodega y mercado, el ingreso de transporte de carga es restringido por la feria de artesanías y granos. Adicionalmente, en la terminal de Otavalo existe mayor oferta de transporte de carga por ende el costo es más competente que en la parroquia de Ilumán, motivo por el cual resultaría más económico que el vehículo inicie su recorrido desde esta ciudad.

En este punto es importante indicar que el horario en el cual los cultivadores comercializan los días sábados puede variar no obstante, dado que las ferias inician a partir de las ocho de la mañana, al igual que las bodegas abren sus puertas a dicha hora, los agricultores buscan llegar a primera hora a los puntos de venta.

### **7. 3 Justificación del modelo del Agente viajero para el problema de recolección**

En base a la situación antes descrita se cree que el Problema del Agente Viajero Asimétrico es adecuado para encontrar la ruta mínima de recolección. Puesto que se requiere un transporte que inicie su recorrido desde la terminal de Otavalo,

---

<sup>12</sup> Las ferias solidarias son mercados donde el cultivador puede vender su producto a un precio justo y directamente al consumidor final. En Otavalo esta feria se localiza en la ciudadela Imbaya a unos 2,5 Km de la terminal de Otavalo.

visite una sola vez a cada agricultor, y regresa nuevamente al punto de partida u origen. Además, se considera un problema asimétrico porque algunas vías tienen una sola dirección, sobre todo en barrios cercanos al centro de la parroquia, en consecuencia la distancia o el costo de visitar del cultivador  $i$  al cultivador  $j$  no es la misma que de  $j$  a  $i$ . Para ello, primero se resuelve el modelo del agente con restricciones relajadas y luego mediante la heurística de corrección se obtiene el circuito Hamiltoniano (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004).

Por último, es importante mencionar que este modelo supone que la capacidad de la flota es infinita, no obstante se puede obtener buenos resultados en problemas reales con gran cantidad de variables y tiempo y presupuesto limitado.

## **7.4 Determinación de la ruta de recolección**

### **7.4.1 Mapa de localidades**

Una vez identificado el problema y el método a utilizar para encontrar la ruta mínima de recorrido, el siguiente paso es obtener las distancias entre agricultores, asumiendo que el costo es proporcional a la distancia a recorrer. Para ello del Municipio de Otavalo se obtuvo el último mapa (año 2011), del cantón Otavalo, el cual incluye las parroquias rurales. El mapa se muestra en el ANEXO 9. Dado que el plano se consiguió en AutoCAD se utilizó esta herramienta y se trazó ejes verticales y horizontales en el punto de origen, que es la terminal de Otavalo. De esta forma se pudo ubicar a los agricultores dentro de un plano coordenado y se determinó las coordenadas cartesianas para cada uno de los 64 campesinos. Finalmente se calculó la distancia euclidiana entre agricultores, puesto que ésta es la que mejor

representa las calles. Las distancias en unidades de Km se muestran en el ANEXO11, Tabla 22: Distancia euclidiana entre agricultores, donde el nodo uno es la terminal de Otavalo y del nodo 1-64 representa a los agricultores.

#### 7.4.2 Modelo del Agente viajero con restricciones relajadas

Luego de obtener la distancia se utiliza la ecuación del problema del agente viajero con restricciones relajadas descrito en el marco teórico:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=0}^{64} \sum_{j=0}^{64} c_{ij} x_{ij}$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_{i=0}^{64} x_{ij} = 1$$

$$\sum_{j=0}^{64} x_{ij} = 1$$

$$\sum_{i=0}^{64} x_{ij} = 1$$

$$x_{ij} \in 0, 1$$

Para  $x_{ij} = 1$  si se incluye el arco entre el agricultor  $i$  y  $j$ , caso contrario 0

El costo  $c_{ij} = 1$ , toma valor de 1 porque que se asume un costo de transporte proporcional a la distancia recorrida.

La solución del problema se obtuvo utilizando el software Lindo6.0 y el resultado se ubica en el ANEXO 11. En la Tabla 11, se puede ver los sub-circuitos

obtenidos, en total se formaron 5 sub-circuitos con una distancia igual a 15,78 km.

Un ejemplo del sub-circuito 2 se muestra en la Figura 29:

**Tabla 11: Resultado del agente viajero con restricciones relajadas**

SubCircuito Nro.	Subcircuitos	Nro. De arcos	Z	Subcircuitos
C1	{(X0X33), (X33X31), (X31X32), (X32X34), (X34X60), (X60X56), (X56X62), (X62X15), (X15X2), (X2X6), (X6X27), (X27X8), (X8X10), (X10X11), (X11X14), (X14X41), (X41X9), (X9X25), (X25X24), (X24X12), (X12X7), (X7X13), (X13X18), (X18X17), (X17X20), (X20X3), (X3X57), (X57X5), (X5X19), (X19X4), (X4X51), (X51X64), (X64X16), (X16X40), (X40X23), (X23X1), (X1X28), (X28X35), (X35X30), (X30X29), (X29X0) }	41	15,78	5
C2	{(X21X36), (X36X37), (X37X38), (X38X26), (X26X22), (X22X21)}	6		
C3	{(X39X42), (X42X43), (X43X44), (X44X39)}	4		
C4	{(X45X46), (X46X54), (X54X47), (X47X50), (X50X52), (X52X53), (X53X48), (X48X49), (X49X55), (X55X45)}	10		
C5	{(X58X61), (X61X59), (X59X63), (X63X58)}	4		

Fuente y elaboración propia

**Figura 29: Ejemplo del sub-circuito 2**



Fuente y elaboración propia

La solución obtenida en la Tabla 11, muestra que los sub-circuitos se forman entre barrios por ejemplo, el sub-circuito 2 (C2) de la Figura 29, incluye a los agricultores del Barrio denominado Ilumán Alto, mientras que el sub-circuito 3 une a los barrios cercanos al centro de la parroquia, en cambio el circuito cuatro une al barrio llamado Ilumán bajo. Por último el punto cero (terminal de Otavalo) se une con el barrio, Rancho Chico, porque este es el menos lejano a Otavalo.

#### 7.4.3 Heurística de corrección

Después de encontrar la solución preliminar se inicia a unir los 5 sub-circuitos mediante la heurística de corrección descrito en la sección 2.2. Para ello se empezó uniendo los sub-circuitos con mayor número de arcos, tal como sugiere el método. El orden en que se unieron los sub-circuitos fue: 1-4-2-5-3 y las iteraciones realizadas se muestran en el ANEXO 12. Finalmente, la solución se obtuvo luego de cuatro iteraciones y con una distancia de recorrido igual a 16,23 Km.

A continuación se calcula la desviación de la solución inicial:

$$\text{Desviación de la solución inicial: } 100 * \frac{16,23\text{Km} - 15,78\text{Km}}{15,78\text{Km}} = 2,85\%$$

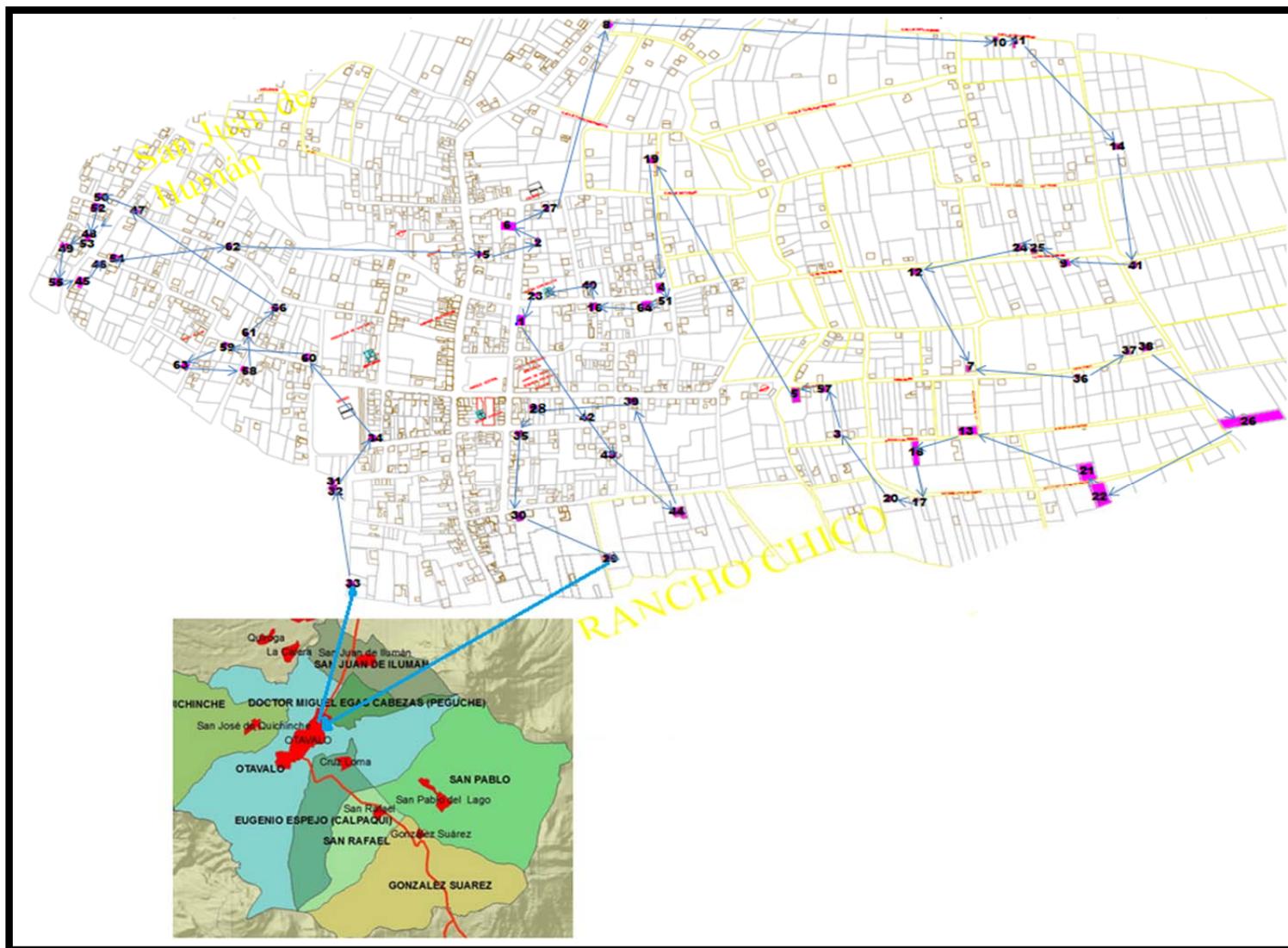
De acuerdo a Ghiani, Laporte & Musmano (2004), la desviación tolerable se encuentra dentro en el rango de 1% a 30%, por lo que se acepta la solución obtenida

#### 7.4.4 Ruta final de recolección

Luego de aplicar el modelo del agente viajero asimétrico y la heurística de corrección se obtiene la ruta de menor distancia igual a 16,23 Km, y un recorrido como el que se muestra en la Figura 30. Siendo el punto de partida la terminal de

Otavalo, los primeros agricultores a visitar los que se encuentran en la zona baja del barrio Rancho Chico, y los últimos los del sector alto del mismo barrio.

