

**ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD Y ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA DE LOS  
PROVEEDORES DE CAÑA DE INGENIO PROVIDENCIA**

**PAULA MARCELA VALENCIA RAMÍREZ**

**MAESTRIA EN ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION  
UNIVERSIDAD DEL VALLE  
SANTIAGO DE CALI  
2012**

**ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD Y ADOPCIÓN DE TECNOLOGIA DE LOS  
PROVEEDORES DE CAÑA DE INGENIO PROVIDENCIA**

**PAULA MARCELA VALENCIA RAMÍREZ**

Trabajo de investigación  
Para optar el título de  
Magister en Administración

**Director**  
**JAVIER MEDINA VASQUEZ**  
**Phd en Ciencias Sociales**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION**  
**MAESTRIA EN ADMINISTRACIÓN**  
**SANTIAGO DE CALI**  
**2012**

## **NOTA DE ACEPTACIÓN**

El presente Trabajo de Investigación fue aprobado por el Director de la Maestría en administración de la Universidad del Valle, por el director de Trabajo y por el Jurado evaluador

Luis Aurelio Ordoñez

---

**Director de la Maestría**

Javier Medina

---

**Presidente de tesis**

Benjamín Betancourth

---

**Jurado**

Carlos Eduardo Cobo

---

**Jurado**

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mis agradecimientos a Cenicaña especialmente al Dr. Jorge Ignacio Victoria por su apoyo y amistad y al Doctor Alberto Palma por su colaboración y tiempo.

Al Ingenio Providencia S.A especialmente al personal de proveeduría de caña.

Al doctor Vicente Borrero por su apoyo.

A Edgar Raul Guiffo y Diana Milena Alvarez Villada por su incondicionalidad, amistad y apoyo en todo el proceso

A Milena Franco Vivas por su apoyo incondicional.

A Paula Uribe por su apoyo y amistad.

Al Profesor Luis Aurelio Ordoñez Burbano.

## **DEDICATORIA**

A mis padres Leonel Valencia y Ofelia Ramirez Hernández por su ejemplo, amor e incondicionalidad.

A mis hermanos Manuel y Felipe.

## CONTENIDO

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN.....                                                                                            | 11 |
| INTRODUCCIÓN .....                                                                                      | 14 |
| 1 PROBLEMA .....                                                                                        | 16 |
| 1.1 ANTECEDENTES .....                                                                                  | 16 |
| 1.1.1. Análisis del sector azucarero .....                                                              | 16 |
| 1.1.2. Aspectos Productivos .....                                                                       | 16 |
| 1.1.3. Impacto socioeconómico .....                                                                     | 17 |
| 1.1.4. Aspectos Sociales y Ambientales.....                                                             | 18 |
| 1.1.5. Contribución del Sector Azucarero Colombiano a la competitividad de la Industria Colombiana..... | 19 |
| 1.1.6. Evolución del mercado internacional de azúcar .....                                              | 20 |
| 1.1.7. El mercado de azúcar en Colombia.....                                                            | 21 |
| 1.1.8. Visión estratégica del sector azucarero Colombiano .....                                         | 22 |
| 1.1.9. Solidez Organizacional.....                                                                      | 24 |
| 1.2. CLÚSTER DEL AZUCAR .....                                                                           | 26 |
| 1.2.1 Caña y Azúcar .....                                                                               | 26 |
| 1.2.2 Alimentos Procesados.....                                                                         | 27 |
| 1.2.3 Sucroquímica y Alcoquímica.....                                                                   | 28 |
| 1.2.4 Alcohol .....                                                                                     | 29 |
| 1.2.5 Energía .....                                                                                     | 29 |
| 1.2.6 El Papel del Estado.....                                                                          | 30 |
| 1.3.13. Análisis final del clúster .....                                                                | 32 |
| 1.3 PANORAMA AZUCARERO MUNDIAL .....                                                                    | 33 |
| 1.6. TRATAMIENTO DEL PROBLEMA.....                                                                      | 37 |
| 1.6.2 Desagregación del problema.....                                                                   | 47 |
| 2 OBJETIVOS .....                                                                                       | 48 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL.....                                                                               | 48 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....                                                                         | 48 |
| 3 JUSTIFICACIÓN .....                                                                                   | 50 |

|        |                                                                                                                                                                                                  |     |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4      | MARCO TEÓRICO.....                                                                                                                                                                               | 54  |
| 4.1    | Las Cinco Fuerzas Competitivas.....                                                                                                                                                              | 54  |
| 4.1.1  | Rivalidad de los competidores actuales .....                                                                                                                                                     | 55  |
| 4.1.2  | Poder de negociación de los proveedores del sector .....                                                                                                                                         | 57  |
| 4.1.3  | Poder de negociación de los compradores del sector .....                                                                                                                                         | 58  |
| 4.1.4  | Amenaza de sustitución .....                                                                                                                                                                     | 59  |
| 4.1.5  | Amenaza de nuevos competidores .....                                                                                                                                                             | 61  |
| 4.2    | DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL SECTOR AZUCARERO .....                                                                                                                                                | 62  |
| 4.3    | RETOS DEL SECTOR AZUCARERO COLOMBIANO FRENTE AL ENTORNO COMPETITIVO .....                                                                                                                        | 63  |
| 4.4    | Importancia de la adopción de tecnologías en el sector azucarero .....                                                                                                                           | 66  |
| 4.5    | MARCO CONCEPTUAL.....                                                                                                                                                                            | 71  |
| 5.     | DISEÑO METODOLÓGICO .....                                                                                                                                                                        | 76  |
| 6.     | RESULTADOS .....                                                                                                                                                                                 | 81  |
| 6.1    | Análisis y descripción de la situación actual.....                                                                                                                                               | 81  |
| 6.1.1  | Niveles de productividad de los proveedores de caña de Ingenio Providencia por zona agroecológica .....                                                                                          | 81  |
| 6.1.2  | Niveles de producción correlacionada con la adopción de tecnología..                                                                                                                             | 84  |
| 6.1.3  | Resultados encontrados en la identificación de los factores limitantes por zonas agroecológicas en la obtención del mejor potencial de producción de los proveedores de Ingenio Providencia..... | 132 |
| 6.1.4. | Identificación de los factores claves que fidelizan a los cañicultores con Ingenio Providencia.....                                                                                              | 133 |
| 6.1.5  | Demandas tecnológicas y no tecnológicas .....                                                                                                                                                    | 148 |
| 6.1.6  | Temas de investigación priorizados para la agenda de Ciencia y tecnología .....                                                                                                                  | 148 |
| 6.1.7  | Resultados del modelo lineal para analizar productividad .....                                                                                                                                   | 155 |
| 6.2    | PLAN DE ACCIÓN .....                                                                                                                                                                             | 159 |
| 6.3    | INDICADORES ESTRATÉGICOS .....                                                                                                                                                                   | 170 |
| 7.     | CONCLUSIONES .....                                                                                                                                                                               | 172 |
| 8.     | RECOMENDACIONES .....                                                                                                                                                                            | 175 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 9. BIBLIOGRAFÍA ..... | 176 |
|-----------------------|-----|

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1. Algunas diferencias tecnológicas entre las cadenas de azúcar de Brasil y Colombia .....                                                                         | 65  |
| Tabla 2. Niveles de productividad para TCH por zona agroecológica.....                                                                                                   | 81  |
| Tabla 3. Niveles de productividad para TAHM por zona agroecológica .....                                                                                                 | 82  |
| Tabla 4. Costos de la plantilla por hectárea .....                                                                                                                       | 131 |
| Tabla 5. Costos de la soca por hectárea .....                                                                                                                            | 131 |
| Tabla 6 Demandas tecnológicas y no tecnológicas.....                                                                                                                     | 148 |
| Tabla 7. Temas de Investigación propuestos por los cañicultores de Ingenio Providencia.....                                                                              | 149 |
| Tabla 8. Propuesta para la formulación de proyectos que den respuesta a las demandas tecnológicas del área de Manejo de riegos .....                                     | 150 |
| Tabla 9. Propuesta para la formulación de proyectos que den respuesta a las demandas tecnológicas del área de variedades .....                                           | 151 |
| Tabla 10. Propuesta para la formulación de proyectos que den respuesta a las demandas tecnológicas del área de Nutrición y fertilización y Agricultura de precisión..... | 152 |
| Tabla 11. Propuesta para la formulación de proyectos que den respuesta a las demandas tecnológicas del área de siembra .....                                             | 153 |
| Tabla 12. Propuesta para la formulación de proyectos que den respuesta a las demandas tecnológicas del área de Manejo de residuos y labores de cultivo ....              | 154 |
| Tabla 13. Análisis de varianza para la variable TCH.....                                                                                                                 | 155 |
| Tabla 14. Análisis de varianza para la variable rendimiento .....                                                                                                        | 156 |
| Tabla 15. Análisis de varianza para la variable TAHM .....                                                                                                               | 156 |
| Tabla 16 . Indicadores estratégicos.....                                                                                                                                 | 171 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                           |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Figura 1. Clúster del azúcar .....                                                        | 27         |
| Figura 2. Zonificación agroecológica Valle del Cauca Estudio detallado de suelos .....    | 40         |
| Figura 3. Mapa competitivo del sector.....                                                | 54         |
| Figura 4. Modelo de Competitividad de Porter.....                                         | 55         |
| Figura 5. Grado de escolaridad de los mayordomos por productividad.....                   | 84         |
| Figura 6. Desea continuar con sus estudios .....                                          | 85         |
| Figura 7. Conocimiento de las zonas agroecológicas por rango de productividad .....       | 86         |
| Figura 8. Adopción de tecnologías basado en la Z.A por nivel de productividad .....       | 87         |
| Figura 9. Tecnologías adoptadas según la ZA por rango de productividad .....              | 88         |
| Figura 10. Tecnología de riego implementada en la Hacienda .....                          | 89         |
| Figura 11. ¿Por qué motivo no ha cambiado su tecnología de riego? .....                   | 90         |
| Figura 12. Tecnología nueva que le gustaría implementar.....                              | 91         |
| Figura 13. ¿Realiza alguna medición en los riegos? .....                                  | 92         |
| Figura 14. Mediciones que realiza en los riegos.....                                      | 93         |
| Figura 15. Método para planear riegos .....                                               | 94         |
| Figura 16. Realiza aporque?.....                                                          | 94         |
| Figura 17. Posee problemas de drenaje?.....                                               | 95         |
| Figura 18. Áreas susceptibles a inundación.....                                           | 95         |
| Figura 19. Días después del corte para realizar el encalle .....                          | 96         |
| Figura 20. Control de calidad del encalle.....                                            | 97         |
| Figura 21. ¿Realiza rectificación del encalle?.....                                       | 97         |
| Figura 22. ¿Realiza resiembra? .....                                                      | 98         |
| Figura 23. Días después del corte para realizar resiembra .....                           | 99         |
| Figura 24. Material para la resiembra.....                                                | 99         |
| <b>Figura 25. Días después del corte para realizar el subsuelo .....</b>                  | <b>100</b> |
| Figura 26. Verifica calidad de la labor .....                                             | 101        |
| Figura 27. Contrata la labor de subsuelo.....                                             | 101        |
| Figura 28. Labor innovadora para mejorar el manejo de residuos y labores de cultivo ..... | 102        |
| Figura 29. Decisión de variedad a sembrar.....                                            | 103        |
| Figura 30. ¿Realiza topografía previo a la renovación? .....                              | 104        |
| Figura 31. Realiza nivelación.....                                                        | 104        |
| Figura 32. Realiza control de calidad de la labor de preparación .....                    | 105        |
| Figura 33. Labores de calidad que realiza en la preparación de suelos.....                | 106        |
| Figura 34. Tipos de semilleros usados al renovar .....                                    | 107        |
| Figura 35. Edad de los semilleros.....                                                    | 107        |
| Figura 36. ¿Realiza control de calidad de la siembra?.....                                | 108        |
| Figura 37. Control de calidad de la siembra.....                                          | 109        |
| Figura 38. ¿Realiza riego de germinación inmediato? .....                                 | 109        |
| Figura 39. Labores innovadoras en la siembra.....                                         | 110        |
| Figura 40. ¿Qué variedades nuevas posee? .....                                            | 111        |
| Figura 41. Preocupación por la adopción de nuevas variedades .....                        | 112        |
| Figura 42. ¿Tiene intención de adoptar una nueva variedad? .....                          | 113        |
| Figura 43. ¿Realiza análisis de suelos? .....                                             | 114        |
| Figura 44. ¿Cada cuanto realiza el análisis de suelos? .....                              | 114        |
| Figura 45. Decisión de la formulación de fertilización.....                               | 115        |
| Figura 46. ¿Posee características químicas de suelo limitantes? .....                     | 116        |
| Figura 47. ¿Posee problemas químicos del suelo? .....                                     | 116        |
| Figura 48. ¿Aplica alguna enmienda?.....                                                  | 117        |
| Figura 49. Fuentes nitrogenadas utilizadas.....                                           | 118        |

|                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 50. Unidades de nitrógeno aplicadas en soca.....                                                                | 119 |
| Figura 51. Días después del corte para fertilizar .....                                                                | 119 |
| Figura 52. ¿Realiza aplicación de elementos menores?.....                                                              | 120 |
| Figura 53. Elementos menores aplicados.....                                                                            | 121 |
| Figura 54. ¿Aplica materia orgánica al suelo?.....                                                                     | 121 |
| Figura 55. ¿Realiza calibración de la abonadora? .....                                                                 | 122 |
| Figura 56. ¿Contrata la labor de fertilización? .....                                                                  | 123 |
| Figura 57. Labor innovadora de fertilización .....                                                                     | 124 |
| Figura 58. Días después del corte para la aplicación del herbicida.....                                                | 125 |
| Figura 59. Decisión de la formulación del herbicida a aplicar.....                                                     | 125 |
| Figura 60. ¿Realiza Control biológico de <i>Diatraea</i> ?.....                                                        | 126 |
| Figura 61. ¿Realiza capacitaciones a sus colaboradores?.....                                                           | 127 |
| Figura 62. ¿Asiste a los Grupos de Transferencia de tecnología realizados por Cenicaña e Ingenio<br>Providencia? ..... | 128 |
| Figura 63. ¿Su mayordomo asiste al proyecto de educación que tiene el Ingenio?.....                                    | 129 |
| Figura 64. ¿Realiza alguna de las siguientes acciones para favorecer el ambiente? .....                                | 130 |
| Figura 65. Limitantes de producción por Zona agroecológica.....                                                        | 132 |
| Figura 66. Percepción de la cosecha y madurantes .....                                                                 | 135 |
| Figura 67. Tipo de cosecha.....                                                                                        | 135 |
| Figura 68. Calidad de la cosecha manual.....                                                                           | 136 |
| Figura 69. Percepción de los inconvenientes de la cosecha manual.....                                                  | 137 |
| Figura 70. Percepción de la calidad de la cosecha mecánica.....                                                        | 137 |
| Figura 71. Percepción de los inconvenientes de la cosecha mecánica.....                                                | 138 |
| Figura 72. Percepción de la calidad del repique .....                                                                  | 139 |
| Figura 73. ¿El repique se efectúa con rapidez? .....                                                                   | 140 |
| Figura 74. Aspectos que cosecha debe mejorar .....                                                                     | 140 |
| Figura 75. Rapidez de la información de tonelaje .....                                                                 | 141 |
| Figura 76. Cómo les gustaría acceder a los datos de producción .....                                                   | 142 |
| Figura 77. ¿Cómo considera su relación con el Ingenio? .....                                                           | 142 |
| Figura 78. Aspectos que Providencia debe mejorar .....                                                                 | 143 |
| Figura 79. Sugerencias puntuales para que el Ingenio mejore .....                                                      | 144 |
| Figura 80. Servicios adicionales que les gustaría encontrar en el Ingenio.....                                         | 145 |
| Figura 81. ¿Conoce la página web de Ingenio Providencia? .....                                                         | 146 |
| Figura 82. ¿Consulta la página web?.....                                                                               | 146 |
| Figura 83. Temas que le gustaría encontrar en la web .....                                                             | 147 |
| Figura 84. Esquema de los objetivos.....                                                                               | 157 |

## **RESUMEN**

La sostenibilidad de los sectores se basa cada vez más en la adopción de tecnologías específicas. En el sector azucarero colombiano se ha dado un proceso de innovación tecnológica constante y creciente. El mejoramiento y la sostenibilidad del sector no solo radican en tener tecnologías disponibles sino, fundamentalmente en usarlas, ajustarlas y aprovecharlas.

Ingenio Providencia S.A. es una empresa agroindustrial dedicada principalmente al procesamiento de caña de azúcar para la obtención de azúcar y producción de alcohol carburante, los cuales satisfacen las necesidades y expectativas crecientes de los clientes y consumidores; logrando una retribución favorable a los accionistas, trabajadores y comunidad, manteniendo el equilibrio con la sociedad y el medio ambiente.

Alrededor del 60% del área que provee caña al Ingenio Providencia pertenece a sus proveedores (cañicultores), como se evidencia el Ingenio en gran parte depende de sus proveedores de caña por lo tanto es fundamental que los proveedores apliquen unas adecuadas tecnologías por zona agroecológica que les permitan alcanzar el potencial de producción de cada hacienda. Es esencial para el Ingenio conocer como es la adopción tecnológica de sus proveedores y como se correlaciona esta con la productividad. Además será fundamental conocer como es la fidelización de los proveedores con el Ingenio para posibilitar su permanencia con el mismo. La frontera agrícola en la actualidad para extender el cultivo de caña se ve limitada por lo tanto se debe aumentar la productividad por unidad de área y toda la información que nos permita conocer cómo mejorar en el proceso productivo será fundamental para alcanzar las metas de productividad. Por lo tanto el presente trabajo tuvo como objetivo general: Analizar el

comportamiento de la productividad y la adopción de tecnología de los proveedores de Ingenio Providencia durante el periodo 2007-2012 y explorar las necesidades de investigación para mejorarla.

Con el fin de identificar las brechas de productividad en cada zona agroecológica 6H1, 11H0, 11H1; 23H0 se analizaron las variables de productividad de las haciendas de cañicultores cosechadas por el Ingenio Providencia en el periodo 2007-2012. Para estimar los potenciales de productividad para cada zona agroecológica se hallaron los cuartiles 25, 50 y 75 para las variables toneladas de caña por hectárea y toneladas de caña por hectárea mes (TCH y TCHM), rendimiento y toneladas de azúcar por hectárea mes (TAHM). Para conocer el tamaño de muestra de las entrevistas se trabajó con un error del 5% del promedio de TCH con una confiabilidad del 95%.

Se aplicó la entrevista a 42 proveedores de caña del Ingenio Providencia, lo cual representa un importante acercamiento hacia los cañicultores. La entrevista estuvo constituida por 178 preguntas las cuales recogen toda la información en cuanto a los aspectos de innovación, tecnología, limitantes de producción, ambientales, de satisfacción y percepción de nuestros cañicultores.

Con los resultados obtenidos se identificó la adopción de tecnologías por niveles de productividad, los limitantes de producción por zona agroecológica, la percepción de los cañicultores respecto al Ingenio y se generaron unas demandas de investigación.

Se planteó un plan de acción que servirá para el mejoramiento de la productividad de los proveedores de Ingenio Providencia, además para mejorar la relación de Ingenio Providencia con sus clientes porque de una forma más detallada se detectaron sus necesidades.

Con datos comerciales de productividad, se aplicó un modelo lineal general para comparar el periodo de tiempo 1999-2012 y la interacción del año por periodo, zona agroecológica, variedad, edad de corte y manejo agronómico de las haciendas. Se realizó una cuantificación inicial del efecto de las anteriores variables sobre las toneladas de caña por hectárea (TCH), el porcentaje de Rendimiento en azúcar (Rdto), y toneladas de azúcar hectárea mes (TAHM).

El diseño de la agenda de ciencia y tecnología planteada en esta investigación buscó priorizar las demandas de investigación, innovación y desarrollo tecnológico, reflejada en un listado de problemas tecnológicos, facilitando la participación de los destinatarios y usuarios de las tecnologías (los cañicultores).

**PALABRAS CLAVE:**

Caña de azúcar, Productividad, adopción, tecnología, proveedores, fidelización, agenda, ciencia, innovación, zona agroecológica.

## INTRODUCCIÓN

La agricultura está alcanzando los límites de los recursos de tierra y agua disponibles. Los futuros incrementos de la producción, del ingreso rural y de los aprovechamientos para los agricultores tendrán que venir de las innovaciones tecnológicas, de cambios en el manejo, que conduzcan a perfeccionar la eficiencia de la operación de los sistemas agrícolas, para producir más alimentos y fibras y no de la expansión territorial.

El Ingenio Providencia tiene una molienda promedio de 8,500 toneladas diarias de caña, para una producción anual de 4.500.000 quintales de azúcar y 76 millones de litros de alcohol carburante al año<sup>1</sup>. El Ingenio está constituido por 6,000 hectáreas de tierras propias y 15,000 hectáreas de tierras de cultivadores o proveedores de caña. Esto evidencia que para el Ingenio, la mayor parte de la caña cosechada proviene de los cultivadores lo que hace que ellos tengan un peso importante en la disponibilidad de caña para el proceso fabril. Es fundamental que los proveedores obtengan altos niveles de productividad, pues optimizan la producción de sus campos y por supuesto aumentan la disponibilidad de caña para el Ingenio, los potenciales de productividad están estrechamente relacionados con las zonas agroecológicas y con los tipos de manejo que haga cada cañicultor. De ahí la importancia de tener un proceso de difusión de tecnologías fortalecido y efectivo con un acompañamiento constante y oportuno de las tecnologías disponibles. En la medida que esas tecnologías se adopten teniendo en cuenta el concepto de AEPS<sup>2</sup> (Agricultura Específica Por Sitio), se espera un aumento en la producción para satisfacción de los cultivadores y beneficio del ingenio al disponer de mayor cantidad de materia prima, importante debido a que la frontera agrícola para caña se encuentra limitada puesto que no hay nuevas aéreas para sembrar cultivos de caña.