**Figura 30: Ruta final de recolección de quintales de frejol**



Fuente: (Gobierno Municipal de Otavalo, 2013) y elaboración propia.

### 7.5 Ahorro del costo de transporte

Después de obtener la ruta mínima, en esta sección se analiza el ahorro que el agricultor obtendrá si opta por este medio de transporte. Las alternativas que se tienen es comprar un vehículo o rentar. La primera opción se descarta porque el frejol es un producto temporal y no resulta factible invertir en un vehículo a usar únicamente en temporadas de cosecha (dos meses) cada año. Por ende, se evalúa la alternativa de rentar un vehículo. Para ello se presentó los puntos de recolección a transportistas de la ciudad de Otavalo, quienes poseen un vehículo de 10 toneladas de capacidad, similar al de la Figura 31, y se averiguó que el costo puede variar entre \$50 y \$80 por cada recorrido.

**Figura 31: Camión de carga**



Conociendo el rango del costo de alquilar el vehículo, más no un precio exacto, se obtiene el ahorro por quintal usando el mínimo y el máximo de dicho costo. Para ello se calcula un costo de transporte proporcional a la cantidad de frejol que el agricultor quiera llevar. Además, de la Tabla 9 se conoce que el

cultivador transporta hasta 1,5 quintales (tercer cuartil) cada viaje y se tiene 64 agricultores, se cree que si todos los agricultores llevan dicha cantidad en cada recorrido en total habría que transportar 96 quintales de frejol. De modo que, si el rubro por transporte es \$50 por recorrido el costo por transportar un quintal de frejol sería 0,52 centavos, a su vez el agricultor debe gastar 0,50 centavos; adicionales para él llegar desde la Parroquia de Ilumán hasta Otavalo y regresar de nuevo a la casa, por ende se tiene un costo total de \$1,02 por quintal. Esto restando a los \$2,39 que actualmente está gastando el agricultor para trasladar un quintal, se tiene un ahorro de \$1,37 dólares por quintal de frejol; en otras palabras ahorraría el 57% por concepto de transporte. En la Tabla 12 se muestra el ahorro obtenido. También, bajo el mismo razonamiento se obtiene un ahorro de \$1,06 por quintal si el precio por transporte es \$80.

**Tabla 12: Ahorro por rubro de transporte por quintal**

Rubro	Mínimo	Máximo
Costo del camión	\$ 50,00	\$ 80,00
Costo/qq	\$ 0,52	\$ 0,83
Pasaje del agricultor	\$ 0,50	\$ 0,50
Costo total por qq	\$ 1,02	\$ 1,33
Gasto actual en transporte por qq	\$ 2,39	\$ 2,39
Ahorro	\$ 1,37	\$ 1,06
% ahorro	57%	44%

Fuente y elaboración propia

## CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8. 1 Conclusiones

- La BdP en el Ecuador se localiza principalmente en zonas rurales y su actividad económica es la agricultura familiar y a pequeña escala.
- En el Ecuador, los agricultores pequeños han sido estudiados principalmente por el sector público y ONG´s y su principal objetivo ha sido evitar las condiciones inequitativas en las que comercializan los cultivadores.
- Pese a que Imbabura es una provincia caracterizada por su riqueza natural y su actividad agropecuaria, la incidencia de pobreza es significativa.
- Las principales dificultades para realizar estudios cuantitativos en el sector agrícola son obtener información confiable, localizar a los cultivadores y el uso de lenguajes en las encuestas.
- El “frejol canario” seco es un producto que se cosecha una vez al año y el tiempo máximo durante el cual conserva su condición de calidad para la venta es de 6 meses aproximadamente. Razones por las cuales no es posible tener un inventario de producto durante todo el año si no únicamente en las temporadas de cosecha (2 meses) y máximo unos 4 meses después.
- Mediante el Análisis de Componentes Principales se pudo determinar que existen dos componentes que explican el 83,14%% de la variabilidad de los datos, estos componentes caracterizan a los agricultores en dos factores: la logística de abastecimiento e inventario y la logística de transporte.
- Mediante el análisis de Correspondencias Múltiples se encontró que las dimensiones que caracterizan a los agricultores de forma cualitativa también están relacionadas con la logística de inventario y de transporte.

- Mediante el Análisis de Conglomerados se identificó que el primer grupo de agricultores está conformado por 70 sembradores, quienes se caracteriza porque son agricultores muy pequeños (poseen 0,2 hectáreas), cuya pequeña cantidad de compra de semilla limita la posibilidad de recibir descuentos por volumen.
- Asimismo se identificó que el grupo 1 se caracteriza porque tiene un costo proceso de clasificación y limpieza de \$38,59 por hectárea, lo cual es más caro comparado con el grupo 2, \$33 por hectárea.
- Por su parte el grupo 1 de agricultores se caracteriza porque el 69% de ellos no ha estudiado y el tiempo de almacenamiento de frejol luego de la cosecha es entre 1 (30%) y 2 semanas (27%).
- A su vez se identifica que el grupo 1 utiliza un proceso de limpieza mixto lo cual resulta en un costo de proceso más alto comparado con el segundo grupo, quienes realizan la limpieza y clasificación mediante el método a granel. Esto lleva a pensar que es más eficiente realizar la limpieza por el método a granel.
- Por otra parte el grupo 2 se conforma por 64 agricultores quienes se caracterizan porque son más eficientes en cuanto al costo de proceso y semilla, no obstante ellos pagan \$2,39 para transportar un quintal de frejol, mientras que el grupo 1 paga menos \$1,73 por quintal.
- Además, el 73% del segundo grupo utiliza camioneta para trasladarse razón por la cual la utilización de la capacidad del vehículo es apenas el 28,1%, en comparación con el grupo dos donde el 69% se traslada en bus.

- También el grupo 2 se caracteriza porque el 50% frecuenta a vender su producto dos veces durante la temporada de cosecha, en cambio el 76% del grupo uno vende solo una vez en la temporada de cosecha, esto es porque tienen menor cantidad de terreno.
- En cuanto a la relación comercial con el cliente el 33% del grupo 2 califica como bueno al cliente, no obstante los del grupo uno el 33% califica como ni bueno ni malo. Esto otras palabras los agricultores con mayor posesión de terreno tienen mejor relación con el cliente que los sembradores pequeños.
- En cuanto a la diferencia en la utilidad entre los dos grupos, es apenas de 0,7 centavos la cual demuestra que ambos grupos presentan oportunidades de mejora.
- Respecto a las variables cualitativas que fueron eliminados en el ACM se puede decir que dichas variables son similares en ambos grupos. Por ejemplo, la variable estado de vías, la cual no fue considerada por el ACM en la formación, dado que en los últimos años las carreteras y los caminos han mejorado.
- Adicionalmente, la variable nivel de dedicación del sembrador a la actividad agrícola no es influyente, mas bien su nivel de estudio determina la eficiencia en el proceso de limpieza, puesto que el primer grupo, conformado por muy pocas personas que han entrado a la escuela, obtuvo un costo de proceso mas elevado que el grupo 2.
- Este estudio identificó que el gasto de transporte incurrido por el grupo 2 puede reducirse al compartir dicho gasto con otros agricultores. Para ello se diseñó una ruta de recolección, se determinó la distancia más económica y se obtuvo el ahorro por gasto de transporte.

- La ruta de recolección inicia su recorrido desde la terminal de Otavalo, luego pasa por 64 localidades, donde los agricultores se encuentran ubicados, y regresa al punto de partida para iniciar la descarga y entregar el producto a los dueños.
- Mediante el método del agente viajero asimétrico y, usando la heurística de corrección, se determinó que la ruta de menor costo y que pasa por 64 puntos es igual a 16,23km.
- El agricultor puede ahorrar entre \$1,06 y \$1,37 por quintal de frejol, lo cual significa un ahorro del 57% si opta por este medio de transporte propuesto.

## **8. 2 Recomendaciones**

- Se recomienda aplicar esta propuesta puesto que, a más de ahorrar costos de transporte, conduce a la formación de asociación de agricultores; la cual es uno de los requisitos para participar en los Negocios Inclusivos impulsados por el gobierno.
- Es recomendable que el transportista a prestar el servicio llegue a la terminal de Otavalo, con los productos, al menos una hora antes de las 8am de los días sábados, puesto que la feria inicia a partir de las 8 de la mañana. De este modo el agricultor podrá coger su producto y llegar a la feria a primera hora.
- Para la utilización del medio de transporte propuesto es necesario que el agricultor coloque sobre el costal su nombre y la cantidad de frejol que lleva, para que de esta forma el cultivador pueda coger su costal y no exista confusión con la de otros agricultores, al momento de la descarga en la terminal.

- Adicionalmente, se podría realizar un estudio más detallado sobre el aprovisionamiento de semilla para los agricultores del grupo 1. En este punto sería recomendable realizar proyectos junto con el INIAP, puesto que esta institución provee a los pequeños agricultores semillas certificadas y a precios económicos.
- Por otra parte, se recomienda realizar un muestreo aleatorio para que las conclusiones de la investigación se puedan generalizar a la población de agricultores que se dedican al cultivo del “frejol canario”.
- Por último, al realizar el Análisis de Correspondencias Múltiples, se recomienda considerar las propiedades nominales u ordinales que posee cada variable cualitativa.

## Bibliografía

- Agricultores de la parroquia de Ilumán. (2013). Entrevista sobre la producción agropecuaria. (L. Otavalo, Entrevistador)
- ALADI. (Febrero de 2009). Obtenido de Fortalecimiento de cadenas del mapa logístico y productivo del Ecuador asistencia técnica y capacitación: [http://www.aladi.org/nsfaladi/estudios.nsf/976268b0319cf31c032574a300528c83/d4b359866da1aa190325788e006a8bad/\\$FILE/14-10.pdf](http://www.aladi.org/nsfaladi/estudios.nsf/976268b0319cf31c032574a300528c83/d4b359866da1aa190325788e006a8bad/$FILE/14-10.pdf)
- Avila, p., Muñoz, B., & Rivera, B. (2000). *Tipificación de los sistemas de producción agropecuaria en la zona de influencia del programa UNIR (Caldas)*. Colombia: Programa UNIR, Departamento de Sistemas de Producción.
- Batista, R., Coutin, R., Feal, O., Gonzáles, D., & Rodríguez. (2002). Guía para la realización del proceso de estratificación epidemiológica. *Revista Cubana de Salud Pública*.
- BCE. (2012). *Reporte de Pobreza, Desigualdad y Mercado Laboral*. Quito: Banco Central del Ecuador.
- BCE. (2013). *Tasa de interés*. Obtenido de <http://www.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>
- Berdegú, J., & Nazif, I. (1989). Sistemas de Producción Campesinos. En J. Berdegú, M. Díaz, R. García, I. Nazif, & X. Quezada, *Marco conceptual para el análisis y evaluación de sistemas de producción campesino* (págs. 139-154). Santiago de Chile: Grupo de Investigaciones Agrarias.

- Bodega de granos. (11 de Septiembre de 2013). Entrevista a Bodega de Granos X. (L. Otavalo, Entrevistador)
- Camacho, P., Marlin, C., & Zambrano, C. (2005). Obtenido de Estudio regional sobre factores de éxito de empresas asociativas rurales: [http://www.ruralfinance.org/fileadmin/templates/rflc/documents/1185554797019\\_emars2006\\_3.pdf](http://www.ruralfinance.org/fileadmin/templates/rflc/documents/1185554797019_emars2006_3.pdf)
- Camardiel, A., & Vásquez, M. (1997). Una estrategia multivariante para el estudio de la pobreza. *Revista Venezolana de Análisis de Conyuntura*, 146-160.
- Castellanos, A. (2009). *Manual de la gestión logística del transporte y la distribución de mercancías*. Barranquilla: Ediciones Uninorte.
- Castellanos, O., Torres, L., & Domínguez, K. (2009). *Manual metodológico para la definición de agendas de investigación y desarrollo tecnológico en cadenas productivas agroindustriales*. Bogota: Giro Editores Ltda.
- Chávez, D., Miranda, I., Varela, M., & Fernández, L. (2010). Utilización del análisis cluster con variables mixtas en la selección de genotipos de maíz. *Revista de investigación operacional*, VOL., 30, No. 3, 209-216.
- Chehab, C., Salgado, V., Espinosa, G., & García, S. (2011). *Agendas para la Transformación Productiva Territorial: Provincia de Cotopaxi*.
- Chiriboga, M., & Wallis, B. (2010). *Diagnóstico de la Pobreza Rural en el Ecuador y Respuesta de Política Pública*. Quito: Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural.

- Chiriboga, M., Chehab, C., Salgado, V., Espinosa, G., & García, S. (2011). *Agendas para la transformación territorial: Provincia de Imbabura*. Imbabura: Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro*. México: Prentice Hall.
- de la Fuente, S. (2011). *Análisis de correspondencias simples y múltiples*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- de la Torre, J. M., Lema, A., & Quinchiguango, G. (6 de Junio de 2013). Entrevista a agricultores de Iluman. (L. Otavalo, Entrevistador)
- Escobar, G., & Berdegué, J. (1990). *Tipificación de sistemas de producción agrícola*. Santiago de Chile: Rimisp.
- FAO. (1990). *Metodo de muestreo para las encuestas agrícolas*. Roma: FAO.
- FAO. (2013). *Sistemas de producción agropecuaria y pobreza*. Obtenido de [http://www.fao.org/farmingsystems/description\\_es.htm](http://www.fao.org/farmingsystems/description_es.htm)
- Galarza, O., Lacroix, P., & Taïpe, D. (2012). *Inclusión de los pequeños productores en las compras públicas*. Cuenca: AVSF.
- Gastal, E., Pignau, J., & Tonina, T. (1989). *Transferencia de Tecnología Agropecuaria*. Venezuela: IICA Biblioteca.
- Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2004). *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*. England: Jhon Wiley Sons Ltd.

Gobierno Municipal de Otavalo. (16 de Noviembre de 2013). Planos del Cantón Otavalo. Otavalo.

Guisande, C., Barreiro, A., Maneiro, I., Riveriro, I., Vergara, A., & Vaamonde, A. (2006). *Tratameinto de los datos*. España: Ediciones Díaz de santos.

Hart, R. (1985). *Conceptos básicos sobre agroecosistemas*. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Hart, R. (1985). *La finca como un sistema*. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Hellin, J., & Meijer, M. (noviembre de 2006). *Lineamientos para el análisis de cadena*. Obtenido de FAO.org: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/esa/LISFAME/Documents/Ecuador/Guia\\_Cadena\\_Valor.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/esa/LISFAME/Documents/Ecuador/Guia_Cadena_Valor.pdf)

Heredia, N., & Gutiérrez, A. (s.f.). *Gerencia de compras: la nueva estrategia competitiva*. Ecoe Ediciones.

Hillier, F., & Lieberman, G. (2006). *Introducción a la investigación de operaciones*. México: McGraw-Hill.

Ickis, J., Leguizamón, F., Metzger, M., & Flores, J. (2009). La agroindustria: campo fértil para los negocios inclusivos. *Revista Latinoamericana de Administración*, 107-124.

INE. (2011). *Informe de Calidad de los Datos*. Instituto Nacional de Estadística de Chile.

- INEC. (2008). *Perfil agropecuario provincial del Ecuador*. Quito: Talleres gráficos del INEC.
- INEC. (2010). *Censo nacional de población y vivienda*. Quito: INEC.
- INEC. (2011). *Visualizador de Control ESPAC*. Obtenido de [www.inec.gob.ec](http://www.inec.gob.ec)
- INEC. (2013). *Reporte de pobreza por ingresos*. Quito: INEC.
- INEC, & MAG-SICA. (2002). *Tercer Censo Nacional Agropecuario: Resultados Nacionales y Provinciales*. Quito: INEC; MAG-SICA.
- INEC-MAGAP. (2011). *Agendas para la transformación productiva territorial: Provincia de Imbabura*. INEC.
- INIAP. (2011). *INIAP define oferta tecnológica para nuevo quinquenio*. Obtenido de [http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com\\_content&view=article&id=850:iniap-define-oferta-tecnologica-para-nuevo-quinquenio&catid=3:roller&Itemid=345](http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=850:iniap-define-oferta-tecnologica-para-nuevo-quinquenio&catid=3:roller&Itemid=345)
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (1991). Metodología estadística para la caracterización de fincas de cuyes. *Turrialba Revista Interamericana de Ciencias Agrícolas*, 15-22.
- León, A., Rojas, C., & González, R. (2007). *Estudio del perfil del docente de educación básica: un análisis factorial*. Venezuela: Comisión de desarrollo de pregrado y consejo de publicaciones de la Universidad de los Andes.

- León, C., & Barrera, H. (2003). *Métodos bio-matemáticos para el análisis de sistemas agropecuarios en el Ecuador*. Quito: INIAP.
- Lévy, J., & Mallou, J. (2006). *Modelización con estructuras de covarianzas en Ciencias Sociales: temas esenciales, avanzados y aportaciones especiales*. España: Gesbiblo S.L.
- Llamazares, F., & Berumen, S. (2011). *Los métodos de decisión multicriterio y su aplicación al análisis del desarrollo local: Aplicación de un caso en los municipios de la Comunidad Autónoma de Castilla y León*. Madrid: ESIC Business & Marketing School.
- London, T., & Hart, S. (2010). *Next generation business strategies for the base of the pyramid: New approaches for building mutual values*. FTPress.
- MAGAP. (2000). *Censos y Encuestas*. Obtenido de <http://servicios.agricultura.gob.ec/sinagap/index.php/terminos-y-abreviaturas?showall=&start=5>
- MAGAP. (2012). *Frejol seco: superficie de producción y rendimiento a nivel provincial*. MAGAP.
- Mancero, L. (febrero de 2007). *Estudio de la cadena de papa*. Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/es/esa/lisfame/CadenaPapaEcuFinalEspa%F1ol.pdf>
- McCarty, Y. (2007). *El mercadeo para las microfinanzas*. Women's World Banking.
- Meyers, F., & Stephens, M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales* (3 era ed.). México: Pearson Prentice Hall.