---

<sup>1</sup> Información extractada de bases de datos de Ingenio Providencia (2012)

<sup>2</sup> Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el Valle del río Cauca (cuarta aproximación)

Ingenio Providencia cuenta con un Departamento de asistencia técnica a proveedores de caña y por lo tanto la información generada en esta investigación aportara una radiografía de los procesos tecnológicos de los cañicultores, permitiendo conocer en qué temas tecnológicos se debe reforzar el proceso de transferencia de tecnología para lograr un exitoso proceso de innovación en las haciendas de los cultivadores, generando de esa manera una mayor competitividad en el sector.

Por lo tanto el objetivo general de la presente investigación fue Analizar el comportamiento de la productividad y la adopción de tecnología de los proveedores de Ingenio Providencia durante el periodo 2007-2012 y explorar las necesidades de investigación para mejorarla.

## **1 PROBLEMA**

### **1.1 ANTECEDENTES**

#### **1.1.1. Análisis del sector azucarero**

El sector azucarero colombiano se encuentra ubicado en el valle geográfico del río Cauca, que abarca 47 municipios desde el norte del departamento del Cauca, la franja central del Valle del Cauca, hasta el sur del departamento de Risaralda. En esta región hay 218.311 hectáreas sembradas en caña para azúcar, de las cuales, el 24% corresponde a tierras propias de los ingenios y el restante 76% a más de 2.000 cultivadores de caña. Dichos cultivadores abastecen a los 13 ingenios de la región (Cabaña, Carmelita, Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Risaralda, Sancarlos, Tumaco, Ríopaila-Castilla, Incauca y Providencia). Desde 2005, cinco de los trece ingenios tienen destilerías anexas para la producción de alcohol carburante (Incauca, Manuelita, Providencia, Mayagüez y Risaralda). (Asocaña, 2011a).

Gracias al clima privilegiado de la región, y al contrario de lo que sucede en el resto del mundo (con excepción de Hawaii y el norte de Perú), se puede sembrar y cosechar caña durante todos los meses del año. Esta condición agroclimática, sumada al avance tecnológico impulsado por el Centro de Investigación de la Caña (Cenicaña), que funciona con el aporte de todos los cultivadores e ingenios, ha llevado a que la región se especialice en el cultivo y ostente el liderazgo en productividad a nivel mundial: más de 14 toneladas de azúcar por hectárea al año. (Asocaña, 2011a).

#### **1.1.2. Aspectos Productivos**

Según reportes de Asocaña (2011a) en Colombia, en el año 2010 se produjeron 2,0 millones de toneladas de azúcar a partir de 20,3 millones de

toneladas de caña. De alcohol carburante se produjeron 287 millones de litros, destinados a la mezcla con gasolina en una proporción E8 (8% etanol, 92% gasolina), de acuerdo con el mandato de oxigenación establecido por el gobierno desde noviembre de 2005. En la actualidad se da cubrimiento a prácticamente todo el territorio nacional.

El consumo nacional de azúcar en Colombia fue de 1,63 millones de toneladas, destinado en un 65% al consumo directo en los hogares y un 35% a la fabricación de productos alimenticios y bebidas para consumo humano. En el año 2010 se exportaron 694 mil toneladas de azúcar, de las cuales el 82% se dirigió a Chile, Islas del Caribe, Perú, Estados Unidos, Haití, Sri Lanka y México. El resto del azúcar se exportó hacia múltiples destinos alrededor del mundo. (Asocaña,2011a).

### **1.1.3. Impacto socioeconómico**

Fedesarrollo (2010) presentó los resultados del estudio que realizó sobre el Impacto socioeconómico del sector azucarero en su área de influencia y en la economía colombiana. Las principales conclusiones del estudio, señalan que por cada empleo generado por los ingenios azucareros en sus plantas de producción, se generan 28,4 empleos adicionales en otros sectores de la economía; gracias a la actividad manufacturera de los ingenios, se generan 265 mil empleos a través de toda la cadena de valor.

Según Fedesarrollo (2010) en los municipios cañicultores, frente al resto de municipios de Colombia donde se desarrollan otras actividades agrícolas o agroindustriales, la calidad de vida es mejor y las necesidades básicas insatisfechas de la población son menores, pese a que la inversión pública es baja. Una mejor calidad de vida se ve reflejada en una mayor tasa de escolaridad, una mayor tasa de alfabetismo y una menor tasa de mortalidad. Así mismo, los municipios donde se cultiva caña, destinada a los ingenios azucareros, tienen menos pobreza que otros municipios con presencia de otros cultivos distintos. Las

necesidades básicas insatisfechas de la población en los municipios cañicultores están por debajo de la media nacional. Respecto al Producto Interno Bruto (PIB), por cada peso que los ingenios aportan, se genera en la economía un efecto 4 veces mayor, lo que significa que los ingenios son grandes dinamizadores de la economía colombiana. Según el estudio, cada peso que pagan los ingenios de impuestos a la producción, se traduce en 10 veces más impuestos pagados por las actividades del resto de la cadena. De esta manera, los ingenios son grandes generadores de recursos destinados a financiar inversión pública, entre la que se encuentra la educación y la salud.

Finalmente, una de las conclusiones revela que, la presencia de los ingenios hace que los municipios del área de influencia tengan mejores ingresos, sean más prósperos y que haya mejor calidad de vida para sus habitantes. (Fedesarrollo, 2010).

#### **1.1.4. Aspectos Sociales y Ambientales**

De acuerdo a Asocaña (2011a) la agroindustria azucarera, entre 1996 y 2010, ha invertido más de 488 millones de dólares en el área ambiental lo cual se refleja en menores niveles de contaminación por unidad de producción al año. La gestión ambiental del sector fue reconocida en el ámbito nacional con el primer puesto entregado a los ingenios azucareros a través de Asocaña, en el “Premio Nacional de Ecología Planeta Azul 2002 - 2003: Categoría Empresarial” otorgado por el Banco de Occidente. Este es tal vez el premio de mayor reconocimiento ambiental del país, y es aún más relevante si se tiene en cuenta que se otorgó por el manejo y la conservación del agua en el sector azucarero, un recurso vital para su propia actividad y la región en general.

La meta a cinco años es lograr el establecimiento de franjas forestales protectoras en más de 28 mil hectáreas, recuperar más de 13 mil hectáreas que actualmente están en erosión severa y proteger al menos 15 mil hectáreas en zonas de

conservación. Asimismo, llevar el programa a las demás cuencas hidrográficas que presentan problemas ambientales y sociales contribuyendo a la reconstrucción del tejido social y al mejoramiento de las condiciones de vida de sus pobladores. (Asocaña, 2011 a).

#### **1.1.5. Contribución del Sector Azucarero Colombiano a la competitividad de la Industria Colombiana**

Según Asocaña (2011b) durante la última década el precio del azúcar en Colombia ha contribuido a aumentar la competitividad de los sectores que utilizan este insumo en sus procesos de producción. Mientras en Colombia el azúcar se ha hecho más barato en términos reales para este tipo de consumidores, los precios internacionales de esta materia prima han alcanzado registros históricos superiores a los de los últimos treinta años.

Para determinar en qué forma ha contribuido el Sector Azucarero Colombiano, como productor de una materia prima, a la competitividad estructural de los sectores industriales consumidores, se toma como referencia la última década. Debe advertirse que resultaría inadecuado responder al interrogante realizando únicamente un análisis coyuntural con base en información de un año particular. Por ejemplo, con base en la comparación de la dinámica reciente de precios, podría afirmarse que durante 2009 el Sector contribuyó ampliamente a la competitividad de la industria nacional, mientras que en 2010 se registró un leve retroceso. (Asocaña,2011b).

Según Asocaña (2011b) el precio internacional del azúcar blanco se incrementó 116,0% entre diciembre de 2008 y diciembre de 2009, mientras que el precio al productor de azúcar en Colombia (IPP) se incrementó sólo 6,4% durante el mismo periodo, según el DANE. Para 2010 el precio del azúcar blanco en los mercados internacionales siguió su tendencia creciente y registró un aumento de 27,0%, mientras que el precio al productor de azúcar en Colombia se incrementó 32,8%.

El análisis propuesto supone que la estructura productiva de los ingenios y de las industrias que emplean el azúcar como insumo opera en un mercado globalizado que premia a aquellos sectores cuya competitividad se determina a través de una mayor productividad frente a los productores internacionales. En síntesis, se analiza la evolución de los precios del azúcar en el mercado internacional y en Colombia suponiendo que las industrias nacionales que emplean el azúcar como insumo mantienen niveles competitivos de productividad real en el contexto mundial. (Asocaña, 2011b).

#### **1.1.6. Evolución del mercado internacional de azúcar**

De acuerdo a Asocaña (2011b) durante la última década el precio del azúcar en los mercados internacionales se ha caracterizado por presentar altas volatilidades. Este comportamiento se ha acentuado recientemente y en los últimos años muestra una tendencia creciente.

El fenómeno descrito se ha presentado tanto en el caso de la cotización internacional del azúcar en la bolsa de Nueva York (azúcar crudo) como en Londres (azúcar blanco) entre 2009 y 2010. En el primer caso la cotización pasó de un promedio mensual de 12,0 USDcent/lb en enero de 2009 a 28,0 USDcent/lb en enero de 2010, para luego bajar a 14,6 USDcent/lb en mayo y escalar a 31,1 en diciembre de 2010. El precio promedio mensual del azúcar blanco tuvo un comportamiento similar: de 345,0 USD/ton en enero de 2009 pasó a 734,0 en enero de 2010, luego a un mínimo de 472,0 en mayo y cerró el año con un precio de 766,7 dólares. Las razones del aumento en los precios a finales de 2009, de su posterior reducción en mayo de 2010 y de su final recuperación entre septiembre y diciembre comprendieron una diversa serie de factores que se presentaron a lo largo del periodo analizado. Por ejemplo, la crisis financiera de 2009 no permitió el crecimiento previsto de la producción de Brasil para 2010, y las variaciones del precio del petróleo se transmitieron al precio interno del etanol en ese país y

posteriormente al precio internacional del azúcar. Finalmente, se destacan el efecto de las condiciones climáticas adversas registradas en varios países productores a lo largo de 2010, las medidas gubernamentales en India que han distorsionado recurrentemente la oferta de caña, las restricciones a las importaciones de azúcar en Rusia, los cambios en la política azucarera de la Unión Europea y la entrada o salida masiva de inversionistas de fondos, entre otras. (Asocaña, 2011 b).

#### **1.1.7. El mercado de azúcar en Colombia**

Según Asocaña (2011b) entre 2001 y 2010 Colombia produjo un promedio anual de 2,4 millones de toneladas de azúcar, de las cuales el mercado nacional absorbió 1,5 millones, por lo que en promedio se exportaron 0,9 millones de toneladas cada año. Dado que el valle geográfico del río Cauca es una de las tres regiones en el mundo donde se puede cultivar y cosechar caña durante todo el año, la producción es constante y permanentemente superior a la demanda doméstica. Este es un primer factor de estabilidad para los consumidores, quienes en el resto del mundo están sujetos a las temporadas de cosecha en cada país.

El mercado de azúcar en Colombia puede calificarse como precio-aceptante. Es decir, Colombia no es formador del precio internacional pues, si bien se encuentra entre los quince mayores productores y exportadores de azúcar del mundo, su participación en la producción mundial es apenas 2,0%. Adicionalmente, el mercado azucarero colombiano es abierto, toda vez que no existen restricciones a las importaciones de azúcar y sólo opera el pago de un arancel, que puede llegar a ser cero, como ocurrió durante gran parte de 2010. El arancel aplicado a las importaciones de azúcar desde octubre de 2010 es de cero por ciento. De esta forma, el precio nacional del azúcar depende estrechamente de factores de oferta y demanda ligados a la coyuntura azucarera mundial. Sin embargo, a pesar de que las condiciones del mercado internacional afectan el precio nacional del azúcar, es importante resaltar que dicho efecto es rezagado y su magnitud,

regulada. Los cambios en el precio internacional toman varios meses en reflejarse en el mercado nacional debido a las siguientes razones: a) el precio internacional del azúcar corresponde al de un mercado de futuros, mientras que el precio nacional corresponde a un mercado de entrega inmediata; b) el sistema arancelario de la Comunidad Andina de Naciones estabiliza el costo de importación con un mes de rezago; y c) factores adicionales, como los tiempos que toma la logística de comercialización y distribución de importaciones, hacen que las fluctuaciones del precio internacional del azúcar no se transmitan instantáneamente al mercado nacional. En este sentido, es inapropiado comparar los cambios en el precio internacional de un mes con los cambios en el precio del mercado nacional durante el mismo período. (Asocaña, 2011b).

El mercado azucarero colombiano funciona con un esquema de competencia abierta, en el que coexisten la oferta de los productores nacionales y la de agentes importadores de azúcar. Los comerciantes y consumidores industriales de azúcar en Colombia tienen total libertad para importar azúcar sin restricciones y sólo están sujetos al pago de un arancel que, como se ha visto, puede llegar a ser cero, que fue el arancel aplicado durante casi todo 2006 y está vigente desde octubre de 2010. De hecho, teniendo en cuenta que no todas las importaciones de azúcar se deben pagar ese arancel, el arancel efectivamente pagado en 2010 fue 0,7%, a pesar de que el arancel nominal promedio mensual fue 3,8%. (Asocaña, 2011 b).

#### **1.1.8. Visión estratégica del sector azucarero Colombiano**

Según Asocaña (2011a) el sector azucarero tiene la siguiente megameta: “En el año 2030 el Sector Azucarero Colombiano será líder en la agroindustria internacional por su competitividad, sostenibilidad y generación de bienestar”. Esto significa un reto grande para los ingenios azucareros, los cultivadores de caña de azúcar, sus colaboradores directos e indirectos, los proveedores de servicios e insumos. Para Asocaña implica, claro está, por el liderazgo que ejerce, alinearlos

a todos con ésta Visión y cumplir con la Misión de “promover la evolución y el desarrollo sostenible del Sector Azucarero Colombiano”.

El Desarrollo Económico, el Desarrollo Social y el Cuidado del Medio Ambiente son estos tres pilares, y su equilibrio asegura la sostenibilidad. Con este propósito se definen varios objetivos estratégicos, entre los cuales es importante destacar los siguientes:

1. Promover la efectiva adopción de prácticas en el marco de los estándares disponibles para la sostenibilidad.
2. Apoyar la competitividad internacional del Sector y preservar el ingreso azucarero. Contribuir a cerrar la brecha de costos en un 20 % entre 2009 y 2013 (en condiciones de paridad cambiaria) como el mejor referente regional.
3. Apoyar el desarrollo de los negocios de etanol carburante a 430 millones de litros, de cogeneración a 264 MWH e iniciativas adicionales que lleven el aprovechamiento de la caña al 75% en 2013.

Es importante resaltar que el primer objetivo estratégico prevé la necesidad de promover con la CVC, la CRC y la Carder, los ingenios azucareros y los cultivadores de caña, el mantenimiento y reparación de las obras de infraestructura de riego y drenaje en el valle geográfico del río Cauca, que sufrieron un gran deterioro como consecuencia de la ola invernal, así como la construcción de obras complementarias de regulación de los ríos, de acuerdo con estudios que posee la CVC y según las prioridades que se establezcan.

En cuanto al segundo objetivo, la investigación y el desarrollo son una de sus prioridades. El Centro de Investigación de la Caña de Azúcar debe continuar fortaleciendo el desarrollo de nuevas variedades de caña de azúcar, diseñando

procesos de fábrica más eficientes y transfiriendo tecnología a lo largo y ancho del valle geográfico del río Cauca para que la cobertura de la Agricultura Específica por Sitio sea cada vez mayor y por tanto cumplamos con una parte importante de este objetivo. En este frente trabajan los ingenios azucareros y Cenicaña.

La implementación de la investigación en biotecnología abre grandes posibilidades para el desarrollo de variedades de caña transgénicas que contribuirán de manera importante a mejorar la producción de sacarosa, energía y biomasa para la cogeneración y producción de biocombustibles de segunda generación.

De acuerdo a Asocaña (2011 a) la infraestructura y el desarrollo de nuevos equipos para el transporte de caña son también aspectos de gran significación para el cumplimiento de las metas fijadas.

Un fácil acceso al puerto de Buenaventura es indispensable para mejorar la competitividad. Asocaña debe continuar junto con Ciamsa adelantando gestiones ante el Gobierno central para que se mejore la infraestructura vial, ferroviaria y portuaria, en la cual el canal de acceso a la bahía y al puerto es indispensable para que lleguen buques de gran calado y haya un flujo normal de barcos, sin las limitaciones de las mareas bajas. En la operación logística, Ciamsa tiene el reto de mejorar la eficiencia y lograr costos competitivos con respecto a nuestro referente que es Guatemala.

El compromiso ineludible de los ingenios azucareros, cultivadores de caña de azúcar, Cenicaña y Ciamsa de alinearse con estos objetivos estratégicos es indispensable para asegurar la sostenibilidad del Sector Azucarero Colombiano. (Asocaña, 2011a).

#### **1.1.9. Solidez Organizacional**

Según Asocaña (2011a) para afrontar períodos de crisis como los de los últimos años, fueron indispensables algo más que los ajustes propios de coyunturas como

las de 1999. El camino para llegar a ser uno de los sectores agroindustriales más avanzados del país y con uno de los mayores estándares de eficiencia del mundo, que le ha permitido sobrevivir a períodos prolongados de bajos precios y contracciones de demanda, ha sido particularmente sinuoso y ha requerido del esfuerzo y la visión de los empresarios que, en conjunto con políticas gubernamentales coherentes y estables, han mantenido de manera importante la presencia de un sector vital para preservar la estabilidad socioeconómica de su región de influencia.

En toda esta labor, ha jugado un papel fundamental el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (Cenicaña), que se ha convertido en uno de los centros de investigación azucareros más avanzados del mundo, sirviendo como desarrollador de nuevas tecnologías y variedades aplicadas al cultivo y al procesamiento de la caña de azúcar en Colombia. El Centro de Investigación se ha constituido, sin duda, en un pilar del conocimiento para el sector azucarero, debido a que sus estudios llegaron a un nivel de detalle que facilita que las decisiones en el área agrícola se basen en la información acumulada de las cientos de micro regiones de la zona. Esto disminuye notablemente el riesgo de sembrar una variedad de caña en un tipo de suelo o en un ambiente climático no apto para la misma. Adicionalmente, logra optimizar el uso de los recursos destinados al cultivo, tales como agua, fertilizantes y demás insumos agrícolas. (Asocaña,2011a).

En el ámbito gremial, el trabajo de Asocaña ha permitido canalizar esfuerzos y guardar coherencia en las políticas del sector azucarero, ganando credibilidad frente a distintos estamentos nacionales e internacionales y promoviendo el acercamiento y entendimiento entre los diferentes actores del negocio. Es asimismo destacable la labor de otras organizaciones que apoyan de manera importante el desarrollo y funcionamiento del sector: Comercializadora Internacional de Azúcares y Mieles S.A. (Ciamsa), Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (Tecnicaña), Asociación Colombiana de Productores y Proveedores de Caña de Azúcar (Procaña) y Azucari.

La acción conjunta de todas estas entidades, que conforman la estructura institucional del sector azucarero, ha facilitado que permanezca fortalecido aún después de haber atravesado por uno de los entornos más complicados de toda su historia y ha llevado al sector azucarero a organizarse de manera adecuada, trabajando mancomunadamente en pos del mismo objetivo: garantizar a largo plazo la rentabilidad y la permanencia de la industria azucarera colombiana, mediante la optimización de sus recursos y de sus ingresos, compitiendo además en un mercado internacional cada vez más agresivo y que empieza a dar espacio únicamente a los más eficientes. (Asocaña, 2011a).

## **1.2. CLÚSTER DEL AZUCAR**

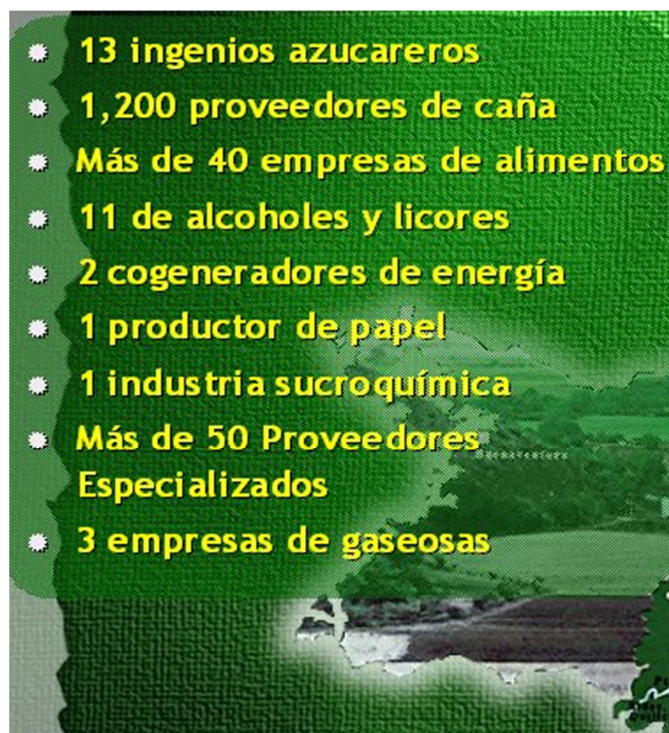
En años pasados se realizó un trabajo conjunto entre varias entidades oficiales y privadas, liderado por Asocaña, en el que se identificó que, con las condiciones y el desarrollo de la industria azucarera en la región, se podía hablar de la existencia del cluster del azúcar. Finalmente, se llegó a que la compleja estructura productiva que se estableció alrededor de la actividad azucarera, estaba conformada por 13 ingenios azucareros, más de 2000 proveedores de caña, más de 40 empresas de alimentos y bebidas, 11 productores de alcohol y licores, 2 cogeneradores de energía, 1 productor de papel, 1 industria Sucroquímica y más de 50 grandes proveedores especializados, además de cientos de pequeñas y medianas empresas proveedoras de bienes y servicios, muchas de las cuales fueron constituidas exclusivamente para atender necesidades específicas del cluster (Asocaña, 2002).