- Millán, A., & D'Aubeterre, M. (2012). Propiedades psicométricas del Maslach Burnout Inventory-GS en una muestra multiocupacional venezolana. *Revista de Psicología*, vol.30 no.1.
- Ministerio de Inclusión Económica y Social. (17 de 04 de 2013). Obtenido de En Cotopaxi se construyen seis Centros Infantiles del Buen Vivir: <http://www.inclusion.gob.ec/en-cotopaxi-se-construyen-seis-centros-infantiles-del-buen-vivir/>
- Minitab. (2012). Ejemplo de conglomerado de variables.
- Montgomery, D. (2006). *Control estadístico de la calidad*. México: Limusa Wiley.
- Morán, M., Arce, J., & Louman, B. (2006). *Uso de principios, criterios e indicadores para monitorear y evaluar las acciones y efectos de políticas en el manejo de los recursos naturales Miroslava Morán Montaña*. CATIE.
- Múrial, J., & Gil Saura, R. (1998). *Preparación, tabulación y análisis de encuestas para directivos*. Madrid: Escuela Superior de Gestión Comercial y Marketing (ESIC).
- Mutis, J., & Enric, J. (30 de abril de 2008). Innovación en modelos de negocio: La Base de la Pirámide como campo de experimentación. *Universia Business Review*, págs. 10-27.
- Naciones Unidas. (2009). Diseño de muestras para encuesta de hogares: directrices prácticas. *Asuntos económicos y sociales de la secretaria de las Naciones Unidas*, pág. Serieo N.98.

- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. México: McGraw-Hill.
- Noboa, F. (2011). "Estrategia para la base de la piramide: Reflexiones para Ecuador". *Konyuntura* Nro 22, Año3.
- Pacheco, A., Vergara, C., & Ligarreto, A. (2010). Clasificación de 42 Líneas Mejoradas de Arveja (*Pisum sativum* L.) por Caracteres Morfológicos y Comportamiento Agronómico. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal* , 5543-5553.
- Pacifictel S.A. (s.f.). *Manual de almacenamiento y operación de bodegas*.  
Obtenido de [http://www.pacifictel.net/transparencia/docs/manual\\_almacenamiento\\_bodega.pdf](http://www.pacifictel.net/transparencia/docs/manual_almacenamiento_bodega.pdf)
- Parra, J. (1996). Modelo de análisis de correspondencias múltiples. *Revista de Ciencias Sociales, FCES, Nueva Época*, 183-195.
- Pedroza , H., & Dicovskyi, L. (2006). *Sistema de análisis estadísticos con SPSS*. Venezuela: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Pérez, E., & Medrano, L. (2009). Análisis Factorial Exploratorio: Bases Conceptuales y Metodológicas. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, Vol. 2, N°1, 58-66.

- Porter, M., & Kramer, M. (January-February de 2011). Creating Shared Value: How to reinvent capitalism—and unleash a wave of innovation and growth. *Harvard Business Review*, págs. 1-17.
- Prahalad, C., & Stuart, L. (2002). The Fortune at the Bottom of the Pyramide. *Strategy Business*.
- Qualitas AgroConsultores. (2010). *Programa Nacional de Negocios Rurales Inclusivos: diseño de programa de desarrollo de proveedores y fomento a la asociatividad*. Santiago de Chile: Qualitas AgroConsultores.
- Ramirez, E. (abril-junio de 2011). *Negocios Inclusivos: ¿Emprendimiento responsable o negocio rentable?* Obtenido de [http://www.espae.espol.edu.ec/images/documentos/publicaciones/publicaciones\\_medios/emprendimientoresponsableonegociorentable.pdf](http://www.espae.espol.edu.ec/images/documentos/publicaciones/publicaciones_medios/emprendimientoresponsableonegociorentable.pdf)
- Ramos, S., & Espinel, R. (2002). *Diseño de la muestra maestra para el sistema integrado de la encuesta de hogares del INEC-Ecuador*. Quito: INEC.
- Reyes, M. (2003). *Determinación del tamaño de muestra para la validación de tecnología con agricultores: el caso de las variedades mejoradas de frijol en el suroriente de Guatemala*. Villa Nueva: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola de Guatemala.
- Rodríguez , M., Sabria, F., & Sánchez, P. (2008). *La Cadena de Suministro en la Base de la Pirámide*. Navarra, España: IESE Business School.
- Rodríguez, A., & Ruiz, R. (2010). The effect of asymmetry on traveling salesman. *European Journal of Operational Research*, 89(1):108–126.

- Santillán, G., Bejarano, C., & Villaruel, P. (2010). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Otavalo*. Otavalo: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Otavalo.
- Schuschny, A., & Soto, H. (2009). Guía metodológica diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*, 46-47.
- Serrano, R. (2003). *Introducción al análisis de datos experimentales: tratamiento de datos en bioensayos*. Universitat Jaume.
- Smith , R., Moreira, V., & Latrille, L. (septiembre de 2002). Caracterización de sistemas productivos lecheros en la X región de Chile mediante análisis multivariable. *Agricultura técnica*, págs. 62(3), 375-395.
- SNIGROUP. (02 de diciembre de 2013). *Frijol Canario*. Obtenido de [http://www.osnigroup.com/pagina/index.php?option=com\\_content&view=article&id=121&Itemid=255](http://www.osnigroup.com/pagina/index.php?option=com_content&view=article&id=121&Itemid=255)
- SPSS. (2011). Tutorial de SPSS.
- Stevenson, W. (2009). Supply Chain Management. En W. Stevenson, *Operations Management* (págs. 511-545). Boston Burr Rigde: McGraw-Hill.
- Universidad de Alicante. (8 de abril de 2011). *Grupo de Perología Aplicada*. Obtenido de Análisis Multivariante con SPSS. Reducción de Datos: Análisis de Componentes Principales y Factorial.: <http://web.ua.es/es/lpa/docencia/practicas-analisis-exploratorio-de-datos->

con-spss/practica-5-analisis-multivariante-con-spss-reduccion-de-datos-analisis-de-componentes-principales-y-factorial.html

Valenzuela, G. (2012). Frejol para climas desfavorables. *El Agro*.

Van der Heyden, D., Camacho, P., Marlin, C., & Salazar, M. (Junio de 2004).

Obtenido de Guía Metodológica para Análisis de Cadenas Productivas:

[http://www.econegociosagricolas.com/ena/files/guia\\_para\\_el\\_analisis\\_de\\_cadenas\\_productivas\\_-\\_snv\\_2004.pdf](http://www.econegociosagricolas.com/ena/files/guia_para_el_analisis_de_cadenas_productivas_-_snv_2004.pdf)

Villaroel, L., Alvarez, J., & Maldonado, D. (2003). Aplicación del análisis de componentes principales en el desarrollo de productos. *Proyecto Centro de Estadística Aplicada – CESA Convenio CIUF-UMSS*, págs. 1-8.

Wan, T. (2002). *Evidence-Based Health Care Management: Multivariate Modeling Approaches*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Bloque de historia

Tabla 13. Bloque de historia para los agricultores

HISTORIA		
CRITERIO	DESCRIPCIÓN	INFLUENCIA
<b>Tecnología</b>	No poseen maquinaria agrícola, como tractor, limpiadora de granos, empacador	El proceso de limpieza y clasificación se realiza de manera tradicional lo cual es poco ergonómico para la persona que realiza esta actividad
<b>Créditos</b>	Algunos agricultores acceden a crédito principalmente en cooperativas locales, sin embargo el capital es destinado a otras actividades como producción de artesanías o para el consumo	Capacidad de exacción y diversificación, lleva a alquilar tierras
<b>Política sectorial</b>	El MAGAP incluyó, en el programa nacional de mejoramiento de la productividad, la entrega de semilla certificada	No tuvo ninguna influencia en la localidad puesto que, aún no ha habido agricultores que han accedido a este

	de alto rendimiento a los pequeños agricultores.	programa
<b>Cambios climáticos</b>	En los últimos años ha habido prolongado tiempo de escasas de lluvia y por tiempos cortos exceso de lluvia	Esto ha afectado el rendimiento del cultivo y ocasionado pérdidas
<b>Plagas</b>	Polilla, gorgojo, raedores	La polilla y los raedores también ocasionan pérdidas
<b>Evolución social</b>	Migración, envejecimiento de la población agricultora, cambio de ocupaciones por la población joven	En los últimos tiempos la población que se dedicada a la agricultura ha ido disminuyendo y la actividad agrícola ha sido reemplazada por otras actividades como el comercio de artesanías

## ANEXO 2. Bloque entorno

Tabla 14: Bloque de historia para los agricultores

ENTORNO		
CRITERIO	DESCRIPCIÓN	INFLUENCIA

<b>Infraestructura de vías</b>	<p>En el año 2012 se ampliaron los carriles donde transitan los buses interprovinciales y se asfaltaron las vías intercantonales y la mayoría de las calles son adoquinadas. Además, existen cooperativas de camionetas “SANJUIL”, cooperativa de taxis “COTATURIS”, y la compañía de bus “IMABURAPAK CHURIMI KANCHIK”</p>	<p>El transporte es más cómodo y rápido. Las camionetas permiten llevar mayor volumen de producto y su costo varía entre 3-6\$ dependiendo de la distancia y el volumen. El bus cuesta 0.25ctv, pero la capacidad para llevar carga es restringida.</p>
<b>Infraestructura de riego</b>	<p>No existen infraestructuras de riego, la única forma de riego son las acequias, pero únicamente para los agricultores que tienen su terreno cerca de la acequia</p>	<p>Este hecho en temporadas de escases de lluvia ocasioné pérdidas en los producción</p>
<b>Infraestructura de</b>	<p>El frejol es almacenado en</p>	<p>Los granos de frejol</p>

<b>almacenamiento</b>	la vivienda del agricultor, y existen tres modos de almacenamiento, en canastos, en los sobrados de las casas y a la intemperie	almacenados a la intemperie se exponen a gorgojos y roedores
-----------------------	--	---