### **1.2.1 Caña y Azúcar**

El sector azucarero continúa siendo el motor de desarrollo de la agroindustria de la región. La producción de azúcar en 2001 superó el valor de 1.6 billones de pesos (US\$700 millones), lo cual explica que, alrededor de la actividad, se hayan establecido cientos de proveedores especializados y otros que derivan sus ingresos en buena parte de atender las necesidades de los ingenios y los

cultivadores de caña.

Figura 1. Clúster del azúcar



Fuente: Asocaña, 2002

Del total de ingresos, alrededor del 35% corresponden a exportaciones de azúcares y mieles, superando los US\$230 millones de dólares al año, contribuyendo de manera relevante a la generación de divisas para el país. (Asocaña, 2002).

### **1.2.2 Alimentos Procesados**

Este es un sector bastante desarrollado y que ha alcanzado altos niveles de competitividad en los últimos años, reflejados en los crecimientos que ha logrado obtener en sus exportaciones: 21% en promedio anual desde 1995 hasta 2001.

Parte de este crecimiento se ha dado precisamente como resultado de la aplicación exitosa del programa de exportaciones conjuntas, identificado como parte fundamental del clúster del azúcar.

El programa de exportaciones conjuntas consiste en exportar productos elaborados con azúcar comprado a los ingenios bajo condiciones preferenciales, con el fin de poderlos ofrecer a precios competitivos en el mercado internacional. Los resultados son notorios: en 1995 se vendieron 42,330 toneladas de azúcar bajo esta modalidad, y en 2001 se llegó a 114,473 toneladas, lo cual representa, durante este período, un crecimiento promedio anual de 18% (Asocaña, 2002).

### **1.2.3 Sucroquímica y Alcoquímica**

Según Asocaña (2002) debido a que sólo hay una empresa en esta área (Sucromiles), no se puede hablar de la existencia de un micro cluster. Sin embargo, es importante destacar que es uno de los que ofrece el mayor potencial de desarrollo por la cantidad de productos que puede fabricar a partir de la caña de azúcar y sus derivados: alcohol, ácido cítrico, citrato de sodio, citrato de calcio, ácido acético, vinagre, acetato de etilo, levaduras, vinazas, yeso y CO<sub>2</sub>.

Actualmente, un grupo importante de empresas de la región, que incluye a Asocaña y a Sucromiles, está explorando la posibilidad de producir biopolímeros en la región a partir de derivados de la caña de azúcar. El potencial de este mercado es amplio, dado el crecimiento de la demanda de plásticos en el mundo y además, el hecho de que serían producidos a partir de productos renovables, como la caña de azúcar, en vez de productos no renovables, como el petróleo, con el cual se produce actualmente la mayor cantidad de polímeros. Adicionalmente, estos productos tienen una característica muy importante como es la de ser biodegradables, lo que les abre aún más posibilidades en el mercado nacional e internacional. (Martínez, 2005).

#### **1.2.4 Alcohol**

De acuerdo a Asocaña (2002) los avances en los últimos años han sido notorios en el tema de alcohol. Recientemente se aprobó una nueva legislación a su alrededor, que elimina el monopolio estatal sobre su producción, luego de casi un siglo de existencia del mismo. Igualmente, con el fin de cumplir con la resolución 898 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente, que obliga a reglamentar la oxigenación de las gasolinas del país, el sector está trabajando conjuntamente con diferentes entidades gubernamentales para hacer viable esta directriz, desde el punto de vista técnico y económico.

Al final, si la reglamentación lo permite, la demanda nacional de un oxigenante como el alcohol sería de cerca de 2 millones de litros diarios, de los cuales el 15% podría fácilmente ser producido por los ingenios del Valle Geográfico del río Cauca, para atender exclusivamente la demanda de esta región. Esto representaría ahorrar divisas para el país por la menor importación de gasolinas, agregar valor a la producción de caña de azúcar de la región, desarrollar nuevas tecnologías y abrir oportunidades de nuevos negocios en otras zonas del país con el fin de suplir la demanda restante. (Asocaña, 2002).

#### **1.2.5 Energía**

Los ingenios continúan siendo autosuficientes energéticamente, dado que producen, a partir del bagazo de la caña, su propia energía para los procesos productivos de las plantas. Adicionalmente, alrededor de 15 MW del total de energía producido, que asciende a 80 MW, son comercializados por dos empresas cogeneradoras anexas a igual número de ingenios.

Sin embargo, en el tema de generación eléctrica para comercialización a partir de bagazo no es mucho lo que se ha avanzado en los últimos años, dado que el marco legal y las condiciones para hacerlo no son los más adecuados. Actualmente, Asocaña está realizando un estudio con el fin de identificar las

variables claves y la normatividad necesaria para que pueda ser aprovechado el potencial actual de cogeneración, que es cercano a 250 MW, el triple de lo que se produce en el presente. (Asocaña, 2002).

#### **1.2.6 El Papel del Estado**

Uno de los temas tratados como prioritarios dentro del estudio del clúster del azúcar, fue el papel que debía asumir el Estado como promotor de las condiciones propicias para garantizar el normal funcionamiento del sector y el desarrollo de un complejo productivo como el que existe en la región alrededor del azúcar y los derivados de la caña. Si bien es cierto que en los últimos años se han realizado avances, es mucho lo que falta por recorrer y no ha sido suficiente el ritmo con el que el país ha mejorado el entorno para hacer negocios. Uno de los factores fundamentales que estimula un ambiente adecuado para ello, es la capacidad de un país de promover su crecimiento, creando las condiciones necesarias para que el conjunto del sector productivo sea competitivo en el ambiente internacional. (Asocaña, 2002).

De acuerdo con el Índice de Crecimiento de la Competitividad (GCI por sus siglas en inglés), publicado anualmente por el Foro Económico Mundial, Colombia ha ido desmejorando su posición relativa frente al mundo, ubicándose en el puesto 65 en el año 2001, luego de estar en el puesto 54 durante 1999 y 2000, dentro de un total de 75 países analizados. Esto significa que, según la medición y metodologías utilizadas por el Foro, las expectativas de crecimiento de la competitividad de Colombia para los próximos cinco años, dadas sus condiciones, son cada vez menores frente al resto de países que están por encima. Si se mira el otro indicador calculado por el Foro, el Índice de Competitividad Actual (CCI por sus siglas en inglés), Colombia también desmejoró frente a años anteriores. En 1999, dentro de los 75 países analizados, Colombia se ubicaba en el puesto 52; en 2000 ascendió al puesto 48 y en 2001 cayó fuertemente, al ubicarse en el puesto 56. (Asocaña, 2002).

Uniendo los dos indicadores, Colombia se ubicaría en las últimas posiciones en materia de competitividad frente al mundo.

Por otro lado, en lo que respecta al papel del gobierno directamente con el clúster del azúcar, se identificaron y solicitaron en su momento varias iniciativas que, de una u otra manera, permitían establecer las condiciones para un desarrollo adecuado del clúster y sus micro clúster.

Se lograron resultados positivos en temas como el de la eliminación del monopolio del alcohol, la obligación de oxigenar los combustibles y la puesta en marcha del Fondo de Estabilización de Precios del Azúcar, entre otros. Aún así, son muchas las acciones que debe llevar a cabo el propio Estado para permitir aprovechar mejor las ventajas de contar con el clúster: fortalecer la posición de Colombia frente al incumplimiento de nuestros socios comerciales; lograr mayor acceso a mercados preferenciales; revisar el plazo para cosecha en verde, en función de su viabilidad técnica, económica y social; estimular el uso de fibra de bagazo como insumo renovable en la fabricación de papel; eliminar la regalía departamental a la exportación de alcoholes; promover la cogeneración de energía a partir de combustibles renovables como el bagazo y, finalmente, lograr un coherente y adecuado marco legal y regulatorio para proyectos de cogeneración.

Igualmente, no se debe dejar de lado la gran necesidad de fortalecer la infraestructura de la región. El mejoramiento de la seguridad vial, la reactivación del Ferrocarril del Pacífico, la construcción de infraestructura vial especializada y la optimización del corredor vial Buenaventura-Bogotá, son temas que no dan espera y la región los reclama desde hace ya un buen tiempo, como factores claves para la generación de empleo y el mejoramiento de la capacidad de movilización de recursos de la región y del centro del país. (Asocaña,2002).

### **1.3.13. Análisis final del clúster**

Desde la primera investigación realizada en 1929 por la Misión Chardon hasta hoy, la industria ha conseguido un alto reconocimiento por la investigación referida al desarrollo de nuevas y mejores variedades de caña, adaptadas a las particulares condiciones de las diferentes zonas y microclimas, lo cual finalmente constituye la mayor contribución al incremento de la productividad física (toneladas de caña por hectárea), al punto de afirmar que ocupa el primer lugar a nivel mundial. Sin embargo Brasil ya obtuvo una variedad de caña transgénica resistente a la sequía, adelanto científico que sería de gran utilidad para nuestro país, debido a los altos costos que representa el riego en Colombia.

Técnicos colombianos asesoran el desarrollo del sector en países de Centroamérica y Perú, en diferentes temas; sin embargo, el dominio tecnológico conseguido no se encuentra integrado y configurado para ofrecerse como un servicio, en el contexto internacional. Los esfuerzos al respecto son puntuales, individuales y todavía esporádicos, no obstante, la enorme potencialidad que tienen.

En el contexto internacional Colombia tiene los más altos rendimientos en términos de toneladas de caña por hectárea (TCH), pero no de toneladas de sacarosa o azúcar por hectárea (TAH), ni en los costos en campo, fábrica y administración entre los países líderes de la industria: Brasil, Australia, Sudáfrica. Colombia no compite con bajo costo, pero si es líder en desarrollo tecnológico referido a las actividades de campo.

La ventaja representada en la alta productividad en campo, se anula cuando el costo total es igualmente alto y el producto no es diferenciado. En estos casos tales ventajas pueden ser entendidas como mecanismos de compensación de las debilidades o sobrecostos. Esta parece ser la situación del presente caso, donde

buena parte de los costos asociados a las labores de campo, cosecha y fábrica son controlados por el propio sector y son mayores que en otros países. Por tanto, uno de los desafíos de la investigación consiste en dirigir esfuerzos hacia el aumento en contenido de sacarosa y a reducir costos. (CNP, 2002).

### **1.3 PANORAMA AZUCARERO MUNDIAL**

Según Asocaña (2011 a) en los últimos años, el mercado azucarero mundial se ha transformado de manera importante. Atrás quedaron las espectaculares variaciones de precios del azúcar de los años setenta e inicios de los ochenta, cuando pasaba de 8 centavos de dólar la libra en 1973, a 54 centavos en 1974, o de 40 centavos en octubre de 1980 a 12 centavos en octubre de 1981. Igualmente, el mercado dejó de ser controlado por pocos actores, ya fueran productores o consumidores, que tenían altas posibilidades de influir de manera significativa en el comportamiento de los precios internacionales, mediante la imposición de cuotas, subsidios o variaciones en la producción como resultado de políticas internas o fuertes cambios climáticos.

Hoy en día, casi todos los países producen azúcar directamente o, al menos, refinan lo que compran de azúcar crudo en el mercado mundial. Eso ha disminuido notablemente la sensibilidad del precio internacional a cambios bruscos de producción o consumo en un país en particular. Si bien es cierto que no se puede desconocer actualmente el poder de Brasil para definir la tendencia del precio internacional, también es cierto que hay muchos otros países que de una u otra manera amortiguan los efectos de una crisis, ya sea por el lado de la oferta: la Unión Europea, Tailandia, Cuba, Sudáfrica, Guatemala y Colombia, o por el lado de la demanda: China, Rusia, Japón y muchos otros países asiáticos. (Asocaña, 2011a).

Aunque estos hechos han permitido una mayor estabilidad en el precio

internacional, también han desembocado en que la competencia por el mercado internacional sea mucho más fuerte que antes, especialmente si se tiene en cuenta además, que algunos gobiernos han venido disminuyendo, lentamente, las fuertes regulaciones a sus industrias azucareras locales.

Por otro lado, así como en su momento algunos países adoptaron políticas internas de estímulos a la producción de combustibles alternativos para defenderse de las fuertes variaciones de los precios del petróleo, en sectores como el de los edulcorantes también se empezó a dar el mismo fenómeno: fue el caso del Jarabe de Maíz Rico en Fructosa (JMRF), la glucosa, la dextrosa, la fructosa, y los edulcorantes intensivos de alto poder, como la sacarina y el aspártame, entre otros.

Estos edulcorantes tuvieron un rápido crecimiento en los años ochenta e inicios de los noventa, alcanzando, en términos equivalentes a azúcar, el 20% del mercado mundial de edulcorantes. A finales de los noventa, su crecimiento se estancó, y para los próximos 10 años, su participación en el mercado mundial de edulcorantes se espera que se mantenga entre el 20 y el 25% del total, siendo el resto, entre 75 y 80%, lo correspondiente a azúcar.

Según Asocaña (2011 a) en conclusión, las grandes variaciones en el precio y en las condiciones del mercado desaparecieron por cuenta de la aparición de nuevos y variados actores en el mercado azucarero mundial, la disminución de la regulación a la industria azucarera en algunos países del mundo y el surgimiento de productos sustitutos que, aunque no representan una amenaza de largo plazo sí tuvieron un efecto importante en los primeros años de crecimiento. Finalmente, no se puede desconocer que el perfeccionamiento y diversificación de los distintos instrumentos de inversión disponibles en el mercado lograron también que se disminuyera la especulación y se acentuara la correlación entre los precios internacionales de los commodities en general.

Por todas estas razones, hoy más que nunca han tomado relevancia los factores diferenciadores de competitividad en el mercado internacional. Anteriormente, los bajos niveles de eficiencia y productividad eran compensados con grandes subsidios y altos niveles de protección local, además de elevados precios internacionales.

La disminución de la protección y la tendencia, aunque lenta, a disminuir el papel de los Estados en la asignación de recursos públicos para subsidiar permanentemente una actividad en particular, ha hecho más factible competir en el mercado internacional en igualdad de condiciones, lo cual permite que las industrias más eficientes aprovechen sus ventajas competitivas. El sector azucarero colombiano es consciente de ese reto, y así ha venido preparándose desde hace muchos años, al consolidarse hoy en día como una de las industrias azucareras más productivas del mundo, como lo reconocen varios estudios internacionales sobre la materia

Adicionalmente, toma fuerza la tendencia internacional a depender cada vez menos de un solo producto homogéneo, como el azúcar convencional, que tiene pocas posibilidades de diferenciarse y crear marcas específicas que otorguen un mayor valor. Por esta razón, varios de los principales productores del mundo, de acuerdo con sus posibilidades y políticas gubernamentales internas, están diversificando sus ingresos y generando valor a partir de productos diferentes al convencional, tales como: melazas, azúcar refinado, alcohol, cogeneración de energía a partir de bagazo, tableros aglomerados, papel y solventes.

Todos estos productos, ya sean derivados directamente de la caña o subproductos derivados de la producción de azúcar, se producen en una u otra magnitud en Colombia. La producción de melazas, que cubre todos los ingenios del país, alcanza cerca de 480,000 toneladas anuales, que representan el 22% de la producción total de azúcares; la producción de azúcar refinado asciende a más de 470,000 toneladas al año, participando con el 22% de la producción total de

azúcares, a partir de cinco refinerías en igual número de ingenios; de alcohol se producen cerca de 25,000 litros diarios en dos destilerías anexas a igual número de ingenios, aún cuando persisten pobres condiciones normativas para su desarrollo, que si se modificaran, permitirían una producción de 300,000 litros diarios; la cogeneración hoy en día permite la producción de 80 MW de energía, que podría triplicarse bajo un adecuado ambiente normativo; finalmente, y también bajo condiciones apropiadas que hoy no existen en Colombia, se podría desarrollar aún más la producción de tableros aglomerados y papel, que hoy en día se elaboran a baja escala a partir del bagazo de la caña. (Asocaña,2011 a).

Por esto, el Estado colombiano está llamado a introducir algunos cambios en las normas que fueron creadas en momentos diferentes al actual, cuando el proteccionismo a ultranza y la defensa de industrias estatales ineficientes eran una realidad y probablemente una necesidad. Sin embargo, hoy en día, la prioridad es modernizar y adecuar el país para competir de manera eficaz en el ámbito internacional, con el fin de dar mayor espacio a las iniciativas privadas y a la inversión en productos de mayor valor agregado, diversificando los ingresos y generando alternativas sostenibles de crecimiento a largo plazo. (Asocaña, 2011a).

## **1.6. TRATAMIENTO DEL PROBLEMA**

El azúcar que se produce en Colombia proviene exclusivamente de la caña de azúcar. Los altos rendimientos y las condiciones climáticas que permiten cosecha y molienda durante todo el año le han dado una importante ventaja frente a otros países productores. Esta actividad está concentrada en el valle del río Cauca, en particular en los departamentos del Valle, Cauca y Risaralda, donde se encuentra la gran mayoría de cultivos y de ingenios azucareros del país. (DNP, 2007)

En el año 2004 se produjeron en el país 22 millones de toneladas métricas de azúcar. La Producción del componente industrial de la cadena fue de 3,9 billones de pesos, concentrada en azúcar blanca, confitería (sin contar la chocolatería) y galletas. En el período 2002-2005, la cadena registró una balanza comercial positiva: en promedio las exportaciones fueron de US\$ 398 millones y las importaciones de US\$ 57 millones. (DNP, 2007).

En Colombia, en el año 2010 se produjeron 2,0 millones de toneladas de azúcar a partir de 20,3 millones de toneladas de caña. De alcohol carburante se produjeron 287 millones de litros, destinados a la mezcla con gasolina en una proporción E8 (8% etanol, 92% gasolina), de acuerdo con el mandato de oxigenación establecido por el gobierno desde noviembre de 2005. En la actualidad se da cubrimiento a prácticamente todo el territorio nacional.

El sector azucarero colombiano juega un papel importante en el mercado mundial. Según los datos de la Organización Internacional del Azúcar (OIA), la producción de 2,28 millones de toneladas de azúcar durante 2007 ubicó a Colombia como el décimo tercer productor, y con la exportación de 716 mil toneladas el país se ubicó en ese año en la décima posición de la lista de principales exportadores de este producto en el mundo. (Fedesarrollo, 2009).

Si bien es cierto que Colombia registra la mayor productividad de azúcar por hectárea en el mundo, no es menos cierto que debe continuar fortaleciendo la investigación y el desarrollo en el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar–Cenicaña para producir nuevas variedades de alta productividad y óptimo consumo de agua, así como trabajar en la implementación de la agricultura específica por sitio en toda el área sembrada de caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca y fortalecer la transferencia de tecnología de las diferentes labores culturales necesarias y la utilización de los insumos que estrictamente requiere el cultivo (Asocaña, 2010).

En el año 2000 Cenicaña formuló el proyecto de Agricultura Especifica Por Sitio (AEPS), con el objetivo general de asegurar la adopción y el impacto de tecnologías limpias, específicas para diferentes condiciones agroecológicas y socioeconómicas, a fin de mejorar la sostenibilidad y la competitividad del sector azucarero en el largo plazo y contribuir al desarrollo económico de la región (Cenicaña, 2011a).

Durante la última década Cenicaña ha promovido la estrategia de Agricultura Especifica por Sitio (AEPS) para el desarrollo productivo y sostenible del cultivo de la caña de azúcar en el Valle del río Cauca, de modo que la zonificación agroecológica ha sido adoptada como un componente fundamental en la formulación de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico. (Cenicaña, 2011 a).

El enfoque de AEPS se define como el arte de realizar las prácticas agronómicas requeridas para una especie vegetal de acuerdo con las condiciones agroecológicas del sitio donde se cultiva para obtener de ella su máximo potencial. Los fundamentos de la AEPS desarrollados durante la última década han sido adoptados progresivamente por el sector azucarero colombiano, en los programas

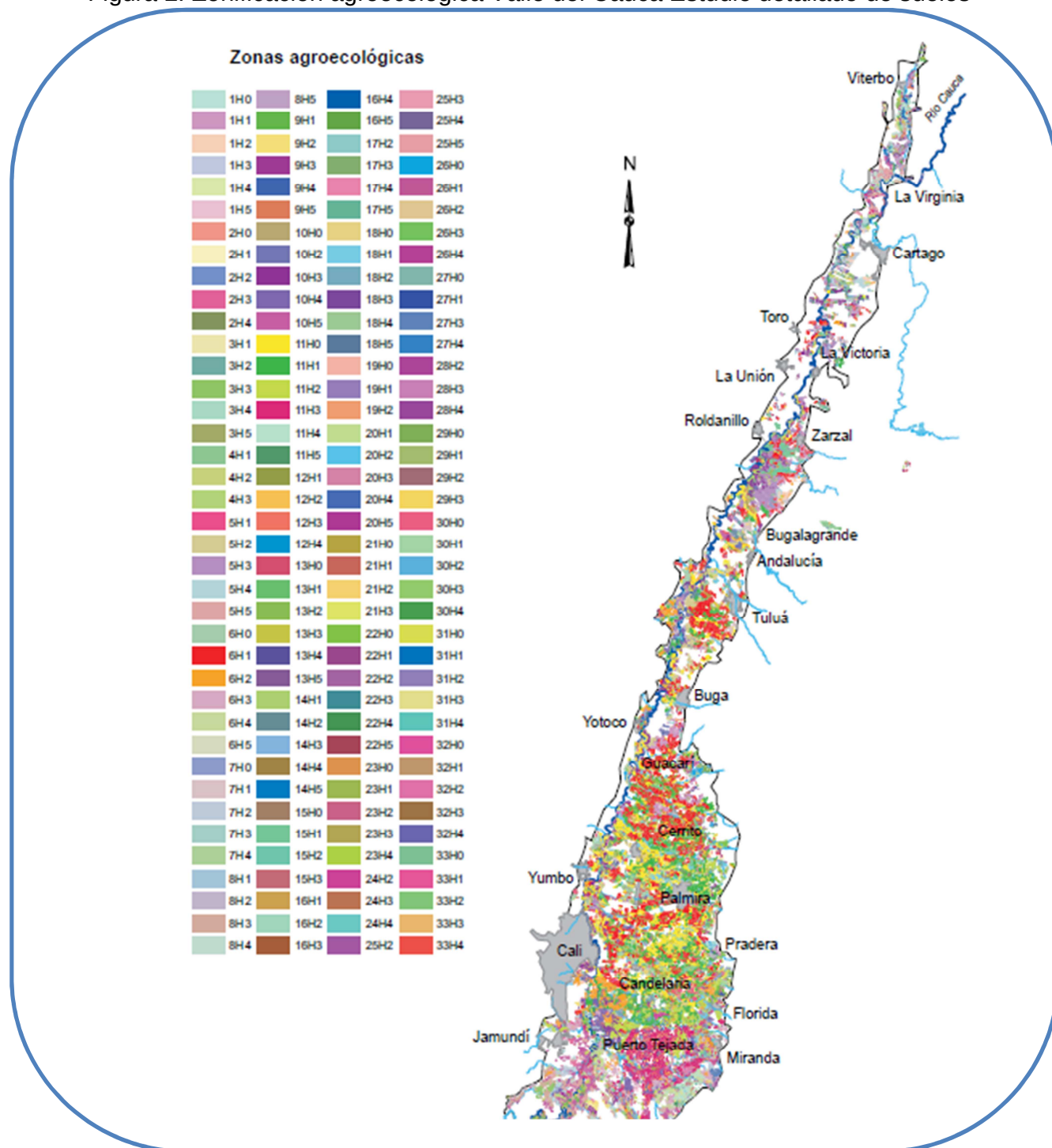
de investigación, planeación sectorial, transferencia de tecnología y la introducción de prácticas sostenibles en la actividad productiva (Cenicaña, 2011 a).

Se adoptó la definición de zona agroecológica como una zona relativamente homogénea en cuanto a la productividad del cultivo y caracterizada por factores biofísicos de largo plazo generalmente estables, en las cuales se espera que la respuesta del cultivo sea homogénea en términos de productividad.

En el sector azucarero colombiano la zonificación agroecológica constituye un elemento esencial en el desarrollo agroindustrial sostenible, el cual se fundamenta en la adopción de la agricultura específica por sitio (AEPS). El enfoque AEPS es promovido como estrategia para el análisis de la vocación actual del uso de tierras y la toma de decisiones de manejo agrícola y agronómico mediante tecnologías adecuadas, que contribuyan a la sostenibilidad del cultivo con los aspectos productivos, económicos, sociales y ambientales.

Mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y geoestadística se identificaron 149 zonas agroecológicas que resultaron de combinar los factores asociados con seis grupos de humedad (balance hídrico, permeabilidad del suelo, pendiente del terreno y signos de mal drenaje) y 33 grupos homogéneos de suelos. Posteriormente después de investigaciones recientes en diciembre de 2010 se identificaron finalmente 156 zonas agroecológicas para el cultivo de la caña de azúcar en 212,000 has sembradas. (Cenicaña, 2011 a).

Figura 2. Zonificación agroecológica Valle del Cauca Estudio detallado de suelos



Fuente: Cenicaña, 2011 a

Las principales zonas agroecológicas de Ingenio Providencia y sus cañicultores son las siguientes: 6H1, 11H0, 11H1, 22H0 y 15H0. Esta situación influye en los potenciales productivos de la haciendas, es decir para cada zona agroecológica existe un potencial de producción, situación determinante a la hora de definir qué tipo de tecnología se debe aplicar para alcanzar los mejores resultados de producción.

El mejoramiento y la sostenibilidad del sector no solo radican en tener tecnologías disponibles sino, fundamentalmente en usarlas, ajustarlas y aprovecharlas. El conocimiento es ahora el más importante factor en el desarrollo y esta tendencia está por intensificarse. En este siglo, la acumulación y aplicación de conocimientos conducirá a procesos de desarrollo y creará oportunidades sin precedente para el crecimiento y la reducción de la pobreza (World Bank Group, 2000 citado en Rivera y Romero, 2003).

En el sector azucarero Colombiano se ha dado un proceso constante y creciente en términos de innovación tecnológica, aspecto que toma relevante importancia en las políticas de Gobierno del Presidente Santos quien afirma que la innovación es una de las herramientas para que un país registre altas tasas de crecimiento, razón por la cual es una de las locomotoras de su administración. El Presidente Santos enfatiza la necesidad de fortalecer los procesos de innovación para mejorar la competitividad del país. (DNP, 2011 a).

En el foro Conectando a Colombia<sup>3</sup> realizado el pasado mes de septiembre de 2011, organizado por Foros Semana, el Departamento Nacional de Planeación, el Ministerio de Comercio, Industria y Comercio y Bancoldex, el Sr Presidente de la Republica enfatizo la importancia de la innovación para el futuro de la patria.

---

<sup>8</sup> Apuntes de William Sánchez Peña (2011). Asistente de Dirección. Instituto de Prospectiva, Innovación & Gestión del Conocimiento, Universidad del Valle, Cali. Colombia.

Dentro del plan de desarrollo propuesto por el Presidente Santos se incluye: la reducción de la pobreza, reducción de la desigualdad, mejoramiento de los indicadores sociales. Para contribuir a que estos objetivos se cumplan el país debe tener un crecimiento alto y sostenido y para lograrlo se debe invertir en infraestructura como una de las locomotoras del plan de gobierno, la inversión impulsa la economía, la construcción de carreteras de doble calzada, la banda ancha, los puertos, es decir la inversión en infraestructura conduce a la competitividad. La otra locomotora es la vivienda, es uno de los sectores jalonadores por naturaleza. El sector agrícola hace parte de las locomotoras, tenemos un gran potencial para trabajar. La otra locomotora es la Innovación por lo cual, se debe incrementar la productividad, para que esta nos mantenga creciendo a tasas altas. Se estudiaron las experiencias de los países que han logrado tasas altas de crecimiento y se vio que el 50% o más se explica por la productividad y la innovación, mientras que hoy en Colombia se explica en un 1%, además debería ser transversal en todos los sectores industria, comercio, servicios, institucionalidad, academia, artes, la más sencilla definición de innovación es hacer mejor las cosas, ser más eficiente, más efectivo, ojalá en forma más barata.

Durante el foro el director de Planeación Nacional el Dr. Hernando José Gómez expuso que existe una correlación directa entre el índice de innovación y el índice de desarrollo de los países, generándose bienes y servicios en beneficio de la sociedad.

Rosario Córdoba. Presidente, Consejo Privado de Competitividad expreso que la innovación es fundamental para la competitividad nacional, para el 2032 el sistema nacional de competitividad se trazo la meta de aumentar el ingreso per capita en 18 mil dólares, esto se lograra incrementando la transformación productiva, generando valor agregado que nos permita competir con un mundo globalizado.

El Director del Departamento Nacional de Planeación expreso en la Asamblea anual de la Andi en Cartagena que los pilares estratégicos de la locomotora de la innovación están sustentados en el capital humano de calidad, la ciencia y tecnología relevantes, así como en la innovación empresarial y emprendimiento, todo lo cual requiere el fortalecimiento institucional. Reitero que los nuevos sectores basados en la innovación permitirán al 2014 un crecimiento económico por encima del seis por ciento anual y el porcentaje de empresas innovadoras deberá llegar al 25 por ciento. (DNP, 2011 b)

Una de las estrategias es el fomento a la creación de centros de investigación y desarrollo en las empresas colombianas y la atracción de estos centros internacionales, como enfoque a la innovación en los negocios nacionales. “Tenemos que trabajar con las grandes empresas para crear un al interior de ellas un sistema de innovación y desarrollo con el fin de obtener productos novedosos y nuevos servicios” (DNP, 2011 c).

Todo el marco normativo y organizacional presentado refleja los lineamientos generales de política en ciencia, tecnología e innovación en Colombia y la importancia que se le ha empezado a dar como elemento estratégico para el avance del país, hoy la Comisión Nacional de Competitividad reconoce que la CTI es la base de la política de productividad y competitividad, mientras que en el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 se identifica la CTI como una dimensión especial del desarrollo. (Uribe y otros, 2011).

La ciencia y tecnología son fundamentales para acelerar la locomotora de Innovación ( DNP, 2011 d), el sector azucarero cuenta con el apoyo de Cenicaña, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña) institución privada sin ánimo de lucro, fundada en 1977 por iniciativa de la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia (Asocaña) en representación de la agroindustria azucarera localizada en el valle del río Cauca.

Cenicaña desarrolla programas de investigación en Variedades, Agronomía y Procesos de Fábrica, y cuenta con servicios de apoyo en Análisis Económico y Estadístico, Información y Documentación, Tecnología Informática, Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología. Presta servicios de análisis de laboratorio, administra las estaciones de la red meteorológica automatizada y mantiene actualizada la cartografía digital del área cultivada. Sus recursos de financiación corresponden a donaciones directas realizadas por los ingenios azucareros (Cenicaña, 2011 b).

Para el sector azucarero colombiano es una ventaja contar con este centro de Investigación el cual es pieza clave para el desarrollo de nuevas tecnologías que posibiliten cambios positivos en los procesos productivos.

Los Acuerdos de Competitividad, los cuales se han venido promoviendo por el gobierno nacional desde 1995, son considerados como otro de los mecanismos de direccionamiento del sector y específicamente de las cadenas productivas, conforman un instrumento donde se formaliza el conjunto de acuerdos adoptados por una organización de cadena, dentro de los cuales, debe existir uno relacionado con la investigación y el desarrollo tecnológico. Paralelo a los desarrollos anteriores, se identifican otras iniciativas relacionadas con el direccionamiento de la ciencia, tecnología e innovación en el sector agropecuario, como la Visión 2019 para el campo colombiano, donde una de las metas a alcanzar es “Mejorar la innovación tecnológica en los sistemas productivos agropecuarios” . De manera similar, en las Agendas Internas formuladas con el liderazgo del DNP para los sectores cárnicos y lácteos, oleaginosas, aceites y grasas, azúcar y hortofrutícola, cuyos resultados se conocen a mediados de 2007, se plantean acciones de investigación, innovación, transferencia y adaptación de tecnologías enfocadas al desarrollo tecnológico. (Uribe y otros, 2011).

Para aumentar la velocidad con la cual se difunden las iniciativas de adopción, desde Cenicaña se coordina la Red de Grupos de Transferencia de Tecnología

(GTT) y a su vez los Ingenios azucareros tienen un departamento de asistencia técnica a proveedores con el objetivo de apoyar la transferencia de tecnología haciendo extensivas las mejores prácticas en el cultivo de la caña de azúcar.

Las relaciones de ingenios y cultivadores deben ser más fraternales. Se trata de dos eslabones claves de la cadena azucarera. El diálogo permanente entre cada ingenio y sus proveedores de caña, así como la información oportuna y confiable de los ingenios a los cultivadores, son indispensables para asegurar la confianza entre las partes y fortalecer la cadena de valor. (Asocaña 2010).

Las tecnologías involucradas en el sector también tienen en cuenta los aspectos sociales y ambientales que son de alta importancia en la actualidad para el desarrollo de cualquier sector.

En el año 2011 Fedesarrollo presentó los resultados del estudio que realizó sobre el Impacto socioeconómico del sector azucarero en su área de influencia y en la economía colombiana. Las principales conclusiones del estudio, señalan que por cada empleo generado por los ingenios azucareros en sus plantas de producción, se generan 28,4 empleos adicionales en otros sectores de la economía; gracias a la actividad manufacturera de los ingenios, se generan 265 mil empleos a través de toda la cadena de valor. En los municipios cañicultores, frente al resto de municipios en Colombia donde se desarrollan otras actividades agrícolas o agroindustriales, la calidad de vida es mejor y las necesidades básicas insatisfechas de la población son menores, pese a que la inversión pública es baja. Una mejor calidad de vida se ve reflejada en una mayor tasa de escolaridad, una mayor tasa de alfabetismo y una menor tasa de mortalidad. (Asocaña,2011).

El empeño puesto en mantener buenas condiciones laborales para los empleados del sector y en generar impactos positivos para las comunidades del área de influencia de los ingenios, llevó a que en el año 2003 Asocaña recibiera el “Premio a la Responsabilidad Social” de la Organización Internacional para las Migraciones

(OIM), por el ejemplar desempeño empresarial exhibido en este campo. En la entrega de este premio participaron también entidades nacionales como la Alcaldía de Cali, la Gobernación del Valle del Cauca, el ICBF y la Red de Solidaridad Social, y entidades internacionales como la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID por sus siglas en inglés). (Asocaña, 2011).

El Desarrollo Económico, el Desarrollo Social y el Cuidado del Medio Ambiente son estos tres pilares, y su equilibrio asegura la sostenibilidad. Con este propósito se busca que todas las tecnologías que se produzcan y adopten en el sector tengan estos importantes componentes.

El Ingenio Providencia tiene una molienda promedio de 8,500 toneladas diarias de caña, para una producción anual de 4,500,000 quintales de azúcar y 76 millones de litros de alcohol carburante al año. El Ingenio está constituido por 6,000 hectáreas de tierras propias y 15,000 hectáreas de tierras de cultivadores o proveedores de caña. Esto evidencia que para el Ingenio, la mayor parte de la caña cosechada proviene de los cultivadores lo que hace que ellos tengan un peso importante en la disponibilidad de caña para el proceso fabril. Es fundamental que los proveedores obtengan altos niveles de productividad, pues optimizan la producción de sus campos y por supuesto aumentan la disponibilidad de caña para el Ingenio, los potenciales de productividad están estrechamente relacionados con las zonas agroecológicas y con los tipos de manejo que haga cada cañicultor. De ahí la importancia de tener un proceso de difusión de tecnologías fortalecido y efectivo con un acompañamiento constante y oportuno de las tecnologías disponibles. En la medida que esas tecnologías se adopten teniendo en cuenta el concepto de AEPS (Agricultura Específica Por Sitio), se espera un aumento en la producción para satisfacción de los cultivadores y beneficio del ingenio al disponer de mayor cantidad de materia prima, importante debido a que la frontera agrícola para caña se encuentra limitada puesto que no hay nuevas aéreas para sembrar cultivos de caña.

### **1.6.1 FORMULACION DE PROBLEMA**

¿Cómo se ha comportado la productividad y la adopción de tecnología de los proveedores de caña de Ingenio Providencia durante el periodo 2007 -2012 y cuáles son las necesidades de investigación orientadas a mejorarla?

### **1.6.2 Desagregación del problema**

- ¿De qué manera los niveles de productividad se pueden correlacionan con la adopción de tecnología de los productores de Ingenio Providencia?
- ¿Cuáles son los factores limitantes que obstaculizan alcanzar el potencial de producción por zona agroecológica de los campos de los proveedores de caña?
- ¿Cuáles son los factores que fidelizan a los proveedores con el Ingenio Providencia?
- ¿Cuáles serán las demandas de investigación por parte de los cañicultores de Ingenio Providencia en la actualidad?

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar el comportamiento de la productividad y la adopción de tecnología de los proveedores de Ingenio Providencia durante el periodo 2007-2012 y explorar las necesidades de investigación para mejorarla.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar los niveles de productividad de los proveedores de Ingenio Providencia por zona agroecológica
- Conocer los niveles de adopción de tecnología de los proveedores de caña de Ingenio Providencia.
- Relacionar los niveles de productividad con la adopción de tecnología
- Identificar los factores limitantes por zonas agroecológicas en la obtención del mejor potencial de producción de los proveedores de Ingenio Providencia
- Identificar los factores claves que fidelizan a los proveedores de caña de Ingenio Providencia.

- Diseñar una agenda de investigación para el Ingenio Providencia y sus cañicultores enfocada en los procesos relacionados con la adopción de tecnologías.

### **3 JUSTIFICACIÓN**

La agricultura está alcanzando los límites de los recursos de tierra y agua disponibles. Los futuros incrementos de la producción, del ingreso rural y de los aprovechamientos para los agricultores tendrán que venir de las innovaciones tecnológicas, de cambios en el manejo, que conduzcan a perfeccionar la eficiencia de la operación de los sistemas agrícolas, para producir más alimentos y fibras y no de la expansión territorial. Esto significará que los productores tengan acceso a los conocimientos y su información relacionada, habilidades, tecnologías y actitudes, generados por la investigación científica, como herramienta transformadora de la sociedad mediante la interacción; además jugarán un papel importante en la productividad y sustentabilidad de la agricultura (Andrew y Hilderbrand, 1977; Gutiérrez et al., 1999 citado en Rivera y Romero, 2003).

Con el fin de mejorar la competitividad del sector a través de mayores rendimientos, altos niveles de calidad y posicionamiento en los mercados, es necesario consolidar la incorporación de nuevas técnicas, métodos e insumos, que aumenten la eficiencia y la productividad de los sistemas productivos y la comercialización de los productos; es por ello que, dentro del direccionamiento estratégico del sector, la variable tecnológica toma relevancia (Uribe y otros, 2011).

Esta investigación es pertinente porque arrojará resultados que serán de gran utilidad para el Ingenio Providencia en cuanto al conocimiento del nivel de adopción de tecnologías por parte de sus cultivadores de caña (cañicultores), información que permitirá conocer como es el nivel de adopción de tecnologías innovadoras que posibiliten cambios positivos en los procesos productivos obteniendo mayores producciones.

Permitirá saber cuáles son las principales limitaciones en los procesos productivos de los cañicultores que impiden que sus haciendas alcancen los niveles de productividad ideales. Esta información es fundamental para realizar una gestión tecnológica adecuada que permitirá ser más competitivos en el clúster azucarero. Países productores de caña como Brasil le dan un gran peso al tema tecnológico posibilitando que sean competitivos ante un mundo globalizado como el actual.

La gestión tecnológica es fundamental para los procesos de toma de decisiones estratégicas concernientes a los sistemas productivos y a la generación de valor. El conocimiento dejó de ser un tema secundario para convertirse en la pieza clave de la competitividad (Castellanos, 2008).

Actualmente las organizaciones deben ejecutar sus decisiones en forma eficaz y eficiente para responder al ritmo con el cual las tecnologías entran al mercado y enfrentar los desafíos de los agentes de cambio. Teniendo en cuenta que la tecnología es el motor impulsor –presente desde la elaboración de un bien o servicio hasta la generación permanente de ventaja competitiva–, la gestión de tecnología ha evolucionado, y si bien retoma las bases y el valor de las etapas anteriores de su desarrollo, hoy se proyecta desde la gestión de la información y su transformación en conocimiento, considerado como impulsor de la productividad y el desarrollo económico del siglo XXI (Castellanos, 2007).

Sin embargo, la generación de ciencia y tecnología en los diferentes ámbitos, que buscan siempre satisfacer demanda o necesidad de la sociedad, requieren de un proceso eficaz y eficiente, que lleve la información desde el centro generador de la ciencia y tecnología hasta el centro de consumo o usuario final, para que ésta se adopte (apropie y aplique).

Ingenio Providencia cuenta con un Departamento de asistencia técnica a proveedores de caña y por lo tanto la información generada en esta investigación aportará una radiografía de los procesos tecnológicos de los cañicultores, permitiendo conocer en qué temas tecnológicos se debe reforzar el proceso de transferencia de tecnología para lograr un exitoso proceso de innovación en las haciendas de los cultivadores, generando de esa manera una mayor competitividad en el sector.

Colombia ha venido desarrollando un conjunto de estrategias para el mejoramiento de la productividad y la eficiencia de la producción, con miras a consolidar el proceso de recuperación y crecimiento del sector agropecuario. Una de esas estrategias es impulsar la investigación, la transferencia y la innovación tecnológica. En este sentido, el MADR ha buscado priorizar las necesidades tecnológicas y no tecnológicas a través de la elaboración de agendas prospectivas (Uribe y otros, 2011.)

El diseño de la agenda de ciencia y tecnología planteada en esta investigación busca priorizar las demandas de investigación, innovación y desarrollo tecnológico, reflejada en un listado de problemas tecnológicos, facilitando la participación de los destinatarios y usuarios de las tecnologías (los cañicultores). Los resultados de la agenda serán fundamentales para propiciar el fortalecimiento de la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico fundamentales para la sostenibilidad del sector. El sector azucarero tiene la gran ventaja de contar con un importante Centro de Investigación como lo es Cenicaña, los resultados que arroje la agenda de ciencia y tecnología se suministrarán a Cenicaña para sugerir las diferentes propuestas de investigación que surjan.