### ANEXO 3. Bloque actores y relaciones

Tabla 15: Bloque de actores y entorno para los agricultores

ACTORES		
ACTORES	CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
Productores/ agricultores	Relación con el siguiente eslabón	se crea una relación de compra y venta únicamente en la temporada de cosecha ( entre junio y julio)
	Beneficio	La utilidad que obtiene el agricultor es inferior en comparación con la del intermediario. El agricultor obtiene mayor ganancia cuando vende directamente al consumidor final
	Frecuencia de venta	La frecuencia de venta varía entre 1-3 veces y se da por lo general en las épocas de cosecha ( entre junio y julio)

	Poder de negociación	El intermediario es quién tiene la última palabra, por lo tanto el productor no tiene poder de negociación.
	Modo de transporte	El productor es quien lleva el producto al punto de venta, para ello utiliza ya se camionetas o bus, esto depende de la cantidad de producto a transportar.
	Organización	A veces hay intercambio de información entre los mismos agricultores respecto al precio de venta y los puntos de venta con mejor pago. También cuando tienen parcelas de tierra vecinas , comparten el pago al tractor a alquilar, para la preparación de la tierra para el cultivo

## ANEXO 4. Diseño de la encuesta

Tabla 16: Diseño de encuesta

ESTIMADO ENCUESTADO SEÑALE LA OPCIÓN QUE MEJOR DESCRIBE LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA QUE REALIZA Y SU FORMACIÓN:		
PREGUNTAS	OPCIÓN	RESPUESTA
Usted se dedica a la agricultura de forma:	Exclusiva	
	Parcial + otras actividades agropecuarias	
Su nivel de estudios es:	Sin estudio	
	Básica (o primaria)	
	Media (o secundaria)	
Usted almacena el frejol:	A la aire libre	
	En Canastos	
	En el altillo de la casa	
La limpieza del frejol lo realiza mediante el método de:	Desgranado	
	A granel	
	Mixto	
El tiempo que almacena los granos luego de la cosecha es:	1 semana	
	2 semanas	
	3 semanas	
	4 semanas	
	5 semanas más de 5 semanas	
El tipo de transporte que usa para llevar sus productos al punto de venta es:	Bus	
	Taxi	
	Camioneta	
El tiempo que se demora desde su casa hasta el punto de venta es:	Menos de 15 minutos	
	Entre 15 y 30 minutos	
	Entre 30 y 45 minutos Entre 45 y 60 minutos	
En temporadas de cosecha sale a vender sus productos:	1 vez	
	2 veces	
	3 veces	
	4 veces	
	5 veces	

CALIFIQUE LO SIGUIENTE COMO MEJOR LO CONSIDERE:

PREGUNTAS	OPCIÓN	RESPUESTA
Considera que el estado de las vías son:	Muy malo	

	Malo	
	Ni bueno ni malo	
	Bueno	
	Muy bueno	
	Muy malo	
	Malo	
Considera que la infraestructura de transporte es:	Ni bueno ni malo	
	Bueno	
	Muy bueno	
	Muy malo	
	Malo	
Considera que la infraestructura de comunicación es:	Ni bueno ni malo	
	Bueno	
	Muy bueno	
	Muy malo	
	Malo	
Considera que la relación con su cliente es:	Ni bueno ni malo	
	Bueno	
	Muy bueno	

RESPONDA LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

PREGUNTAS	RESPUESTA
¿Qué cantidad de terreno posee?	
¿Cuánto le cuesta obtener la semilla de frejol para cultivar su terreno?	
¿Cuánto gasta en total desde la preparación de la tierra hasta la cosecha?	
¿Qué cantidad de frejol cosechado es vendible o comestible?	
¿Qué cantidad de frejol no es ni vendible ni comestible?	
¿Qué cantidad de maíz cosechado es vendible o comestible?	
¿Cuánto tiempo una persona se demora en realizar las actividades de limpieza y clasificación de un quintal de frejol?	
¿Qué cantidad de frejol destina a la venta?	
¿Cuánto en total gasta en transporte para llevar su producto al punto de venta?	
¿Cuántos quintales le permite transportar el vehículo que utiliza para llevar su producto al punto de venta?	
¿En promedio a cuánto vende cada quintal de frejol?	
¿En promedio a cuánto vende cada quintal de maíz?	