La construcción de una agenda de investigación tiene como propósito la identificación de la problemática presente en el sector, con la consecuente

determinación de las demandas de tipo tecnológico y no tecnológico que deben ser abordadas por los actores de la cadena. De esta forma se permite establecer acciones estratégicas para la solución de los problemas identificados, ya sea por la vía de transferencia del conocimiento o por la generación de capacidades nacionales para la ejecución de los proyectos.

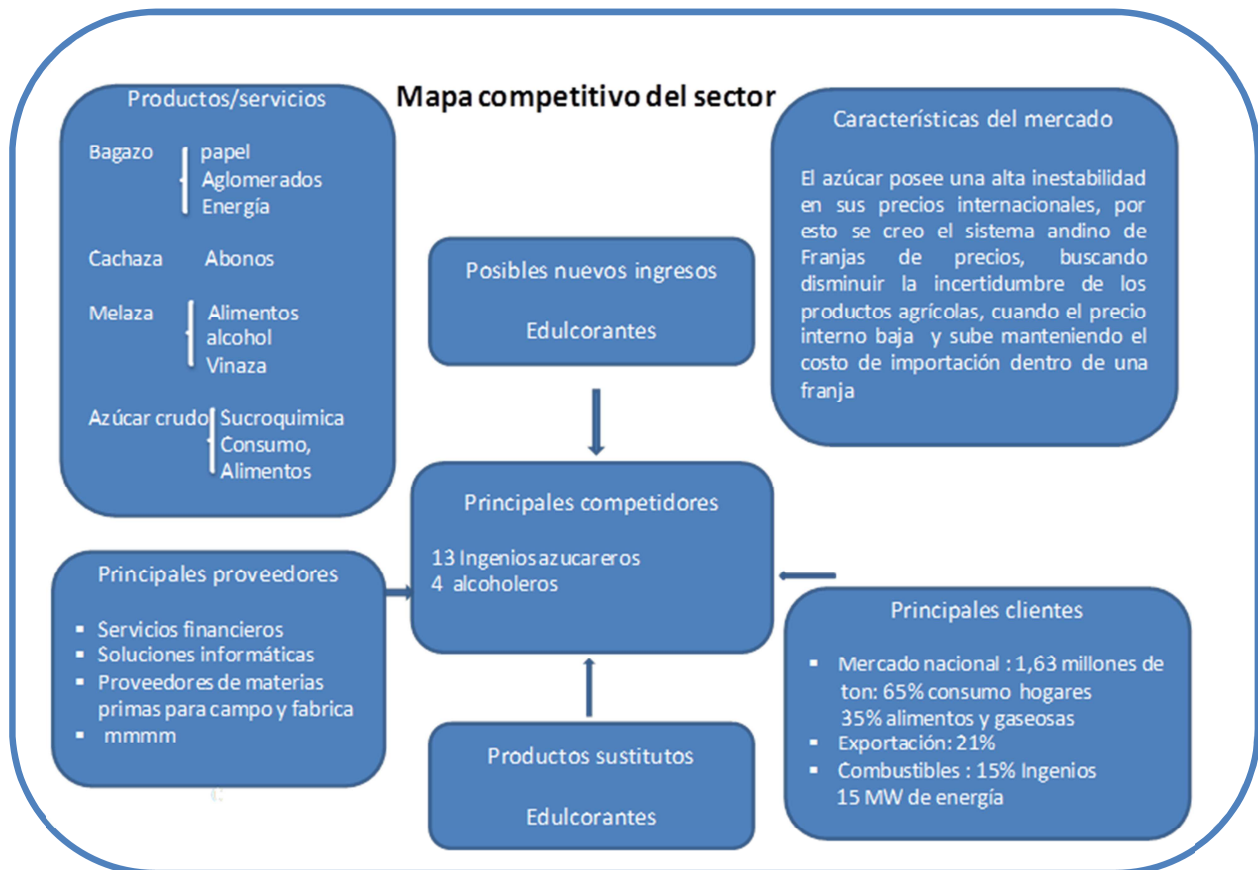
Esta investigación permitirá al Ingenio Providencia conocer con mayor detalle la información de sus clientes, situación que posibilita entender que factores fidelizan a los cañicultores con el Ingenio, aspecto fundamental para el Ingenio debido a la limitación de áreas para sembrar caña.

Por tanto, esta investigación es pertinente porque arrojará resultados que serán útiles para el Ingenio Providencia en cuanto al conocimiento del nivel tecnológico de sus clientes, sus procesos productivos y los factores importantes que contribuirán a mejorar y optimizar sus producciones y como consecuencia de esto la disponibilidad de materia prima para el Ingenio aumentará. Adicionalmente, ayudara a detectar situaciones que hacen que los proveedores estén conformes o inconformes con el Ingenio Providencia. Como se menciona anteriormente el área para extender el cultivo es limitada y por lo tanto deben identificarse acciones que apunten al mejoramiento continuo de la producción y satisfacción de sus cultivadores.

Existen estudios similares sobre otros cultivos, con características un poco parecidas, pero no existe un estudio en caña de azúcar como este que discrimine por niveles de productividad las tecnologías adoptadas.

## 4 MARCO TEÓRICO

Figura 3. Mapa competitivo del sector



Fuente: Propia a partir del documento: Cluster del azúcar en Colombia, Asocaña (2002).

### 4.1 Las Cinco Fuerzas Competitivas<sup>4</sup>

Con base en la metodología de las cinco fuerzas competitivas de Porter, se

<sup>4</sup> El siguiente apartado está basado en: "El conglomerado del azúcar del Valle del Cauca, Colombia", Centro Nacional de Productividad (2002).

presenta el análisis realizado tanto sobre la Cadena Productiva (horizontal) como la Competencia (vertical) en el sector azucarero colombiano. Se cubren las dimensiones de la competencia, proveedores, los compradores y desde luego, la competencia del sector.

Figura 4. Modelo de Competitividad de Porter



Fuente: Betancourt, 2010

#### 4.1.1 Rivalidad de los competidores actuales

En Colombia existen trece ingenios azucareros situados en el valle del río Cauca que fabrican casi todo el azúcar producido en Colombia. Están localizados en los departamentos del Cauca, Valle del Cauca y Risaralda.

Es una región que posee las condiciones idóneas para el crecimiento de la caña de azúcar: brillo solar permanente e intenso a lo largo del año, caída adecuada de

temperatura entre el día y la noche, disponibilidad de agua, lluvias adecuadas y fertilidad en los suelos.

El cultivo de la caña de azúcar se hace en forma continua durante todo el año y no en forma estacional o por zafra como lo es en el resto del mundo. Lo anterior hace del valle del río Cauca una región especial que la sitúa dentro de las mejores regiones cañeras del mundo.

Gracias al clima privilegiado de la región, y al contrario de lo que sucede en el resto del mundo (con excepción de Hawaii y el norte de Perú), se puede sembrar y cosechar caña durante todos los meses del año. Esta condición agroclimática, sumada al avance tecnológico impulsado por el Centro de Investigación de la Caña, que funciona con el aporte de todos los cultivadores e ingenios, ha llevado a que la región se especialice en el cultivo y ostente el liderazgo en productividad a nivel mundial: más de 13 toneladas de azúcar por hectárea al año.

Algunas empresas de este sector se involucraron en la producción de etanol, como parte del programa del gobierno nacional de adicionar alcohol carburante a la gasolina. Se trata de Incauca, Ingenio Providencia, Mayagüez, Manuelita e Ingenio Risaralda. Actualmente la mezcla promedio de etanol con gasolina corriente es de 7% en todo el país. La meta es alcanzar 10% en los próximos dos años. En Brasil, donde se implantó un programa similar desde hace más de dos décadas, ese promedio es de 25%.

Durante 2007-2008 este sector se vio afectado por unos bajos precios internacionales del azúcar. Por otro lado, en la segundo semestre de 2008, se presentó una prolongada huelga de cortadores de caña que trastornó la producción de varias de las empresas líderes. Hacia delante las perspectivas son mejores. En 2009 se ha registrado una recuperación del precio internacional del azúcar y ha continuado la expansión del programa de adición de etanol en la gasolina en regiones no cubiertas del país. La mayor devaluación del peso es un

evento positivo adicional.

En este marco, la rivalidad se enfoca a la conquista de mejores clientes y mejores precios. El precio interno se fija sobre la base del precio de venta del azúcar de otros países, más el arancel de importación. El precio externo, lo fija el mercado internacional, y debido a su volatilidad, con frecuencia es menor que el costo de producción.

El balance final del grado de consolidación del sector, sugiere que en torno al negocio medular, se construyeron grandes barreras de entrada a nuevos competidores y que los ingenios cuentan con alta capacidad de negociación frente a proveedores y cliente.

#### **4.1.2 Poder de negociación de los proveedores del sector**

- Proveedores de servicios financieros: Entidades bancarias, FINAGRO
- Proveedores de caña
- Proveedores de soluciones informáticas: Sistemas de información geográfica, SIAGRI
- Proveedores de materia prima de calidad
- Proveedores de maquinaria y equipos para campo y fábrica
- Proveedores de fertilizantes y materiales para la fábrica y la destilería

El principal insumo para la producción de azúcar, es por supuesto, la caña. Entre los factores que históricamente le han dado poder de negociación a los cultivadores se mencionan, el hecho que la caña no tiene amenaza de otro producto sustituto que los ingenios puedan utilizar para la producción de azúcar; la dificultad para cambiar de proveedor, dado que en muchos casos se suscriben contratos hasta por 10 años; el hecho que un área cultivada importante, se vende a los ingenios o a los productores de panela, dependiendo del precio en el

momento dado; el alto valor que representan las compras que los ingenios hacen a los cultivadores de la caña; el alto impacto de la caña sobre la calidad del azúcar, en términos de sacarosa por tonelada de caña cosechada.

#### **4.1.3 Poder de negociación de los compradores del sector**

En Colombia, en el año 2010 se produjeron 2,0 millones de toneladas de azúcar a partir de 20,3 millones de toneladas de caña. De alcohol carburante se produjeron 287 millones de litros, destinados a la mezcla con gasolina en una proporción E8 (8% etanol, 92% gasolina), de acuerdo con el mandato de oxigenación establecido por el gobierno desde noviembre de 2005. En la actualidad se da cubrimiento a prácticamente todo el territorio nacional.

El consumo nacional de azúcar en Colombia fue de 1,63 millones de toneladas, destinado en un 65% al consumo directo en los hogares y un 35% a la fabricación de productos alimenticios y bebidas para consumo humano. En el año 2010 se exportaron 694 mil toneladas de azúcar, de las cuales el 82% se dirigió a Chile, Islas del Caribe, Perú, Estados Unidos, Haití, Sri Lanka y México. El resto del azúcar se exportó hacia múltiples destinos alrededor del mundo.

Una de las mayores fuentes de poder de los azucareros deriva de la protección arancelaria que tiene el negocio desde 1931, la cual alcanza el 20%. De esta manera se ha neutralizado la importación de azúcar de países como Guatemala, que puede llegar a proveer azúcar a buenos precios, al menos en la zona norte de Colombia.

Los azucareros han mantenido una alta capacidad de influir en las decisiones de política pública, debido al grado de inserción social, económica y política de sus miembros; la capacidad de interlocución técnica y política de sus organizaciones; el dominio de la información sobre el comportamiento de la industria en el contexto internacional; la importancia social y económica que sus actividades tienen para la

economía regional y nacional. En consecuencia, los ingenios controlan todo el mercado nacional y por consiguiente el poder de negociación de los compradores es limitado.

#### **4.1.4 Amenaza de sustitución**

Los edulcorantes tuvieron un rápido crecimiento en los años ochenta e inicios de los noventa, alcanzando, en términos equivalentes a azúcar, el 20% del mercado mundial de edulcorantes. A finales de los noventa, su crecimiento se estancó, y para los próximos 10 años, su participación en el mercado mundial de edulcorantes se espera que se mantenga entre el 20 y el 25% del total, siendo el resto, entre 75 y 80%, lo correspondiente a azúcar.

La industria de alimentos y bebidas está reemplazando de forma creciente el azúcar o el jarabe de maíz por endulzantes artificiales en muchos productos que tradicionalmente contenían azúcar. En el Reino Unido por ejemplo, actualmente es casi imposible encontrar algún refresco en los supermercados que no esté endulzado con edulcorantes artificiales, e inclusive cosas como encurtidos de remolacha y pepinillos están siendo endulzados artificialmente en forma creciente. Aunque el margen de ganancias sobre los endulzantes artificiales es extremadamente alto para los fabricantes, estos todavía le cuestan a la industria de alimentos sólo una fracción del costo del azúcar y del jarabe de maíz. El jarabe de maíz fue introducido por la industria como una alternativa económica al azúcar. Por lo tanto, no es sorprendente que la industria de alimentos esté promoviendo altamente sus productos de "dieta" o "light", promoviendo el movimiento de los consumidores hacia estos productos endulzados artificialmente que son aún más rentables.

De acuerdo con la analista de mercado Mintel, un total de 3920 productos que contienen endulzantes artificiales fueron lanzados en los Estados Unidos entre

2000 y 2005. En el 2004 solamente, 1649 productos endulzados artificialmente fueron lanzados. De acuerdo al analista de mercado Freedoniasino, el mercado americano de endulzantes artificiales creció alrededor de 8% por año hasta llegar a 189 millones de dólares en 2008.<sup>4</sup>

El aspartame es actualmente el edulcorante más popular en la industria de alimentos de los Estados Unidos, desde que el precio cayó significativamente ya que la patente de Monsanto expiró en 1992. Sin embargo, la sucralosa podría reemplazar dentro de poco como un proceso alternativo a la patente de Tate y Lyle. De acuerdo a Morgan y Stanley, esto puede significar que el precio de las sucralosa caería en un 30%.

En conclusión, las grandes variaciones en el precio y en las condiciones del mercado desaparecieron por cuenta de la aparición de nuevos y variados actores en el mercado azucarero mundial, la disminución de la regulación a la industria azucarera en algunos países del mundo y el surgimiento de productos sustitutos que, aunque no representan una amenaza de largo plazo sí tuvieron un efecto importante en los primeros años de crecimiento. Finalmente, no se puede desconocer que el perfeccionamiento y diversificación de los distintos instrumentos de inversión disponibles en el mercado lograron también que se disminuyera la especulación y se acentuara la correlación entre los precios internacionales de los commodities en general.

Aunque el azúcar es históricamente, un sustituto de la panela, esta sigue teniendo una participación importante en el mercado de los edulcorantes y bebidas energizantes en Colombia. Recientemente, el crecimiento del consumo de la panela ha venido aumentando, mientras el consumo de azúcar ha tendido a mantenerse estable, desde los años ochenta y dado que los productos saludables están ganando mercado, es probable que la panela consolide su participación.

En los últimos años el aspártame y otros edulcorantes generalmente importados,

han venido aumentando su penetración en el mercado interno, de manera más dinámica que el azúcar, aunque su participación en el mercado total aún es muy reducida.

#### **4.1.5 Amenaza de nuevos competidores**

La panela y el azúcar se consideran bienes sustitutos en la medida en que ambos son edulcorantes de uso diario, lo que conlleva a que el comportamiento del precio de uno incida de manera directa sobre el otro; en el periodo comprendido entre junio de 1999 y diciembre del 2005 el coeficiente de correlación del IPP de la panela y del azúcar indica que un 62.96% de las variaciones en el precio de la panela obedecen a cambios en el precio del azúcar. Adicionalmente, diferentes estudios realizados por el Observatorio Agrocadenas, Fedesarrollo y Asocaña con series de tiempo, demostraron que existe una sustitución estadísticamente significativa entre el consumo de azúcar y panela en el mercado interno.

Normalmente los precios del azúcar se ubican por encima de los de la panela. Sin embargo, en algunas coyunturas el precio de la panela se acerca o incluso, sobrepasa el del azúcar, coyunturas en las cuales se hace atractivo derretir azúcar o emplear mieles en la elaboración de panela fraudulenta.

En la actualidad se presenta un alza en los precios del azúcar tanto a nivel interno como externo, explicado por el comportamiento de las variables fundamentales de la economía. Del lado de la oferta se encuentra que la producción de Brasil, tanto de azúcar como de etanol es inferior a la inicialmente estimada, generando un déficit de alcohol en el periodo entre cosechas, por tanto ese país tendrá que dedicarse a la producción de alcohol reduciendo así su capacidad exportadora de azúcar. Por otra parte, Tailandia, quinto productor mundial de azúcar, ha disminuido su producción por factores climáticos.

El nivel de desarrollo alcanzado por la industria hacia los años cincuenta, en términos de su tamaño, medido por el valor de las inversiones realizadas, los mercados conquistados y los productos desarrollados, condujo al establecimiento de barreras de ingreso a nuevos competidores.

El alto valor de las inversiones que implica establecer una nueva industria, la capacidad instalada sin utilizar; la integración productiva que genera una economía de escala y el cubrimiento pleno el mercado nacional, han impedido que nuevos ingenios entren en escena

## **4.2 DESARROLLO TECNOLÓGICO DEL SECTOR AZUCARERO<sup>5</sup>**

En los años noventa, la presión de la comunidad por los efectos y riesgos de la quema de caña, condujo al establecimiento de un acuerdo para la “producción más limpia”, con acciones encaminadas al control, reducción de la contaminación y las molestias a las comunidades, el cual se ha venido cumpliendo. La industria transporta cerca de 70 000 toneladas de caña diarias del campo a los ingenios, en vagones tirados por 1 245 tractores y 365 tractomulas. En la última década se incorporaron las primeras cosechadoras mecánicas, que hoy se utilizan en un gran porcentaje del área cultivada, previéndose que su utilización en todos los ingenios significará en el futuro próximo, la desaparición de las quemas.

Al tiempo con lo anterior, también se han incorporado mejoramientos en un conjunto de prácticas de cultivo como la aplicación de surco alterno, balance hídrico, labranza reducida, aplicación de madurantes, macronivelación, y control biológico de plagas, las cuales hacen parte del proceso de convergencia tecnológica internacional y del nuevo modelo de industria ecoeficiente. En buena

---

<sup>5</sup>Este apartado también sigue el documento titulado: El conglomerado del azúcar del Valle del Cauca, Colombia (2002), Centro Nacional de Productividad.

parte de los ingenios se han llevado a cabo importantes procesos de reconversión industrial y cambio técnico, acompañados del ensanche de su capacidad productiva, mediante la adopción de tecnología microelectrónica en planta; el uso de laboratorios de pesaje de caña; la adopción de nuevas variedades de caña ricas en sacarosa y resistentes a las plagas. El reemplazo de las turbinas de vapor por los motores hidráulicos. Otra actividad donde se han realizado grandes esfuerzos es en la recuperación de sacarosa en miel final.

En los últimos años algunos ingenios han cambiado la estructura organizacional. Las actividades de campo, cosecha y fábrica que tradicionalmente han sido departamentos de una sola unidad, ahora son unidades de negocio que para algunos efectos se manejan independientemente, sin perder el control final por parte de la gerencia general del ingenio. La nueva estructura organizacional define roles, responsabilidades y habilidades individuales; por tanto, se migra de una estructura funcional a una de procesos donde se potencia el incremento de productividad y la rentabilidad.

#### **4.3 RETOS DEL SECTOR AZUCARERO COLOMBIANO FRENTE AL ENTORNO COMPETITIVO**

A continuación se presenta el resultado de un ejercicio de referenciación que permite dar a conocer algunas brechas que tenemos en investigación con respecto a Brasil:

Brasil dispone de uno de los sistemas de investigación agropecuaria mejor desarrollados y financiados de los países en desarrollo y ocupa el tercer puesto en cuanto a inversiones en investigación y desarrollo (I&D) agropecuario público, por detrás de China e India. En Brasil, la organización del I&D agropecuario es compleja, no sólo por su tamaño y el número de agencias involucradas sino también por el papel duplicado de los gobiernos estatal y federal. En 2006, Brasil

invirtió 1.800 millones de reales, o 1.300 millones de dólares PPP, en I&D agropecuario (ambas cifras en precios constantes de 2005) y los recursos humanos empleados en I&D agropecuario público fueron de 5.376 investigadores equivalentes de tiempo completo (ETC). (Embrapa, 2010).

Embrapa fue creada en 1972 como entidad semiautónoma dependiente del Ministerio de Agricultura, Pecuaria y Abastecimiento (MAPA) y es la base sobre la que se sustenta el sistema de investigación agropecuaria de Brasil. Su estatuto empresarial tenía como objetivo fomentar una mayor flexibilidad en los mecanismos de gestión y financiamiento pero, en la práctica, esta independencia se fue desvaneciendo con el tiempo. Se calcula que, en 2006, esta empresa acometía el 57 por ciento de la inversión en I&D agropecuario público del país y empleaba al 42 por ciento de su personal de investigación.

Embrapa realiza actividades de investigación aplicada de acuerdo con prioridades nacionales. A principios de 2010, Embrapa estaba compuesta por 15 unidades centrales y 42 centros de investigación repartidos por todo el país. Últimamente, se han incorporado a la agencia el Centro de Agroenergía (creado en 2008) y otros cuatro centros, Estudios estratégicos y capacitación; Embrapa Mato Grosso; Pesca, Acuicultura y sistemas agrícolas; y Palmerales y Pantanos (creado en 2009). Estas incorporaciones fueron impulsadas por el Gobierno federal a través del Programa de aceleración del crecimiento.