## ANEXO 5. Ejecución de encuestas

Tabla 17: Datos cuantitativos

Nro.	Terre no_h_a	Costo_Proces_o_h_a	CostoVentari o_h_a_a	qqTranso rtao_s_cada_viaje	Utilizaci on_Cap acidad_ Transpo rte	Utilidad ha	Costo_S emilla_ Frejol_ ha	QQ_M aiz_Ve ndible_ ha	QQ_Fre jol_V endeble_ ha	QQ_Fr ejoL_V enda	Gasto_ Total_ Transpo rte	Nro.	Terre no_h_a	Costo_Proces_o_h_a	CostoVentari o_h_a_a	qqTranso rtao_s_cada_viaje	Utilizaci on_Cap acidad_ Transpo rte	Utilidad ha	Costo_S emilla_ Frejol_ ha	QQ_M aiz_Ve ndible_ ha	QQ_Fre jol_V endeble_ ha	QQ_Fr ejoL_V enda	Gasto_ Total_ Transpo rte		
1	0.09	5.16	2.04	0.50	0.50	21.17	7.00	0.75	0.50	0.05	0.5	1	68	0.35	12.38	10.87	2.00	1.00	172.47	35.00	2.25	4.00	0.13	2	3
2	1.50	46.41	30.35	1.83	0.18	619.07	70.00	7.50	15.00	0.30	5.5	12	69	0.20	6.67	5.44	0.70	0.70	127.48	20.00	0.97	3.00	0.05	0.7	3
3	1.00	51.39	25.82	2.00	0.40	243.96	77.00	5.75	7.25	0.20	4	5	70	0.25	8.25	6.34	0.50	0.50	87.22	25.00	1.50	2.50	0.08	1	1.5
4	0.09	4.13	2.27	0.50	0.50	36.69	8.00	0.60	0.75	0.05	0.5	0.5	71	0.50	28.19	14.50	1.25	1.25	207.23	35.00	5.19	3.33	0.10	3.75	4
5	0.08	3.09	2.27	0.50	0.25	24.97	12.00	0.75	0.75	0.06	0.5	0.5	72	1.00	48.98	21.74	0.60	0.12	326.21	70.00	4.75	8.00	0.50	3	18
6	0.50	20.63	11.10	1.50	0.75	165.45	27.00	2.50	5.25	0.25	1.5	3	73	0.50	20.63	10.78	1.00	1.00	194.48	30.00	3.00	5.13	0.20	2	2
7	0.50	11.15	11.78	1.00	1.00	172.37	27.00	2.95	4.00	0.25	2	1	74	2.00	55.00	47.57	1.30	0.16	390.48	75.00	10.00	18.00	0.61	6.5	20
8	0.25	10.52	5.98	1.00	1.00	133.48	26.25	1.70	2.50	0.08	1	1	75	0.50	18.91	9.97	1.00	0.20	142.51	27.00	2.50	5.00	0.15	2	5.25
9	0.25	13.41	6.75	1.00	1.00	59.03	24.00	1.50	2.50	0.10	1	3	76	2.00	62.05	45.30	1.40	0.28	583.18	100.00	9.50	17.00	0.50	7	8.25
10	1.00	30.94	21.74	0.65	0.22	256.50	45.00	5.00	8.75	0.08	3.25	12	77	1.00	39.70	22.65	0.83	0.17	448.41	65.00	5.25	8.75	0.10	2.5	7.5
11	0.18	11.34	6.34	1.00	0.25	1.50	16.00	1.38	1.25	0.10	1	1	78	0.50	13.06	8.47	0.60	0.60	199.73	28.00	1.90	5.00	0.10	1.2	1
12	0.50	16.50	9.51	1.75	0.88	163.21	50.00	2.40	5.00	0.25	1.75	2.5	79	0.50	21.31	9.74	2.00	0.40	171.13	40.00	3.10	4.75	0.08	2	6
13	0.09	1.72	2.27	0.35	0.35	22.72	7.00	0.50	0.88	0.01	0.35	1	80	1.00	21.66	25.37	1.50	0.30	352.23	75.00	5.25	9.50	0.25	3	10.5
14	0.25	13.20	6.25	0.70	0.70	128.78	23.00	1.60	3.25	0.07	0.7	1.5	81	1.00	30.94	23.78	0.63	0.13	335.58	50.00	5.00	11.00	0.08	2.5	6.5
15	0.18	9.63	4.53	0.60	0.60	99.50	13.00	1.00	3.00	0.05	0.6	0.5	82	0.20	6.26	4.98	0.75	0.75	126.83	15.00	1.30	4.00	0.04	0.75	1
16	0.20	10.31	5.25	0.50	0.50	61.25	20.00	1.00	1.50	0.02	0.5	2	83	0.18	4.90	3.62	0.50	0.50	42.92	15.00	0.75	1.88	0.04	0.5	1.25
17	0.18	3.44	4.53	0.75	0.08	21.19	18.00	1.00	1.00	0.05	0.75	5	84	0.50	23.93	10.19	0.67	0.67	330.23	36.00	2.90	6.13	0.20	2	5
18	0.18	3.85	3.62	0.50	0.10	68.10	16.00	0.80	2.25	0.05	0.5	1	85	1.25	43.31	26.05	1.83	0.37	458.52	98.00	7.00	12.00	0.15	5.5	6
19	0.18	5.78	4.53	0.40	0.40	56.85	16.00	1.20	1.50	0.05	0.4	0.5	86	1.41	27.50	38.51	1.31	0.26	420.86	100.00	8.00	15.00	0.13	5.25	14
20	0.25	12.89	4.30	0.67	0.67	131.38	19.00	1.25	3.13	0.08	0.67	1	87	0.20	8.49	5.21	0.60	0.60	64.08	15.00	1.30	2.00	0.05	0.6	2.5
21	0.09	4.13	2.08	0.25	0.25	31.70	9.00	0.40	0.88	0.01	0.25	0.5	88	0.50	14.52	11.10	1.00	1.00	224.55	34.00	3.25	5.75	0.10	2	5
22	0.26	16.50	7.93	0.44	0.22	0.84	20.00	1.50	2.50	0.20	0.875	2	89	0.50	20.63	11.10	1.50	0.75	190.45	27.00	2.50	5.88	0.25	1.5	3
23	0.75	16.84	18.12	1.13	0.23	241.65	30.00	3.50	7.00	0.25	2.25	5	90	0.75	24.06	19.03	1.00	1.00	77.35	38.00	3.50	5.00	0.25	2	2
24	2.00	62.05	45.30	1.40	0.28	683.18	100.00	9.50	19.00	0.50	7	8.5	91	0.75	20.63	15.86	0.81	0.81	274.06	28.00	5.00	5.00	0.15	2.5	4
25	0.18	4.40	3.07	0.25	0.25	59.09	20.00	0.80	1.25	0.03	0.5	3	92	0.18	11.00	3.62	0.75	0.75	79.20	20.00	1.00	1.50	0.02	0.75	2
26	0.50	20.63	10.87	0.50	0.50	162.47	30.00	2.50	4.75	0.05	1.5	2.25	93	0.20	6.52	5.30	0.64	0.64	50.67	17.00	1.00	2.13	0.02	0.64	1
27	0.20	10.31	3.08	0.75	0.75	109.93	20.00	1.25	2.00	0.06	0.75	1.5	94	0.50	17.19	14.72	0.75	0.19	144.34	45.00	2.50	4.88	0.13	1.5	6
28	1.00	30.94	21.74	0.65	0.22	256.50	45.00	5.00	8.75	0.08	3.25	12	95	0.09	1.38	1.95	0.32	0.32	29.46	7.00	0.50	1.00	0.01	0.32	1
29	0.50	16.50	11.33	1.00	1.00	200.06	55.00	3.00	4.50	0.10	2	5	96	0.25	8.25	5.44	1.00	1.00	53.05	17.00	1.50	1.75	0.10	1	2
30	0.50	16.50	9.51	1.75	0.88	163.21	50.00	2.40	5.00	0.25	1.75	2.5	97	0.35	10.31	11.78	0.56	0.28	22.58	16.00	1.88	3.13	0.25	1.125	3
31	0.50	15.47	12.00	1.00	1.00	229.16	30.00	2.50	6.13	0.10	2	2.5	98	0.50	11.69	8.83	0.56	0.56	117.33	39.00	2.00	4.13	0.10	1.125	1.5
32	1.00	47.44	21.74	2.00	0.40	900.50	88.00	5.75	10.25	0.50	4	6.5	99	0.50	21.66	11.42	0.80	0.08	52.89	30.00	2.25	4.50	0.05	1.6	10
33	0.25	16.84	4.71	0.75	0.75	114.26	15.00	1.75	2.00	0.08	0.75	0.5	100	0.50	13.92	12.68	1.00	1.00	141.77	33.00	2.25	4.50	0.15	1	2
34	1.00	23.46	21.52	1.50	0.30	272.50	60.00	5.25	9.50	0.20	3	6	101	1.00	58.09	21.97	1.00	0.20	441.83	57.00	6.50	7.75	0.15	4	12
35	1.00	30.94	21.74	0.65	0.22	234.63	45.00	5.00	8.13	0.08	3.25	12	102	1.00	27.84	24.92	1.00	1.00	499.77	65.00	5.06	11.00	0.13	3	15
36	2.00	48.61	45.30	2.00	0.40	506.75	88.00	10.10	18.00	0.50	6	9	103	1.00	60.50	30.58	2.00	0.40	252.96	50.00	5.50	9.00	0.50	4	9
37	0.09	5.50	2.49	0.28	0.28	28.79	9.00	0.50	0.88	0.05	0.275	0.5	104	0.75	24.75	15.86	0.83	0.83	297.43	49.00	3.00	7.50	0.07	1.65	1.5
38	0.18	5.16	8.61	0.88	0.09	52.63	18.00	1.25	3.00	0.06	0.875	1.5	105	0.50	18.56	9.88	0.56	0.56	158.99	34.00	3.00	4.13	0.09	1.125	3
39	0.75	34.32	15.86	1.00	1.00	106.96	60.00	3.12	7.00	0.20	2	2	106	1.00	60.50	30.58	2.00	0.40	252.96	50.00	5.50	9.00	0.50	4	9
40	0.09	5.50	2.04	0.25	0.25	17.09	10.00	0.50	0.50	0.05	0.25	1.75	107	0.09	1.38	2.02	0.37	0.37	40.71	10.00	0.50	0.88	0.03	0.37	2
41	0.50	36.09	15.86	1.13	0.28	121.34	40.00	3.75	6.25	0.50	2.25	10	108	0.75	19.25	19.48	0.83	0.83	105.50	56.00	4.00	5.13	0.20	2.5	3
42	0.18	6.53	3.85	0.55	0.55	60.90	12.00	1.00	1.75	0.10	0.55	1	109	1.00	19.59	22.65	1.17	0.23	240.27	64.00	4.75	8.75	0.20	3.5	12
43	0.50	15.47	12.68	1.75	0.35	165.35	36.00	2.25	5.88	0.20	1.75	5	110	1.00	45.38	18.57	2.00	0.40	274.08	50.00	5.50	8.13	0.20	4	6.5
44	1.00	33.69	18.08	1.75	0.35	322.97	50.00	4.90	8.00	0.13	3.5	8	111	0.50	20.63	10.78	0.67	0.67	179.23	30.00	3.00	5.75	0.20	2	2.5
45	0.09	2.58	2.08	0.30	0.30	29.50	7.00	0.50	0.88	0.04	0.3	0.5	112	0.50	22.69	10.19	1.00	0.14	210.21	25.00	3.00	5.75	0.25	2	10
46	1.50	80.44	40.77	1.53	0.31	716.42	90.00	9.00	14.00	0.50	6.125	10.5	113	2.00	55.00	47.57	1.30	0.16	390.48	75.00	10.00	18.00	0.61	6.5	20
47	1.00	56.32	21.74	0.88	0.09	380.27	40.00	5.12	9.00	0.50	3.5	18	114	0.25	7.73	6.80	0.72	0.72	81.95	20.00	1.25	2.25	0.06	0.72	1
48	0.50	14.37	8.38	0.50	0.10	294.43	45.00	2.20	5.25	0.20	1	4	115	1.00	48.98	21.74	0.75	0.15	324.21	70.00	4.75	8.00	0.50	3	20
49	0.09	1.72	2.17	0.30	0.30	97.10	5.50	0.50	1.88	0.05	0.3	0.5	116	1.50	70.13	31.71	2.50	0.25	608.74	62.00	8.50	13.00	0.50	5	11
50	0.75	30.25	13.27	1.00	0.20	268.15	50.00	4.00	7.00	0.07	3	7.5	117	0.20	8.49	5.21	0.30	0.30	58.45	15.00	1.30	2.13	0.05	0.6	2.5
51	1.50	33.00	31.26	2.50	0.25	653.90	64.00	8.00	14.00	0.06	5	10.5	118	1.00											