Brasil es el primer productor mundial de café y de caña de azúcar, y el segundo productor mundial de soja (por detrás de Estados Unidos). Otras cosechas importantes son el cacao y los cítricos.

La investigación sobre la caña de azúcar corre a cargo de una entidad sin ánimo de lucro, el Centro Tecnológico para la Caña de azúcar (CTC), que se ha convertido en líder mundial, sobre todo por sus investigaciones pioneras en

variedades de caña de azúcar genéticamente modificadas. Anteriormente, el CTC formaba parte de la Cooperativa de productores de caña de azúcar, azúcar y alcohol del Estado de Sao Paulo (COPERSUCAR) pero ahora goza de mayor autonomía y pertenece a una amplia red de centros de investigación y laboratorios privados, incluido un banco importante de germoplasma. Embrapa también ha intensificado su investigación sobre la caña de azúcar con la creación del citado Centro de Agroenergía que investiga el uso de la caña de azúcar como carburante. (Embrapa, 2010).

Tabla 1. Algunas diferencias tecnológicas entre las cadenas de azúcar de Brasil y Colombia

| Temática                        | Brasil                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Colombia                      |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Agricultura de precisión</b> | Sensores remotos e imágenes satelitales para detección de deficiencias fisiológicas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Estudios detallados de suelos |
|                                 | Uso de imágenes de alta resolución para la generación de mapas de productividad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                               |
|                                 | Relacionar los datos adquiridos por percepción remota con parámetros biofísicos como: clorofila, biomasa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                               |
|                                 | Uso de técnicas de modelamiento espacial para realizar estimación de producción y evapotranspiración                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                               |
|                                 | Determinar medida de reflectancia para la estimación de diversas características biofísicas y fisiológicas de los cultivos<br>Convirtiéndose en un indicador del estado vegetativo de la plantación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                               |
|                                 | Identificación de malezas y plagas por medio de PR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                               |
|                                 | Discriminación varietal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                               |
|                                 | Equipos dirigidos por sensores para el control de malezas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                               |
|                                 | Desarrollo de un sensor para poder establecer lo siguiente: Saber si una planta está estresada o no por el color. Con estas lecturas se dibujan mapas para identificar áreas de estrés, tales como las deficiencias nutricionales y la incidencia de los daños causados por plagas y enfermedades en las diversas etapas de los cultivos vegetativos. Estos sensores también tienen la posibilidad de interacción con los dispositivos para aplicar tasas variables de fertilizante, para corregir las deficiencias en tiempo real <sup>6</sup> |                               |
|                                 | Agricultura de precisión de manera que se logren determinar las demandas por nutrientes específicas por unidad productiva                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                               |

<sup>6</sup> Ver: "Rede de Agricultura de precisão apresenta equipamentos para uso no campo", Embrapa (2011)

|                     |                                                                                                                                                                                      |                                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Mejoramiento</b> | Plantas transgénicas, se encontró el gen DREB2A tolerante a la sequía <sup>7</sup>                                                                                                   | Búsqueda de genes asociados con tolerancia al estrés |
|                     | Uso de la transgénesis en el mejoramiento genético para reducir a 7 años el tiempo en obtener una nueva variedad <sup>8</sup>                                                        |                                                      |
|                     | Variedades resistentes a suelos salinos                                                                                                                                              |                                                      |
|                     | Vacuna de la base de bacterias fijadoras de nitrógeno, que aplicados a la caña de azúcar favorece el crecimiento de la planta sin el uso de fertilizantes nitrogenados. <sup>9</sup> |                                                      |
|                     | Secuenciación del código genético de la bacteria <i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i> , una bacteria responsable de la fijación de nitrógeno en la caña de azúcar. <sup>10</sup>  |                                                      |

Fuente: Información obtenida de EMBRAPA ,2012

#### 4.4 Importancia de la adopción de tecnologías en el sector azucarero

La implementación de tecnologías y el progreso tecnológico es fuente determinante de crecimiento económico. El cambio tecnológico incrementa la productividad de las tierras y el capital, reduciendo costos de producción. El conocimiento y la creatividad también son importantes motores que conducen al crecimiento (United Nations Conference on Trade and Development UNCTAD, 2007).

Bisang y Gutman (2005) en trabajos realizados en Sur América sostienen que la difusión y adaptación de tecnológicas imprimen un gran dinamismo en los sectores productivos, posibilitando su crecimiento. Igualmente Lopez (2008) sostiene que el cambio tecnológico es la principal fuente de crecimiento económico para países desarrollados y países en desarrollo.

<sup>7</sup> Embrapa obtém primeiras plantas transgênicas de cana-de-açúcar (2011)

<sup>8</sup> Variedade de cana-de-açúcar tolerante à seca (2009)

<sup>9</sup> Produto inédito reduz fertilizantes na produção de cana-de-açúcar (2008)

<sup>10</sup> Decifrado o DNA de bactéria presente na cana-de-açúcar (2007)

Orozco y otros (2009) en el trabajo titulado: "Impacto del conocimiento tecnológico sobre la adopción de tecnología agrícola en campesinos de México "encontraron: Que los campesinos que tuvieron más conocimientos tecnológicos adoptaron positivamente las tecnologías y por lo tanto fueron más productivos respecto a los que no las adoptaron. Además concluyen que Existe una correlación directa altamente significativa entre nivel de conocimientos e índice de adopción; así, resulta evidente que al aumentar el nivel de conocimientos sobre una tecnología agrícola relevante, aumenta robustamente su índice de adopción.

Albicette y otros (1999) en un trabajo titulado Evaluación de impacto de un proyecto de difusión y transferencia de tecnología en el sistema de generación y transferencia de tecnología (SGTTA) en Uruguay, encontrando que la mejoría en los rendimientos promedios de los principales cultivos, el porcentaje de mejoramientos de las pasturas fueron algunos parámetros productivos que indicaron que existe un dinamismo tecnológico en el sector. La duda que plantean es si la velocidad en la toma de decisiones y la dinámica de disposición al cambio están siendo suficientes para ser competitivos. Encontraron que parte del dinamismo señalado se debe a: Señales de mercado que dan más sentido a la adopción de tecnología para aumentar la producción y cambios en el perfil de los productores, como ser los nuevos ganaderos (profesionales de la ciudad, profesionales del agro) que se incorporan a la producción con un enfoque más productivo.

Rivera y Romero (2003) realizaron un trabajo titulado Evaluación del nivel de transferencia y adopción de tecnología en el cultivo de la caña de azúcar en Córdoba, México y encontraron que las acciones previas y los medios para la adopción, apropiación y aplicación tecnológica no están cumpliendo con la función de atender las necesidades del productor, mejorar su productividad y con ello sus condiciones de vida, tampoco con las metas de los planes y programas gubernamentales para atender al campo cañero. De esta manera, los medios

empleados para llevar la tecnología al productor no están funcionando adecuadamente ya que el 66,0% no la recibe de medio alguno, para los asesores es de un 59,3% y para los investigadores de 57,4%. Sin embargo, los mejores medios para la transferencia son las parcelas demostrativas, la asistencia técnica y la investigación en la parcela del productor, que son los que muestran mayor grado y que el productor cañero no recibe.

En 1985, los gobiernos de Colombia y de los Países Bajos establecieron un convenio de cooperación para mejorar la agroindustria panelera, el propósito del proyecto era contribuir al mejoramiento del bienestar de las familias que dependían del cultivo de la caña y de la elaboración de panela, el objetivo se alcanzo mediante la generación y difusión de tecnologías apropiadas. La tecnología desarrollada permitió reducir los costos de producción entre un 13 -37% de acuerdo con las tecnologías adoptadas. (Rodriguez y Gottret 1999).

En el año 2000 en Cenicaña se estableció como una actividad permanente el Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología (SCTT) el seguimiento dinámico de la adopción de tecnología desarrollada y divulgada por el centro, además en el 2001, se inicio un proyecto de transferencia de tecnología denominado Grupos de transferencia de Tecnología GTT'S, como metodología de comunicación grupal implementada para divulgar las nuevas tecnologías y promover la innovación a través de la comunicación de prácticas agrícolas adecuadas. Cenicaña evaluó el nivel de satisfacción percibido por los cañicultores de Ingenio Providencia con respecto a los grupos de transferencia de tecnología y encontró que el 92% de los cañicultores se mostraron satisfechos con este programa, comentan que hubo un aumento de sus conocimientos técnicos. (Orozco y Isaacs, 2007).

En a análisis de adopción, Cenicaña ha construido curvas de adopción de tecnologías, en el caso particular de los cañicultores de Ingenio Providencia los

análisis realizados demuestran que para el caso particular de la tecnología de Balance hídrico se ha registrado un aumento del 6,5 % en el año 2000 al 21.4 % para el 2006, concluyendo que la adopción de esta tecnología aumento significativamente. (Orozco y Isaacs ,2007).

En 1977 Cenicaña comenzó a estructurar un modelo de desarrollo basado en la investigación, generación, transferencia y adopción de tecnología autóctona.

En 1995 se adopto el mercadeo con énfasis en los destinatarios de la tecnología como estrategia para estructurar un sistema de transferencia adecuado a la agroindustria azucarera local. Se inicio el proyecto estudio de los clientes de la nueva tecnología de CENICAÑA, mediante el cual se obtuvo información básica acerca de los destinatarios de la tecnología. (Cenicaña, 1998).

En el año 2001 se crearon Los Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) los cuales son una estrategia de trabajo cooperativo y participativo con el sector productivo, establecidos para aumentar la velocidad de difusión de las innovaciones y las buenas prácticas utilizadas por los cañicultores de la industria azucarera colombiana. Los GTT son conformados por cañicultores con intereses comunes, quienes se asocian para intercambiar información tecnológica y administrativa de las unidades productivas, generar cambios, fortalecer los canales de comunicación, autocapacitarse, gestionar recursos para proyectos de desarrollo, mejorar la rentabilidad y estrechar vínculos sociales, entre otros fines. Los GTT están integrados por cañicultores cuyas unidades productivas se encuentran en zonas agroecológicas similares, representativas de cada ingenio. (Cenicaña ,2011b).

En el año 2008 Cenicaña, Asocaña y el SENA desarrollaron un programa de capacitación “optimización del recurso hídrico” donde los agricultores se capacitaron en el uso adecuado de este recurso.

En el periodo comprendido entre el 2001 y 2010 el 80% de los cultivadores de caña han participado en diferentes eventos técnicos de actualización de temas de interés para la industria (Cenicaña, 2010).

Más de mil personas de la agroindustria azucarera colombiana han participado en los tres últimos años en los programas de capacitación y transferencia de tecnología desarrollados por Cenicaña con el objetivo de promover la adopción de tecnologías sostenibles para la industria. (Cenicaña ,2010).

Desde hace algunos años y hoy con mayor fuerza, las dinámicas globales del sector agroindustrial han exigido a los países mejorar la calidad de los productos, hacer más eficientes e innovadores los procesos de producción y comercialización, así como diversificar el portafolio de productos y mercados. Estos retos han dirigido a los gobiernos a plantear diferentes estrategias encaminadas a aumentar la competitividad del agro. Colombia no ha sido ajena a este comportamiento y es por ello que desde el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR, una de las principales opciones en este camino, ha sido el mejoramiento de los procesos de investigación, desarrollo tecnológico y la aplicación de sus resultados en las cadenas productivas.

En este marco, el país ha considerado que las agendas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, son un mecanismo apropiado tanto para reconocer y priorizar las problemáticas tecnológicas como no tecnológicas de los sectores, como para focalizar y asignar recursos. Con base en lo anterior, el MADR, a través del Proyecto Transición de la Agricultura, inició en 2006 un ambicioso proceso de cinco años, para construir las Agendas Prospectivas de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación de veinticuatro (24) cadenas productivas y de un tema estratégico y transversal: seguridad alimentaria (Uribe y otros,2011).

En cuanto a las agendas de ciencia, tecnología e innovación en el sector del cacao en Colombia se efectuó una agenda donde surgieron 14 demandas tecnológicas, las cuales se definieron para tres aéreas estratégicas de trabajo investigativo y de desarrollo tecnológico, las cuales hacen referencia a los segmentos de la cadena donde se centralizan la generación de valor para cada sector. (Castellanos y otros 2007).

Para la cadena de Oleaginosas, grasas y aceites en Colombia con énfasis en la Oleína Roja también se realizó una agenda de investigación y desarrollo tecnológico posibilitando con los resultados la formulación de proyectos de investigación que deben llevarse a cabo para satisfacer dichas demandas. Además se posibilitó para el Centro de Investigación de la Palma CENIPALMA generar una nueva línea de trabajo, a través de la cual se capacitara y apoyará a los investigadores en Vigilancia Tecnológica, con el fin de que los nuevos proyectos cuenten con información acerca de los países e investigadores que se encuentren a la vanguardia de los temas a estudiar en el mundo. (Mosquera, Bernal y Silva, 2009).

#### **4.5 MARCO CONCEPTUAL**

La constatación de la importancia de las actividades tecnológicas en la mejora de la productividad y con ello de la competitividad ha dado lugar a un interés creciente por analizar los factores que, desde una perspectiva microeconómica, inducen a la empresa a llevarlas a cabo. (Gonzales y Tansini, 1999).

Es habitual encontrar en la literatura una distinción entre los conceptos de generación, adopción y difusión de tecnología. Esta discusión arranca del análisis que Schumpeter realizó del cambio tecnológico descomponiéndolo en las etapas de invención, innovación e imitación. La invención consiste en el acto de concebir

un nuevo producto o proceso. Algunos autores entienden como innovación se entiende el conjunto de actividades dirigidas a utilizar comercialmente una nueva posibilidad tecnológica y por imitación se entiende el acto de utilizar o adoptar un nuevo producto. (Piquer, 1991).

La adopción puede ser vista como un proceso mental, el cual es individual (cultivador) y pasa a través de procesos de decisión e innovación. (Jones, 1967 citado en Wayagari y otros, 2000).

Roggers and Shoemaker (1971) citado en Wayagari y otros (2000) expresan que la adopción tiene las siguientes etapas:

- Conocimiento: El individuo es expuesto a la innovación existente
- Persuasión: El individuo se forma un concepto favorable o desfavorable de la tecnología
- Decisión: El individuo permite o no adoptar la innovación

La creación del conocimiento organizacional debe ser entendida como un proceso que amplifica organizacionalmente el conocimiento creado por individuos y lo solidifica como parte de la red de conocimiento de la organización (Nonaka y Takeuchi, 2000).

La clave de la creación del conocimiento es la movilización y conversión del conocimiento tácito. Según Polanyi (1966) citado por Nonaka y Takeuchi (2000) el conocimiento tácito es personal y de contexto específico, y así, difícil de formalizar y comunicar. Por su parte el conocimiento explícito o “codificado” es aquel que puede transmitirse utilizando el lenguaje formal y sistemático. Polanyi sostiene que los seres humanos adquieren conocimiento creando y organizando activamente sus propias experiencias.

Cuando el conocimiento tácito y el explícito interactúan, surge la innovación. La creación de conocimiento organizacional es una interacción continua de conocimiento tácito y conocimiento explícito. (Nonaka y Takeuchi, 2000).

Para Shumpeter (1944) citado en Mendizábal (2002) el acto de innovación tiene unas características que lo rodean, destacando la figura carismática del empresario que poseía el carácter, coraje y visión para apartarse con decisión de las rutinas. El alto nivel de liderazgo y creatividad implicado en la primera introducción de una nueva técnica estaba claramente diferenciado de la invención. Su modelo apuntado en la teoría del desenvolvimiento económico publicada en 1912, presenta a un empresario innovador, creativo y excepcional que pone en marcha nuevas combinaciones productivas, en ocasiones adelantándose a la demanda del mercado.

A partir del momento en el que una innovación tecnológica aparezca en el mercado, se da una paulatina adopción por parte de los potenciales usuarios. Las investigaciones realizadas ponen en manifiesto que las nuevas tecnologías no se difunden de modo instantáneo en el ámbito de la estructura social y económica existente y que las pautas de difusión varían dentro de amplios márgenes, prolongándose, en algunos casos, durante periodos muy amplios (Metcalf, 1995 citado en Mendizábal (2002).

La difusión de la tecnología no debe analizarse de forma aislada, pues por una parte, depende de otras tecnologías complementarias, siendo el conjunto el que permite que aparezcan los incrementos de productividad. Dentro de esta complementariedad hay que resaltar como la mayoría de los avances técnicos en la actualidad se apoyan en tecnologías previas e incorporan muchas características de los productos y procesos que desplazan.

En agricultura cuando se adoptan tecnologías resultado de procesos de innovación se evidencia un mejoramiento de los niveles de producción (Wlisdon y Willis, 2004 citado en Romanch y otros, 2007).

El aumento de productividad está relacionado con la aplicación de tecnologías, según Betancourt (2010) la productividad se define como “la producción por unidad de factor”. Sin embargo esta definición condensada puede entenderse en dos sentidos diferentes. La productividad no se considera ya como una facultad, sino como un resultado, un efecto.

En el sector azucarero colombiano el Centro de Investigación CENICAÑA cumple un papel fundamental en la generación de tecnologías claves para optimizar los procesos de producción en caña. Los clientes primarios son los cultivadores de caña y los Ingenios, quienes a su vez participan en el mercado mediante la provisión de recursos financieros para apoyar las actividades de investigación y transferencia. Los cañicultores son los usuarios finales de las variedades, técnicas y métodos de producción en el campo y fábrica desarrolladas por el centro. (Cenicaña,1995).

Los individuos como agentes racionales, maximizadores de utilidades y tomadores de decisión sobre el uso y la adopción de tecnologías, se ven enfrentados a factores como la aversión al riesgo, la incertidumbre, la escasez de recursos, la infraestructura productiva y la presencia de información imperfecta; factores que deben tener en cuenta al momento de elegir la mejor opción tecnológica.

Los clientes con mayor necesidad y capacidad y uso de una nueva tecnología, pueden tener mayores oportunidades de beneficiarse con la tecnología disponible, si ésta, a criterio del cliente, se ajusta a sus circunstancias y es atractiva en términos financieros (rentable y viable). (Cenicaña, 1995).

Históricamente algunos empresarios azucareros se han caracterizado por ser prudentes; conservadores en los negocios, antes que arriesgados o aventureros, en términos de Weber; reactivos antes que proactivos; prefieren la adaptación al ajuste; hacen transformaciones forzadas antes que planeadas con suficiente anticipación. En suma, han pertenecido más a un modelo de desarrollo natural de sus competencias, que a uno de pensamiento estratégico superior. Esta característica deriva, seguramente, del hecho que la mayoría antes de ser empresarios fueron hacendados, agricultores y algunos de quienes hoy son cultivadores, fueron campesinos. En armonía con este perfil, se comprende que el estilo de innovación es más cercano al de la innovación incremental o de mejoramiento continuo, que a la innovación radical. (CEPAL, 2002).

Una agenda de Investigación y desarrollo tecnológico es un documento orientador que establece temas, clientes, prioridades, plazos, presupuestos, metas para la investigación y desarrollo de una cadena productiva y la generación de mayor competitividad frente a otras cadenas. (Mosquera y otros 2009).

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

Esta investigación tiene carácter descriptivo y posee un enfoque cuantitativo y cualitativo, analiza datos agregados y se apoyó en el uso de entrevistas estructuradas utilizando la hermenéutica para interpretar los resultados.

Antes de aplicar la entrevista se determinaron los potenciales de producción por zona agroecología de cada hacienda de proveedor. En la productividad de las zonas agroecológicas influyen un conjunto de factores que pueden ser determinantes, limitantes o reductores, cuando la mayoría de los factores limitantes son controlados por un agricultor se logra una adecuada producción.

Con el fin de identificar las brechas de productividad en cada zona agroecológica 6H1, 11H0, 11H1; 23H0 se analizaron las variables de productividad de las haciendas de cañicultores cosechadas por el Ingenio Providencia en el periodo 2007-2012.

Para estimar los potenciales de productividad para cada zona agroecológica se hallaron los cuartiles 25, 50 y 75 para las variables toneladas de caña por hectárea y toneladas de caña por hectárea mes (TCH y TCHM), rendimiento y toneladas de azúcar por hectárea mes (TAHM).

Para realizar la encuesta y conocer el número de proveedores a quienes se les iba a realizar la entrevista se considero el TCH que es el indicador de mayor variación. Para establecer el tamaño de muestra N (número de haciendas) se trabajó con un error del 5% del promedio de TCH con una confiabilidad del 95% de la siguiente forma:

$$N = (Z \cdot S) / E = (1.96 \cdot 21.2) / 6.5^2$$

$$N = 42$$

Donde :

N= numero de haciendas

S= desviación estándar del TCH

Z= El valor estandarizado de la distribución normal para un nivel de probabilidad

E= Error de muestreo

El muestreo se realizó dependiendo del número de datos por zona agroecológica. Teniendo en cuenta las bases de datos de haciendas cosechadas en el periodo 2007- 2012 se encontraron 242 haciendas distribuidos por zona agroecológica de la siguiente manera:

| <b>Zona Agroecológica</b> | <b>Numero de datos</b> | <b>% de participación de la ZA</b> | <b>Numero de encuestas</b> |
|---------------------------|------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 6H1                       | 113                    | 46,7%                              | 19                         |
| 11HO                      | 53                     | 21.9                               | 9                          |
| 11H1                      | 53                     | 21.9                               | 9                          |
| 15H1                      | 15                     | 6.2                                | 4                          |
| 22H0                      | 8                      | 3.3                                | 1                          |
|                           | <b>Total: 242</b>      |                                    | <b>Total: 42</b>           |

La entrevista representa un importante acercamiento hacia los cañicultores, situación que genera oportunidades para conocer las tecnologías que aplican, como consideran su relación con el Ingenio y además que piensan de los servicios ofrecidos por parte del Ingenio.

La entrevista fue discutida y validada por el grupo de Ingenieros Agrónomos del área de proveeduría de caña de Ingenio Providencia, conforme a lineamientos técnicos sugeridos por el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (Cenicaña).

La entrevista (anexo 1) estuvo constituida por 178 preguntas las cuales recogen toda la información en cuanto a los aspectos de innovación, tecnología, limitantes

de producción, ambientales, de satisfacción y percepción de nuestros cañicultores; por lo tanto se dividió en los siguientes capítulos:

1. Identificación general
2. Agricultura específica por sitio
3. Riego y drenaje
4. Manejo de residuos y labores de cultivo
5. Renovación
6. Variedades
7. Fertilización
8. Control malezas
9. Plagas
10. Cosecha
11. Factores limitantes de la producción
12. Proyecto educativo y capacitaciones
13. Aspectos ambientales
14. Costos por labor
15. Satisfacción del cliente

Cada capítulo de la encuesta pretendió conocer como es la adopción e innovación de las tecnologías por parte de los cañicultores de Ingenio Providencia.

La encuesta abarcó todos los temas tecnológicos de las labores en el cultivo de la caña de azúcar, además exploró como es la relación de los cañicultores con el Ingenio y que factores son claves para ellos en términos de satisfacción respecto a los servicios que les ofrece el Ingenio.

Se efectuaron 42 entrevistas, que se realizaron por las Ingenieras agrónomas del departamento de asistencia técnica a proveedores de caña y tuvo una duración aproximada de tres horas cada una. En total fueron 126 horas de entrevistas, con una duración promedio de 3 horas, aun cuando se dieron entrevistas hasta de

cuatro horas aproximadamente. Se efectuaron en aproximadamente 4.5 meses, incluyendo la gestión de las citas, la realización de las entrevistas, la digitación, procesamiento y análisis de los resultados.<sup>11</sup>

Posteriormente se procedió a tabular toda la información es una gran base de datos para procesar toda la información allí consignada. La información se proceso mediante SAS para finalmente generar los gráficos de porcentajes de adopción de tecnologías por nivel de productividad.

Con datos comerciales de productividad, se aplicó un modelo lineal general para comparar el periodo de tiempo 1999-2012 y la interacción del año por periodo, zona agroecológica, variedad y edad de corte. Se realizó una cuantificación inicial del efecto de las anteriores variables sobre las toneladas de caña por hectárea (TCH), el porcentaje de Rendimiento en azúcar (Rdto), y toneladas de azúcar hectárea mes (TAHM).

El ingenio Providencia cuenta con un sistema de informacion de datos llamado SIAGRI que suministra toda la informacion necesaria que requirió el modelo. El sistema de informacion SIAGRI se alimenta diariamente con los datos de producción de cada hacienda cosechada por parte de Ingenio Providencia, informacion que se requirió para la ejecución del proyecto.

El diseño de la agenda de ciencia y tecnología planteada en esta investigación buscó priorizar las demandas de investigación, innovación y desarrollo tecnológico, reflejada en un listado de problemas tecnológicos, facilitando la participación de los destinatarios y usuarios de las tecnologías (los cañicultores). Los resultados de la agenda serán fundamentales para propiciar el fortalecimiento de la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico fundamentales para la sostenibilidad del sector. El sector azucarero tiene la gran ventaja de contar con

---

<sup>11</sup> Los entrevistados son proveedores de caña del Ingenio Providencia, hacen parte de un Programa de Asistencia Técnica de la organización, y la autora ha mantenido contacto constante con ellos desde el año 2008.

un importante Centro de Investigación como lo es Cenicaña, los resultados que arroje la agenda de ciencia y tecnología se suministraran a Cenicaña para sugerir las diferentes propuestas de investigación.

Para el desarrollo de la agenda se procedió a priorizar los principales temas de investigación que surgieron por parte de los cañicultores, a su vez estos temas se discutieron con los investigadores de Cenicaña responsables de cada área de interés, mediante un dialogo con cada uno de ellos.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Análisis y descripción de la situación actual

#### 6.1.1 Niveles de productividad de los proveedores de caña de Ingenio Providencia por zona agroecológica

A continuación se da a conocer los niveles de productividad de los proveedores de caña de Ingenio Providencia por zona agroecológica:

Mediante la clasificación en cuartiles, se identificaron las siguientes categorías para cada variable por zona agroecológica:

Tabla 2. Niveles de productividad para TCH por zona agroecológica

| Nzagro | TCH_25 | TCH_50 | TCH_75 |
|--------|--------|--------|--------|
| 11H0   | 110.76 | 126.66 | 142.46 |
| 11H1   | 108.77 | 124.84 | 141.01 |
| 15H1   | 111.80 | 125.90 | 141.50 |
| 22H0   | 90.95  | 108.71 | 128.45 |
| 6H1    | 108.38 | 123.82 | 140.11 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa para la zona agroecológica 11H0 que el 25% de los datos tiene un TCH menor o igual a 110.76, el 50% de los datos tiene un TCH menor o igual a 126.66 y un 75% de los datos tienen un TCH menor o igual a 142.46.

Para la zona agroecológica 11H1 el 25% de los datos tiene un TCH menor o igual a 108.77, el 50% de los datos tiene un TCH menor o igual a 124.84 y un 75% de los datos tienen un TCH menor o igual a 141.01.

Para la zona agroecológica 15H1 el 25% de los datos tiene un TCH menor o igual a 111.80, el 50% de los datos tiene un TCH menor o igual a 125.9 y un 75% de los datos tienen un TCH menor o igual a 141.50.

Para la zona agroecológica 22H0 el 25% de los datos tiene un TCH menor o igual a 90.95, el 50% de los datos tiene un TCH menor o igual a 108.71 y un 75% de los datos tienen un TCH menor o igual a 128.45.

Para la zona agroecológica 6H1 el 25% de los datos tiene un TCH menor o igual a 108.38, el 50% de los datos tiene un TCH menor o igual a 123.82 y un 75% de los datos tienen un TCH menor o igual a 140.11.

En la tabla anterior se puede observar, que para los cañicultores de Ingenio Providencia los niveles de productividad en toneladas de caña por hectárea por zona agroecológica no difieren mucho, como se observa para la zonas agroecológicas 11H0, 11H1, 15H1 y 6H1 el TCH es similar en el nivel de productividad alto, a diferencia de la zona agroecológica 22H0 donde se obtuvo según el análisis el menor tonelaje. Posiblemente porque esta zona tiene limitantes físicos de suelos, son suelos con presencia alta de arenas lo que impide una buena fertilidad y por lo tanto se presenta una menor producción.

Tabla 3. Niveles de productividad para TAHM por zona agroecológica

| Nzagro | TAHM_25 | TAHM_50 | TAHM_75 |
|--------|---------|---------|---------|
| 11H0   | 1.00    | 1.13    | 1.27    |
| 11H1   | 1.01    | 1.14    | 1.27    |
| 15H1   | 1.04    | 1.16    | 1.30    |
| 22H0   | 0.85    | 1.03    | 1.17    |
| 6H1    | 1.01    | 1.15    | 1.28    |

Fuente: Elaboración propia

Se observa un comportamiento similar para la variable TAHM, se evidencia que los niveles de productividad por zonas agroecológica en el rango alto tienen similares valores a excepción de la zona agroecológica 22H0.

En general para todas las variables se encontró que tienen rangos similares en todos los cuartiles, por tal motivo se decidió generar una clasificación única para todas las zonas agroecológicas, con el objetivo de clasificar e identificar en que nivel de productividad se encuentra cada hacienda.

Para el caso de toneladas de caña por hectárea (TCH) se obtuvieron los siguientes niveles de productividad:

- a) Alto : entre 143 y 158 TCH
- b) Medio alto entre: 127 – 142 TCH
- c) Medio bajo entre: 112 – 126 TCH
- d) Bajo entre: 65 -111 TCH

Para el caso de la variable Toneladas de azúcar por hectárea mes (TAHM) se obtuvieron los siguientes niveles de productividad:

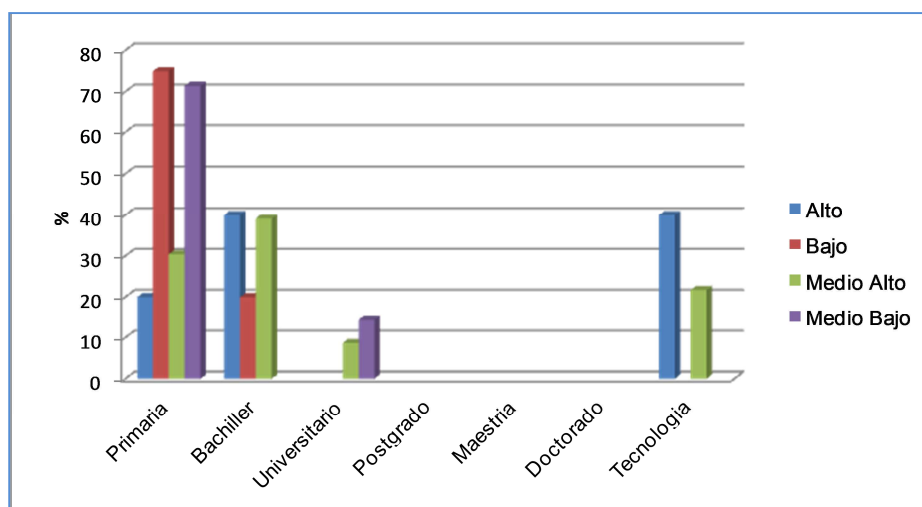
- a) Alto : > 1.27 TAHM
- b) Medio alto entre: 1.13 -1.27 TAHM
- c) Medio bajo entre: 1.0 – 1.13 TAHM
- d) Bajo entre: < 1.13 TAHM

Para clasificar el nivel de productividad de cada hacienda, en alto, medio alto, medio bajo y bajo, los datos de productividad del cañicultor debían cumplir con las características de cada nivel tanto de toneladas de caña por hectárea como de toneladas de azúcar por hectárea por mes.

## 6.1.2 Niveles de producción correlacionada con la adopción de tecnología

### 1. Información general

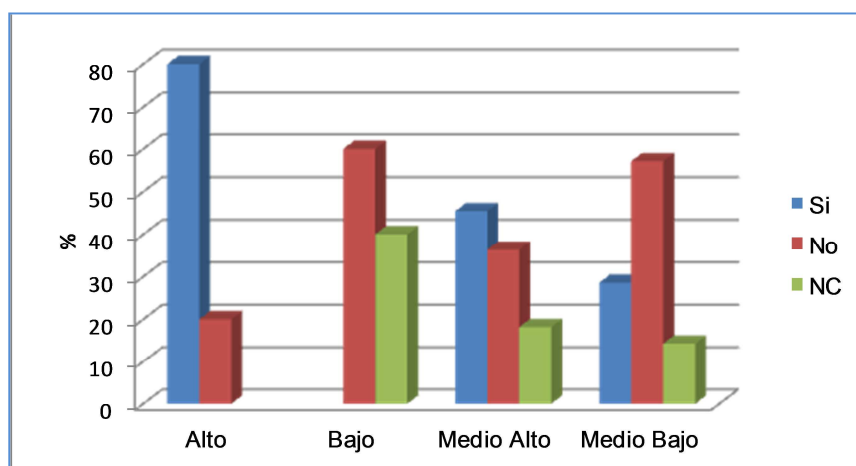
**Figura 5. Grado de escolaridad de los mayordomos por productividad**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se puede observar el grado de escolaridad de los mayordomos de las haciendas de los cañicultores, evidenciándose que en el rango de productividad alto el 40 % de los mayordomos posee bachillerato y un 40% restante carreras tecnológicas, contrastándose estos datos con las haciendas de rangos bajos donde el 75% de los mayordomos tienen educación básica primaria y solo un 20% posee el título de bachiller.

**Figura 6. Desea continuar con sus estudios**



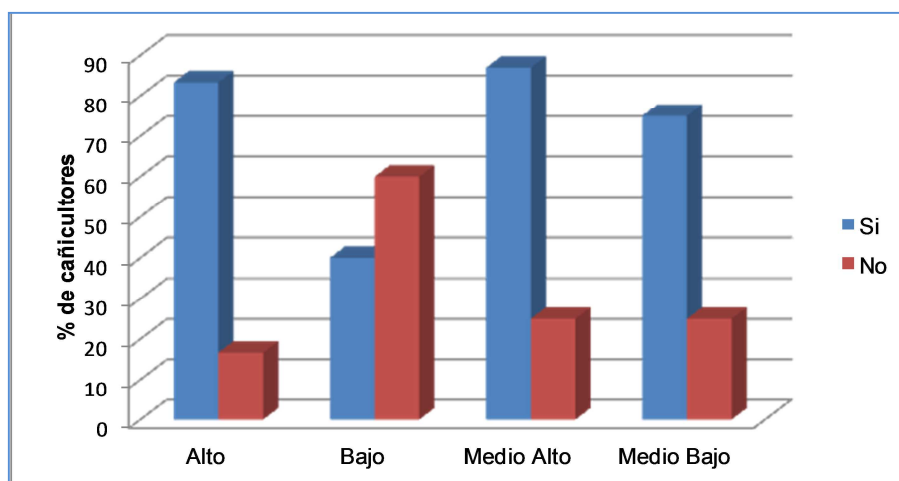
Fuente: Elaboración propia

En la figura 6 se puede observar la tendencia que tienen los mayordomos de las haciendas con mayores productividades a la aceptación de continuar con sus estudios, un 80% de los mayordomos de dichas haciendas respondieron que si desearían continuar con sus estudios, a diferencia de los mayordomos de las haciendas con nivel de productividad bajo, los cuales en un 60% no aceptaron continuar con sus estudios.

Esta situación evidencia un mayor grado de innovación y aceptación al cambio y a nuevos retos por parte de los mayordomos de las haciendas más productivas.

## 2. Agricultura Específica por Sitio

**Figura 7. Conocimiento de las zonas agroecológicas por rango de productividad**

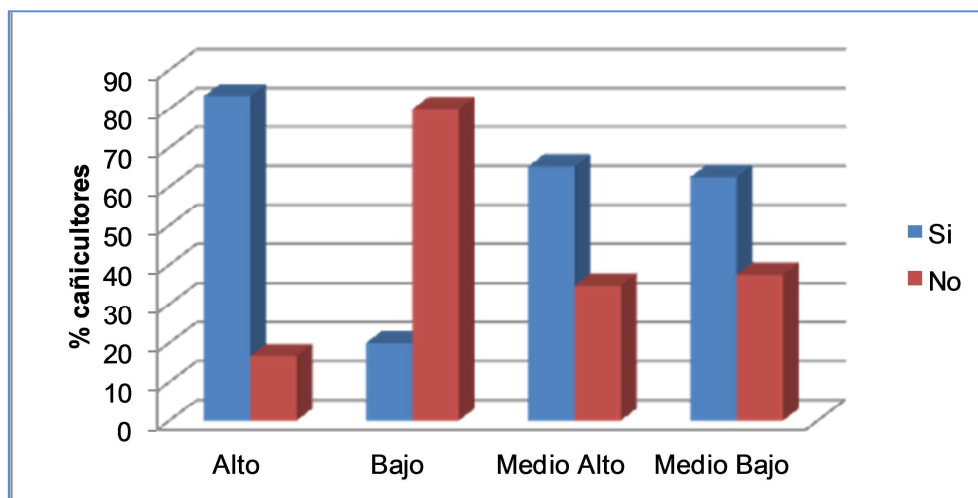


Fuente: Elaboración propia

En cuanto al conocimiento de los cañicultores de la zonificación agroecológica de su hacienda, se observa en la figura 7 como el 80% de los cañicultores con nivel de productividad alto, afirman tener conocimiento de sus zonas agroecológicas, en contraste con los de nivel de productividad bajo donde un 60% de los cañicultores afirma no conocerlas.

Se evidencia mayor información y conocimiento tecnológico puntual por parte de los cañicultores de haciendas más productivas.

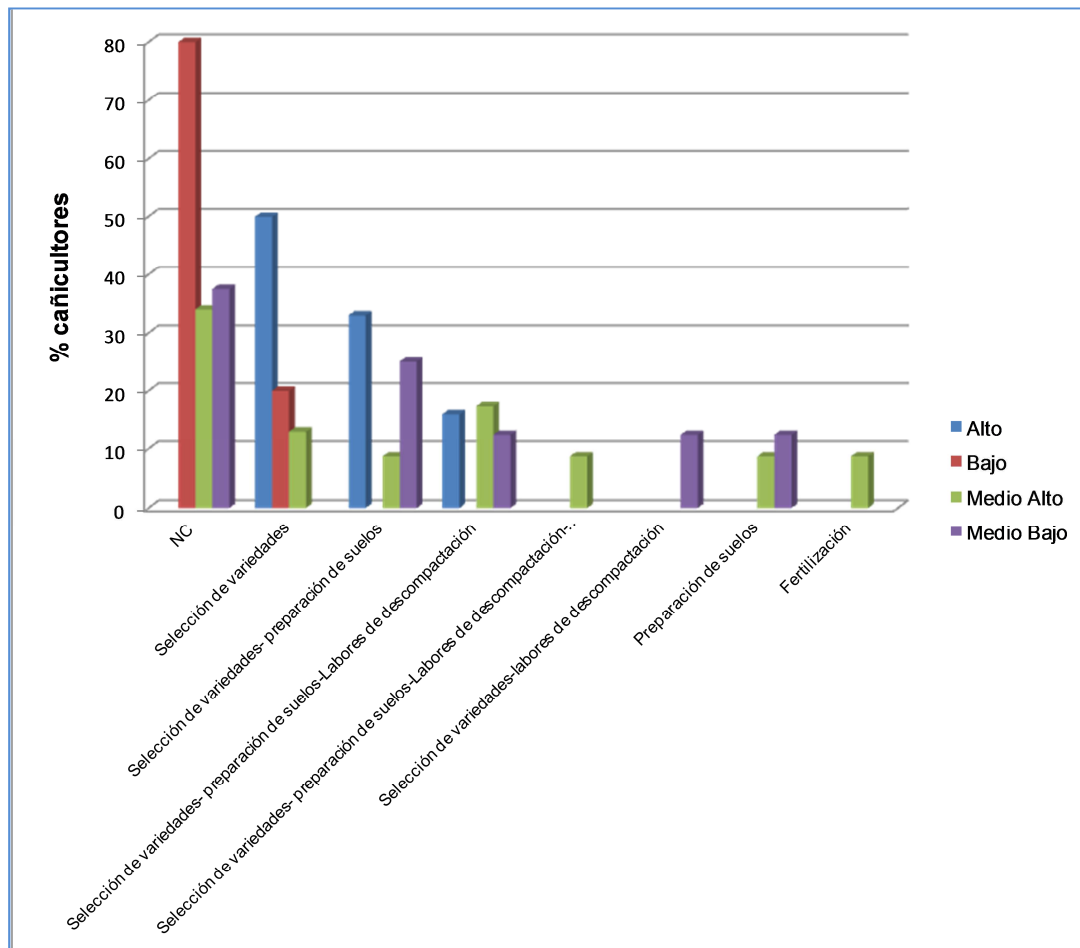
**Figura 8. Adopción de tecnologías basado en la Z.A por nivel de productividad**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 8 se observa que un 80% de los cañicultores de haciendas con nivel de productividad alto adoptan las tecnologías basados en la zonificación agroecológica particular, situación no evidenciada por los cañicultores de nivel de productividad bajo, donde solamente el 20% adopta este concepto.

**Figura 9. Tecnologías adoptadas según la ZA por rango de productividad**

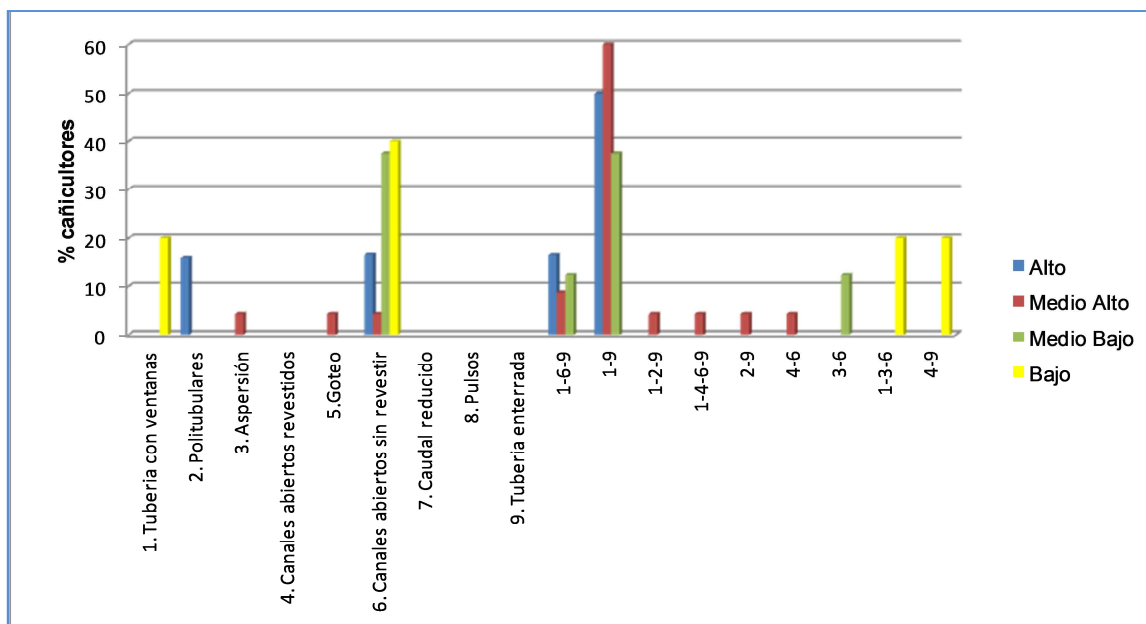


Fuente: Elaboración propia

En la figura 9 se observa cómo 50% de los cañicultores de nivel de productividad alto selecciona la variedad basados en la zonificación agroecológica a diferencia de los cañicultores con niveles de productividad bajo donde la selección de la variedad según la zonificación agroecológica solo alcanza el 20%.