Nro.	Tiempo_Acmenamiento_sem	Frecuencia_V	Tiempo_Transporte	Estado_Vias	Infraestructura_Transporte	Infraestructura_Comunicacion	Relacion_Cliente	Dedicacion_Agro_A	Niveles_Estudio	Tipo_Transporte	Tipo_Almacnamiento	Tipo_Limpieza	Nro.	Tiempo_Acmenamiento_sem	Frecuencia_V	Tiempo_Transporte	Estado_Vias	Infraestructura_Transporte	Infraestructura_Comunicacion	Relacion_Cliente	Dedicacion_Agro_A	Niveles_Estudio	Tipo_Transporte	Tipo_Almacnamiento	Tipo_Limpieza	
1	2	1	2	2	3	3	2	2	1	1	2	1	68	3	1	2	4	4	3	3	1	2	1	2	3	
2	4	3	1	3	5	4	4	1	2	3	3	3	69	7	1	3	2	2	2	3	3	2	1	3	3	
3	5	2	2	4	3	2	4	1	2	3	2	1	70	2	2	2	3	3	3	2	3	1	1	1	2	
4	1	1	2	4	3	4	4	3	3	1	2	2	71	3	3	2	3	4	2	3	2	1	1	2	1	
5	2	1	1	3	3	3	1	3	3	2	3	2	72	3	5	3	2	4	2	5	2	3	3	2	2	
6	2	1	1	4	4	4	4	3	3	2	3	2	73	2	2	1	4	3	2	2	2	2	2	2	1	
7	1	2	3	3	4	4	3	2	2	1	2	2	74	7	5	2	4	2	3	3	1	1	3	2	1	
8	4	1	3	3	3	4	3	3	1	1	1	1	75	7	2	2	1	2	3	2	3	2	3	2	3	
9	1	1	2	3	4	3	2	3	2	1	3	2	76	2	5	2	4	4	3	5	1	1	3	3	1	
10	3	5	1	4	4	3	5	2	2	3	3	1	77	4	3	2	2	3	3	4	2	3	3	2	2	
11	4	1	2	3	3	2	4	2	2	3	2	1	78	2	2	2	3	4	4	5	3	2	2	1	3	
12	3	1	2	4	4	3	5	2	2	1	2	2	79	4	1	2	3	4	2	3	2	3	3	3	2	
13	5	1	3	2	4	3	1	3	1	1	1	3	80	2	2	2	3	2	2	3	1	1	3	2	1	
14	2	1	3	4	3	4	3	2	1	1	1	1	81	5	4	2	4	4	3	2	1	2	3	1	2	
15	4	1	3	4	2	3	1	3	1	1	1	1	82	2	1	2	3	3	2	2	2	2	2	2	1	
16	3	1	1	2	5	2	2	2	1	1	2	1	83	3	1	2	2	4	2	2	3	1	1	1	3	
17	1	1	2	2	4	2	3	3	1	3	1	2	84	2	3	2	4	3	2	1	2	1	1	1	3	
18	2	1	2	4	3	3	1	2	3	3	2	1	85	2	3	2	4	4	3	4	2	3	3	3	3	
19	3	1	1	2	3	2	2	2	2	1	2	1	86	6	4	2	4	4	4	3	1	3	3	3	2	
20	4	1	2	3	2	3	3	2	1	1	1	3	87	1	1	1	2	4	3	2	3	1	1	2	3	
21	2	1	4	3	1	2	1	3	3	2	3	2	88	2	2	2	3	4	4	2	3	2	2	2	3	
22	2	2	2	2	3	3	3	3	1	2	2	1	89	2	1	1	4	3	3	5	2	2	2	1	2	
23	2	2	1	2	3	2	4	2	2	3	2	2	90	6	2	1	4	4	5	5	1	2	2	3	2	
24	2	5	2	4	3	2	4	1	1	3	2	3	91	1	4	2	3	4	2	4	1	1	1	1	2	1
25	1	2	4	4	4	2	1	3	1	2	1	1	92	4	1	1	4	3	4	1	2	1	1	1	2	
26	5	3	2	3	4	2	4	3	1	1	2	3	93	3	1	4	2	2	2	3	2	2	1	2	1	
27	2	1	1	3	5	3	2	1	2	3	2	2	94	1	2	2	3	4	2	4	2	1	3	1	1	
28	3	5	1	4	4	3	5	2	2	3	3	1	95	4	1	3	3	3	3	1	3	1	1	2	3	
29	3	2	2	4	4	3	4	3	2	1	1	2	96	7	1	3	2	4	2	2	2	1	1	1	1	
30	3	1	2	3	4	4	3	2	1	2	2	3	97	4	2	2	4	4	4	5	2	2	2	2	2	
31	2	2	3	3	2	2	3	1	2	1	3	2	98	7	2	4	2	1	2	1	2	1	1	2	3	
32	3	2	2	3	2	2	4	1	1	3	1	1	99	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	3	2	2
33	3	1	2	4	5	3	2	2	2	1	1	3	100	4	1	2	4	3	3	5	2	1	1	2	3	
34	4	2	1	3	4	4	4	1	2	3	1	2	101	2	4	3	3	2	2	5	1	3	3	3	2	
35	3	5	1	3	5	5	1	2	3	2	1	2	102	4	3	2	4	4	4	4	2	2	1	2	2	
36	4	3	2	4	4	5	2	1	2	3	3	3	103	4	2	2	4	3	4	5	1	1	3	2	2	
37	1	1	2	2	2	1	1	2	1	1	2	3	104	4	2	1	4	4	2	2	1	2	1	2	1	
38	3	1	2	2	3	2	3	2	1	3	1	2	105	5	2	2	3	4	3	3	2	1	1	1	2	
39	1	2	1	4	4	4	3	2	2	1	1	2	106	4	2	2	4	3	4	5	1	1	3	2	2	
40	2	1	2	1	4	4	2	2	1	1	1	1	107	3	1	1	2	3	4	4	3	1	1	2	3	
41	4	2	2	2	4	4	3	2	1	3	1	1	108	8	3	1	4	3	3	4	2	1	1	1	1	
42	3	1	2	4	4	2	2	2	1	2	1	2	109	4	3	2	3	4	3	4	2	2	3	2	3	
43	7	1	1	2	4	2	4	3	2	3	2	2	110	7	2	2	4	2	3	2	1	2	3	1	2	
44	1	2	2	4	1	1	3	2	3	3	3	1	111	2	3	1	4	5	3	4	2	1	1	2	2	
45	6	1	2	2	3	3	2	2	1	1	1	3	112	5	2	2	2	3	4	1	3	1	3	1	1	
46	3	4	2	2	2	3	4	1	3	3	3	3	113	7	5	2	4	2	3	3	1	1	3	2	1	
47	4	4	2	2	3	2	4	2	1	3	1	1	114	4	1	3	4	3	3	4	2	1	1	2	1	
48	3	2	3	2	2	2	3	2	1	3	2	1	115	3	4	3	4	2	4	4	2	1	3	1	3	
49	5	1	3	3	2	3	2	2	1	3	3	1	116	2	2	2	4	2	3	5	1	2	3	3	3	
50	4	3	2	3	3	3	2	1	1	3	3	1	117	1	2	1	2	3	3	2	3	3	2	3	1	
51	5	2	2	4	3	3	4	2	1	3	2	2	118	2	2	2	4	3	3	3	1	2	3	2	2	
52	1	2	3	2	2	1	3	1	1	1	1	2	119	6	2	2	4	3	3	1	3	2	2	2	1	
53	3	5	3	4	2	2	3	1	2	3	2	3	120	2	2	2	3	4	4	5	1	1	3	1	1	
54	2	1	3	3	2	2	1	2	2	1	1	1	121	6	1	2	4	4	3	4	3	3	2	3	2	
55	2	1	2	4	3	3	1	2	2	2	2	3	122	4	4	4	2	2	2	3	1	2	3	1	2	
56	2	1	2	2	2	3	2	1	1	3	1	3	123	2	1	2	3	4	4	1	2	1	1	1	1	
57	4	2	1	4	4	3	2	1	2	1	1	2	124	1	2	1	3	4	2	1	2	1	2	1	1	
58	4	1	3	3	3	2	3	3	2	1	3	3	125	2	1	2	3	4	3	1	2	1	1	2	3	
59	6	3	2	3	2	3	4	2	1	2	2	3	126	2	2	3	4	4	2	3	3	3	1	1	2	
60	2	1	4	3	2	2	3	2	1	1	1	3	127	3	2	3	2	4	3	4	3	2	1	1	3	
61	1	1	2	4	4	3	4	3	1	2	1	1	128	3	3	2	4	3	4	2	3	3	3	3	2	
62	2	1	3	4	3	3	1	2	1	3	2	1	129	1	2	2	2	4	4	5	2	1	3	1	1	
63	1	3	3	4	3	4	4	2	3	3	3	2	130	2	1	2	3	3	2	4	2	1	1	2	3	
64	3	1	1	4	3	2	3	2	1	2	3	3	131	2	1	2	3	3	3	4	2	2	1	1	1	
65	2	1	3	4	2	2	3	3	2	1	3	2	132	7	1	1	4	4	2	3	3	2	1	1	3	
66	2	1	2	4	4	4	3	3	1	2	1	3	133	4	1	2	4	3	3	3	3	1	3	1	1	
67	1	1	1	4	4	4	3	3	1	1	1	2	134	7	5	2	2	5	3	5	1	1	3	2	3	

## ANEXO 6. Valores atípicos

Tabla 19. Distancia de Mahalanobis y probabilidad

Individuo	Dis Mahalanobis	Probabilidad	Individuo	Dis Mahalanobis	Probabilidad	Individuo	Dis Mahalanobis	Probabilidad
46	50.76	0.001	52	25.91	0.305	60	17.99	0.758
51	48.96	0.001	64	25.78	0.311	127	17.93	0.762
63	47.95	0.002	75	25.40	0.33	17	17.83	0.767
71	46.92	0.002	129	25.38	0.331	37	17.82	0.767
86	45.19	0.004	119	24.96	0.352	100	17.66	0.776
36	43.98	0.005	27	24.84	0.359	89	17.54	0.782
72	40.26	0.014	48	24.62	0.37	6	17.46	0.786
102	40.42	0.014	104	24.46	0.379	121	17.43	0.788
115	40.35	0.014	10	24.05	0.401	123	17.33	0.793
116	40.44	0.014	28	24.05	0.401	5	17.22	0.798
122	40.35	0.014	50	23.70	0.421	93	17.20	0.799
76	38.98	0.02	120	23.57	0.428	92	17.12	0.804
134	38.74	0.021	112	23.48	0.433	15	16.83	0.817
53	36.43	0.037	96	23.25	0.446	19	16.53	0.832
24	36.31	0.038	79	23.01	0.46	22	16.48	0.834
81	35.27	0.049	78	22.58	0.486	118	16.32	0.841
90	35.18	0.05	57	22.54	0.488	42	16.14	0.849
91	34.94	0.053	88	22.43	0.494	9	15.98	0.856
85	34.47	0.059	59	22.27	0.504	87	15.92	0.859
32	34.34	0.06	12	22.22	0.507	94	15.91	0.859
39	33.94	0.066	111	21.87	0.528	29	15.69	0.868
68	33.50	0.073	16	21.75	0.535	105	15.62	0.871
110	31.85	0.103	7	21.70	0.538	130	15.59	0.872
74	31.83	0.104	40	21.18	0.57	133	15.51	0.876
113	31.83	0.104	26	20.98	0.583	54	15.26	0.885
56	31.79	0.105	99	20.49	0.612	131	15.04	0.893
35	31.46	0.112	124	20.36	0.62	8	14.95	0.896
108	31.34	0.115	62	20.34	0.621	67	14.95	0.896
41	31.12	0.12	30	19.99	0.642	82	14.60	0.908
44	31.08	0.121	18	19.81	0.654	109	14.42	0.914
2	30.73	0.13	33	19.68	0.661	14	13.81	0.932
103	30.53	0.135	21	19.65	0.663	11	13.40	0.943
106	30.53	0.135	31	19.60	0.666	13	13.29	0.945
77	30.06	0.148	4	19.59	0.667	45	13.24	0.947
80	29.76	0.156	117	19.58	0.667	58	12.90	0.954
101	29.64	0.16	23	19.34	0.681	114	12.56	0.961
47	29.45	0.166	107	19.17	0.691	55	12.45	0.963
3	29.05	0.179	34	19.15	0.693	125	12.06	0.97
98	28.53	0.196	61	19.08	0.696	65	11.93	0.971
126	28.52	0.197	69	18.87	0.709	70	11.30	0.98
128	26.86	0.262	73	18.79	0.713	20	10.62	0.987
25	26.80	0.264	38	18.63	0.722	95	10.57	0.987
84	26.62	0.272	49	18.63	0.722	83	9.90	0.992
43	26.55	0.276	66	18.20	0.746	1	8.97	0.996
132	26.06	0.298	97	18.15	0.749			



## ANEXO 8. Membresía de Conglomerados

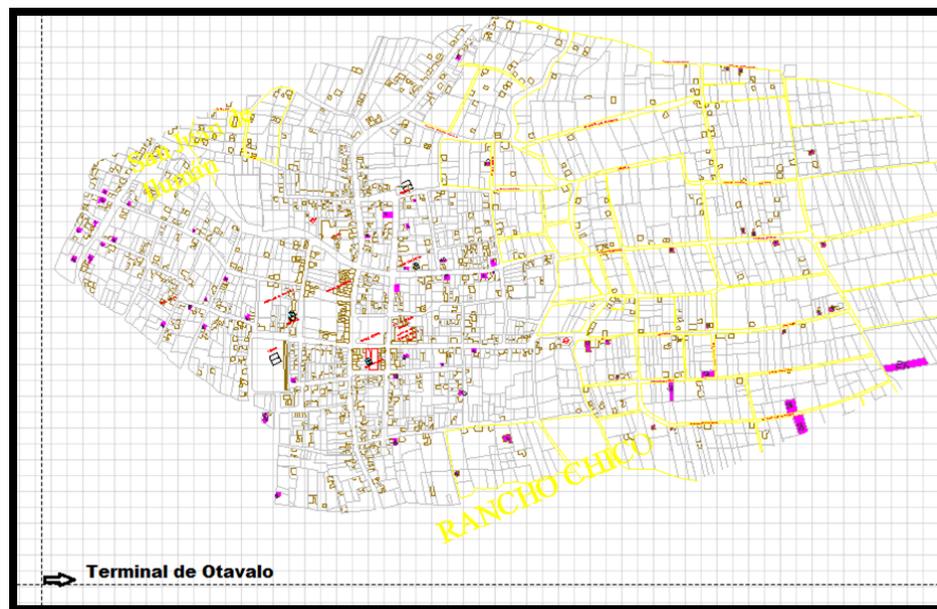
Tabla 21: Tabla de membresía del conglomerado

Conglomerados	Individuo	Conglomerados	Individuo
1	1	2	2
1	4	2	3
1	5	2	6
1	8	2	7
1	9	2	10
1	11	2	12
1	13	2	23
1	14	2	24
1	15	2	28
1	16	2	29
1	17	2	31
1	18	2	32
1	19	2	34
1	20	2	35
1	21	2	36
1	22	2	39
1	25	2	41
1	26	2	43
1	27	2	44
1	30	2	46
1	33	2	47
1	37	2	48
1	38	2	50
1	40	2	51
1	42	2	53
1	45	2	57
1	49	2	63
1	52	2	72
1	54	2	73
1	55	2	74
1	56	2	75
1	58	2	76
1	59	2	77
1	60	2	78
1	61	2	79
1	62	2	80
1	64	2	81
1	65	2	85
1	66	2	86
1	67	2	88
1	68	2	89
1	69	2	90
1	70	2	94
1	71	2	97
1	82	2	99
1	83	2	101
1	84	2	102
1	87	2	103
1	91	2	104
1	92	2	106
1	93	2	109
1	95	2	110
1	96	2	112
1	98	2	113
1	100	2	115
1	105	2	116
1	107	2	118
1	108	2	119
1	111	2	120
1	114	2	121
1	117	2	122
1	123	2	128
1	124	2	129
1	125	2	134
1	126		
1	127		
1	130		
1	131		
1	132		
1	133		

## ANEXO 9. Mapa de localidad de los agricultores de Ilumán

Los puntos resaltados con color rosado representan la ubicación de los agricultores

Figura 32: Mapa de localidad de agricultores de Ilumán



Fuente: (Gobierno Municipal de Otavalo, 2013). Elaboración propia





## ANEXO 12. Resultados de la heurística de corrección

Tabla 24: Tabla de iteraciones de la heurística de corrección

Iteración 0	Subcircuitos	Nro. De arcos	Z	Subcircuitos	
C1	{(X0X33), (X33X31), (X31X32), (X32X34), (X34X60), (X60X56), (X56X62), (X62X15), (X15X2), (X2X6), (X6X27), (X27X8), (X8X10), (X10X11), (X11X14), (X14X41), (X41X9), (X9X25), (X25X24), (X24X12), (X12X7), (X7X13), (X13X18), (X18X17), (X17X20), (X20X3), (X3X57), (X57X5), (X5X19), (X19X4), (X4X51), (X51X64), (X64X16), (X16X40), (X40X23), (X23X1), (X1X28), (X28X35), (X35X30), (X30X29), (X29X0)}	41	15,78	5	
	{(X21X36), (X36X37), (X37X38), (X38X26), (X26X22), (X22X21)}	6			
	{(X39X42), (X42X43), (X43X44), (X44X39)}	4			
	{(X45X46), (X46X54), (X54X47), (X47X50), (X50X52), (X52X53), (X53X48), (X48X49), (X49X55), (X55X45)}	10			
	{(X58X61), (X61X59), (X59X63), (X63X58)}	4			
Iteración 1		Nro. De arcos	Z	Subcircuitos	
C1	{(X0X33), (X33X31), (X31X32), (X32X34), (X34X60), (X60X56), (X56X47), (X62X15), (X15X2), (X2X6), (X6X27), (X27X8), (X8X10), (X10X11), (X11X14), (X14X41), (X41X9), (X9X25), (X25X24), (X24X12), (X12X7), (X7X13), (X13X18), (X18X17), (X17X20), (X20X3), (X3X57), (X57X5), (X5X19), (X19X4), (X4X51), (X51X64), (X64X16), (X16X40), (X40X23), (X23X1), (X1X28), (X28X35), (X35X30), (X30X29), (X29X0) (X45X46), (X46X54), (X54X47), (X47X50), (X50X52), (X52X53), (X53X48), (X48X49), (X49X55), (X55X45)}	51	15,98	4	
	{(X21X36), (X36X37), (X37X38), (X38X26), (X26X22), (X22X21)}	6			
	{(X39X42), (X42X43), (X43X44), (X44X39)}	4			
	{(X58X61), (X61X59), (X59X63), (X63X58)}	4			
Iteración 2		Nro. De arcos	Z	Subcircuitos	
C1	{(X0X33), (X33X31), (X31X32), (X32X34), (X34X60), (X60X56), (X56X47), (X62X15), (X15X2), (X2X6), (X6X27), (X27X8), (X8X10), (X10X11), (X11X14), (X14X41), (X41X9), (X9X25), (X25X24), (X24X12), (X12X7), (X7X36), (X13X18), (X18X17), (X17X20), (X20X3), (X3X57), (X57X5), (X5X19), (X19X4), (X4X51), (X51X64), (X64X16), (X16X40), (X40X23), (X23X1), (X1X28), (X28X35), (X35X30), (X30X29), (X29X0) (X45X46), (X46X54), (X54X47), (X47X50), (X50X52), (X52X53), (X53X48), (X48X49), (X49X55), (X55X45) (X21X13), (X36X37), (X37X38), (X38X26), (X26X22), (X22X21)}	57	16,05	3	
	{(X39X42), (X42X43), (X43X44), (X44X39)}	4			
	{(X58X61), (X61X59), (X59X63), (X63X58)}	4			
Iteración 3		Nro. De arcos	Z	Subcircuitos	
C1	{(X0X33), (X33X31), (X31X32), (X32X34), (X34X60), (X60X59), (X56X47), (X62X15), (X15X2), (X2X6), (X6X27), (X27X8), (X8X10), (X10X11), (X11X14), (X14X41), (X41X9), (X9X25), (X25X24), (X24X12), (X12X7), (X7X36), (X13X18), (X18X17), (X17X20), (X20X3), (X3X57), (X57X5), (X5X19), (X19X4), (X4X51), (X51X64), (X64X16), (X16X40), (X40X23), (X23X1), (X1X28), (X28X35), (X35X30), (X30X29), (X29X0) (X45X46), (X46X54), (X54X47), (X47X50), (X50X52), (X52X53), (X53X48), (X48X49), (X49X55), (X55X45) (X21X13), (X36X37), (X37X38), (X38X26), (X26X22), (X22X21)} {(X58X61), (X61X56), (X59X63), (X63X58)}	61	16,10	2	
	{(X39X42), (X42X43), (X43X44), (X44X39)}	4			
Iteración 4		Nro. De arcos	Z	Subcircuitos	
C1	{(X0X33), (X33X31), (X31X32), (X32X34), (X34X60), (X60X59), (X56X47), (X62X15), (X15X2), (X2X6), (X6X27), (X27X8), (X8X10), (X10X11), (X11X14), (X14X41), (X41X9), (X9X25), (X25X24), (X24X12), (X12X7), (X7X36), (X13X18), (X18X17), (X17X20), (X20X3), (X3X57), (X57X5), (X5X19), (X19X4), (X4X51), (X51X64), (X64X16), (X16X40), (X40X23), (X23X1), (X1X42), (X28X35), (X35X30), (X30X29), (X29X0) (X45X46), (X46X54), (X54X47), (X47X50), (X50X52), (X52X53), (X53X48), (X48X49), (X49X55), (X55X45) (X21X13), (X36X37), (X37X38), (X38X26), (X26X22), (X22X21) (X58X61), (X61X56), (X59X63), (X63X58) (X39X28), (X42X43), (X43X44), (X44X39)}	65	16,23	1	