### 3. Riego y Drenaje

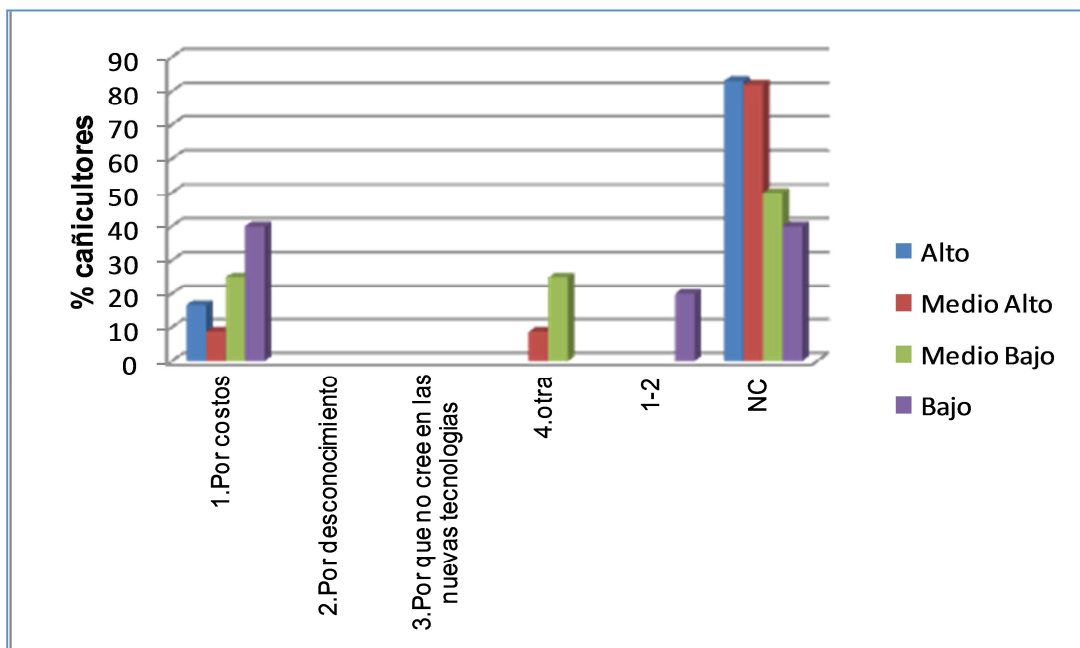
**Figura 10. Tecnología de riego implementada en la Hacienda**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 10 se observa que el 60% de los cañicultores de nivel de productividad medio alto y el 50 % de los de nivel de productividad alto, poseen sistemas de riego con tubería con ventanas y sistemas de conducción con tubería enterrada, mientras que el 40% de los cañicultores con nivel de productividad bajo poseen canales abiertos sin revestir.

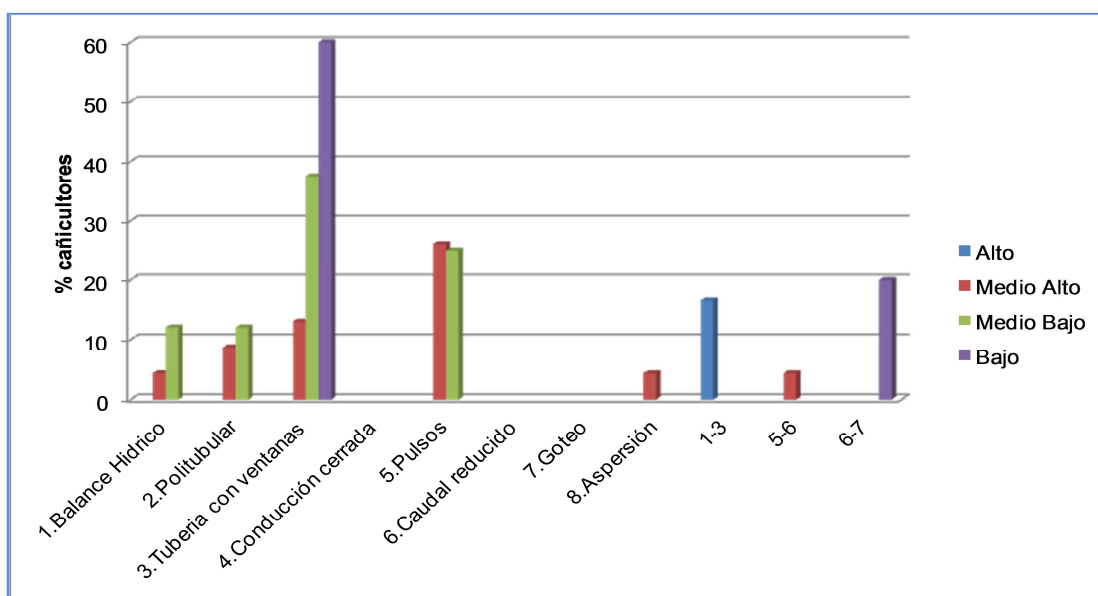
**Figura 11. ¿Por qué motivo no ha cambiado su tecnología de riego?**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 11 se puede observar el motivo de de no adoptar la tecnología de riego por ventanas, donde se encuentra que el 40% de los cañicultores de rango bajo no lo han realizado porque les parece costosa la inversión.

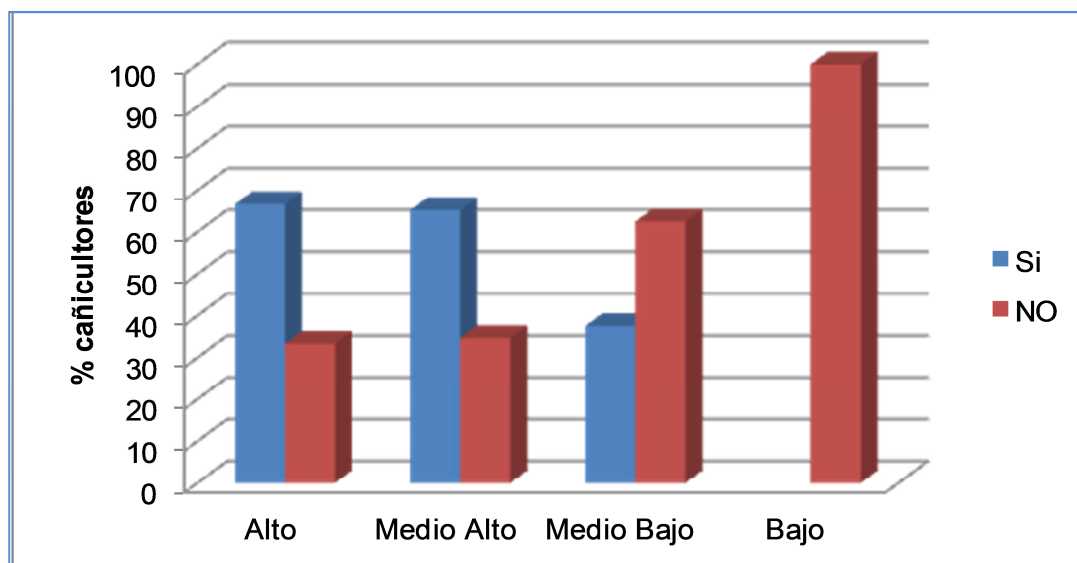
**Figura 12. Tecnología nueva que le gustaría implementar**



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la figura 12 que el 60 % de los cañicultores de nivel productivo bajo desearían adoptar la tecnología de tubería con ventanas para realizar los riegos.

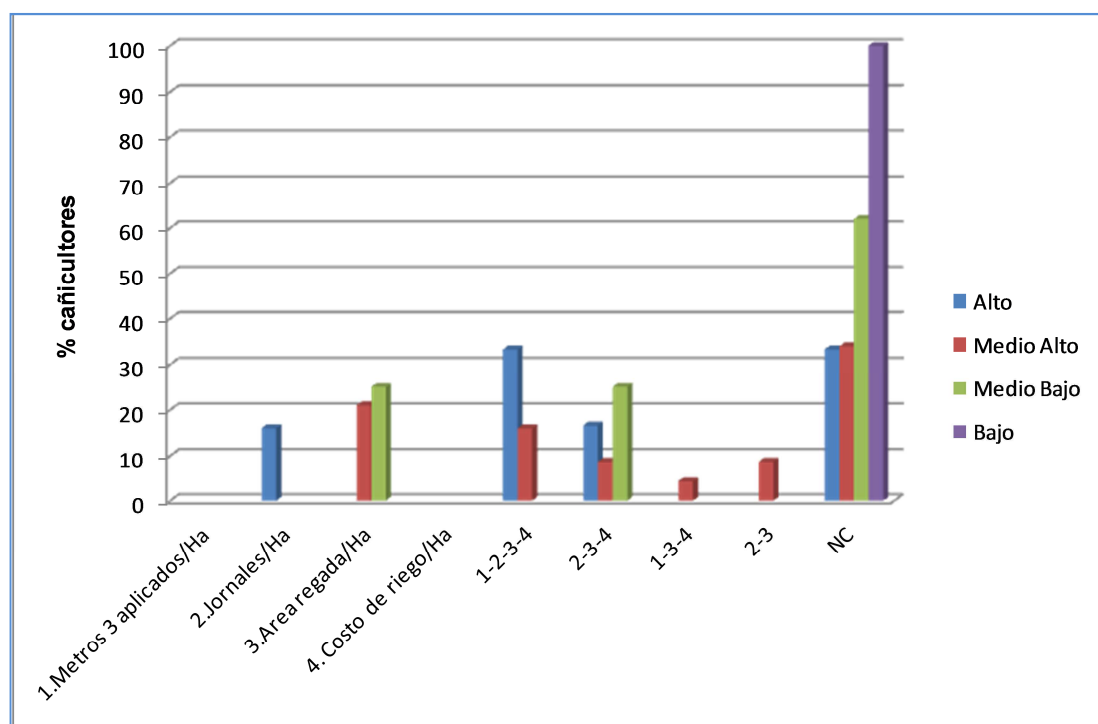
**Figura 13. ¿Realiza alguna medición en los riegos?**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 13 se puede observar como los cañicultores de nivel de productividad alto y medio alto con un 60% cada uno, realizan la medición de los riegos, práctica que es fundamental al momento de tomar decisiones de mejoramiento en este tema. Se observa claramente que el 100% de los cañicultores de nivel de productividad bajo no realizan ninguna medición, lo cual es una limitante para implementar planes de mejoramiento porque lo que no se mide no se puede controlar.

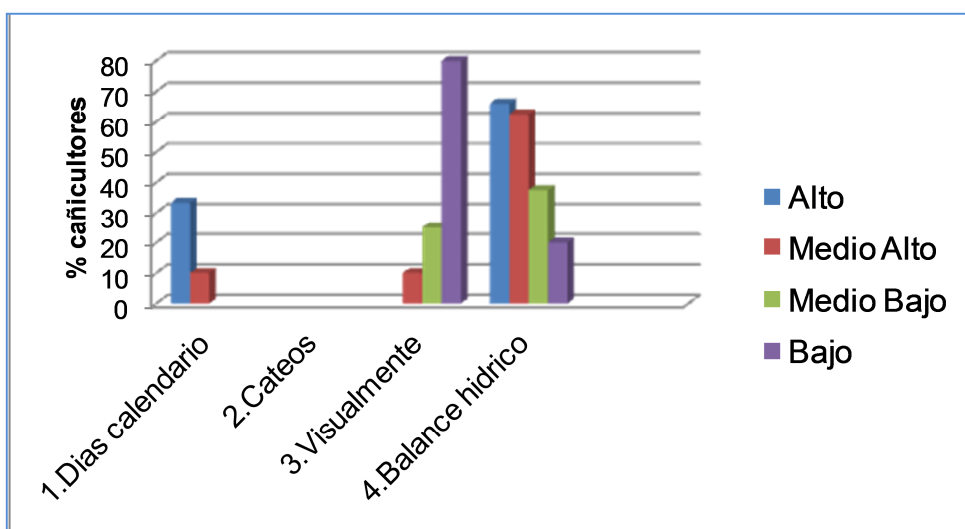
**Figura 14. Mediciones que realiza en los riegos**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 14 se puede observar que el 40% de los cañicultores de nivel de productividad alto realizan todas las mediciones en el tema de riegos, a diferencia de los cañicultores de nivel de productividad bajo donde no realizan ninguna medición.

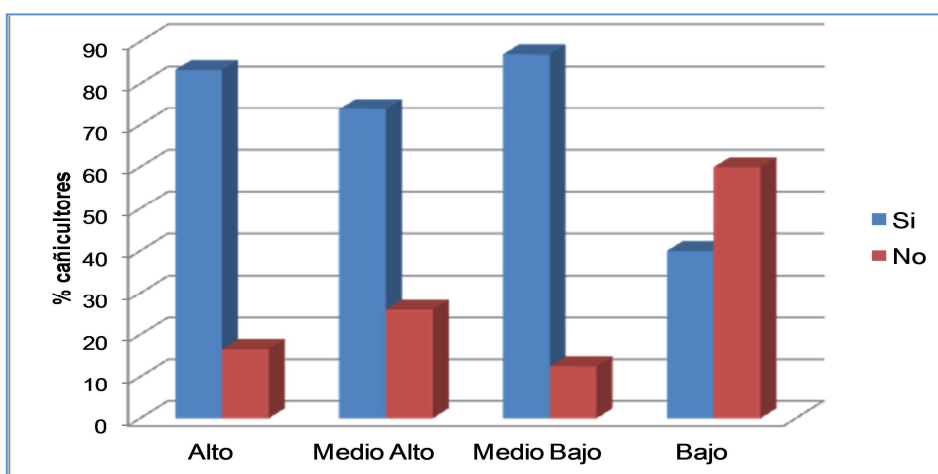
**Figura 15. Método para planear riegos**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 15 se puede observar el método que utilizan los cultivadores para programar los riegos, encontrando que el 66% de los cañicultores de nivel de productividad alto programan el riego mediante el uso del balance hídrico, a diferencia de los cañicultores de nivel de productividad bajo donde solo el 20% de los cañicultores lo utilizan.

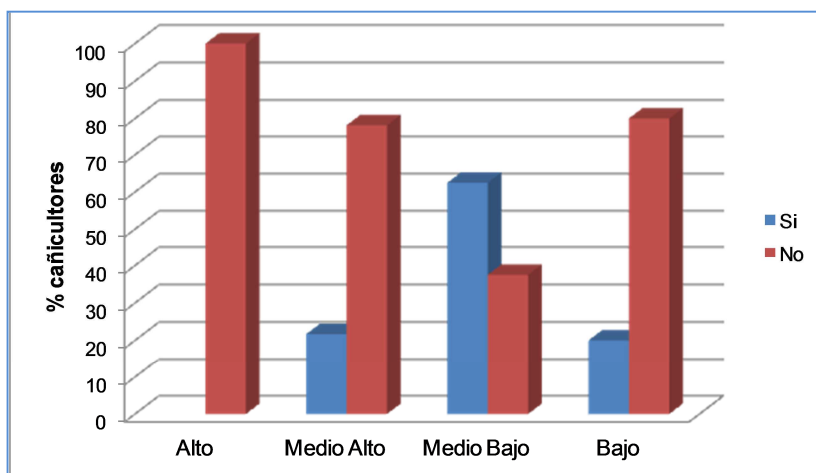
**Figura 16. Realiza aporque?**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 16 se observa que la adopción de la labor de aporque por parte de los cañicultores de nivel de productividad alto es de un 80% a diferencia de los de nivel de productividad bajo donde solo es del 40%.

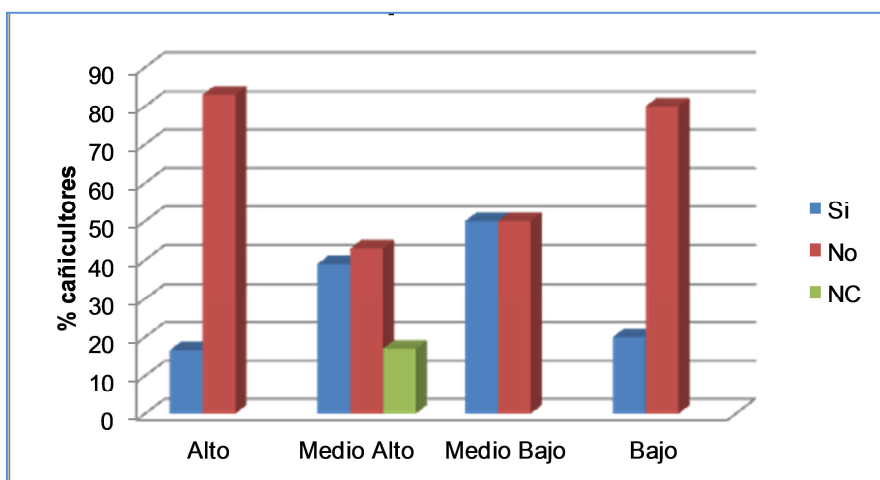
**Figura 17. Posee problemas de drenaje?**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 16 se observa que el 100% de los cañicultores de nivel productividad alto no poseen problemas de drenaje, a diferencia de los productores de nivel de productividad medio bajo donde el 60% dicen tener problemas de drenaje.

**Figura 18. Áreas susceptibles a inundación**

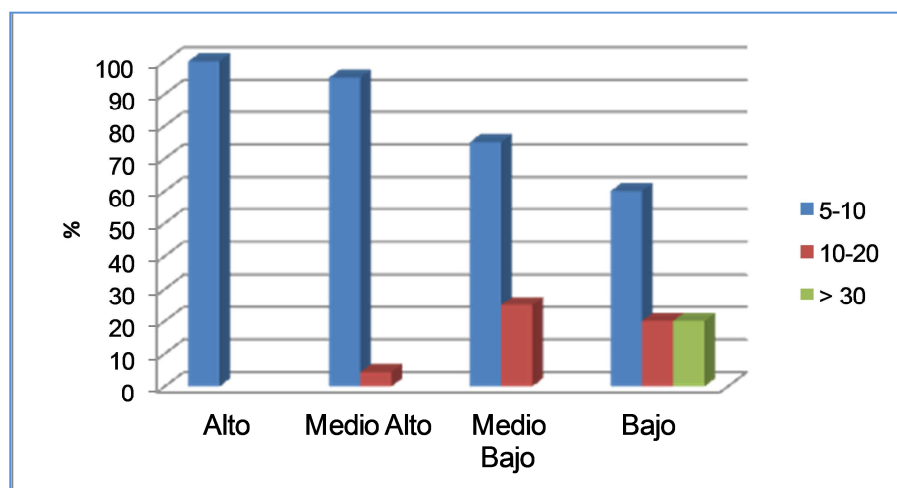


Fuente: Elaboración propia

#### 4. Manejo de residuos y labores de cultivo

##### *Encalle*

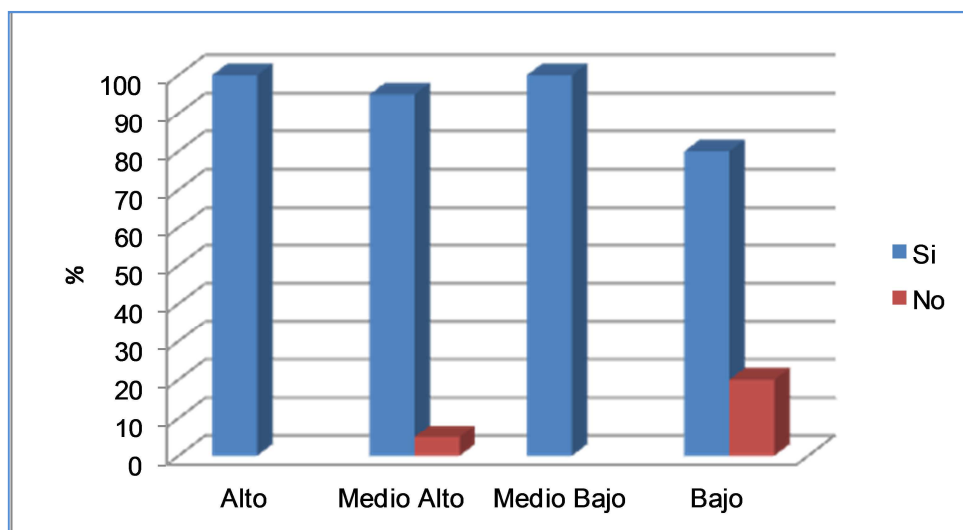
**Figura 19. Días después del corte para realizar el encalle**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 19 se evidencia como los cañicultores de nivel de productividad alto realizan la labor de encalle entre los 5 y 10 primeros días después de la cosecha, situación que posibilita una adecuada germinación de la caña a diferencia de los cañicultores de nivel de productividad bajo donde se encuentra una proporción de 40 % que realiza la labor de encalle entre los 10 y 30 días después del corte. Realizar la labor de encalle tardía representa inconvenientes en la germinación de la caña, de ahí la importancia de realizar esta labor de manera oportuna.

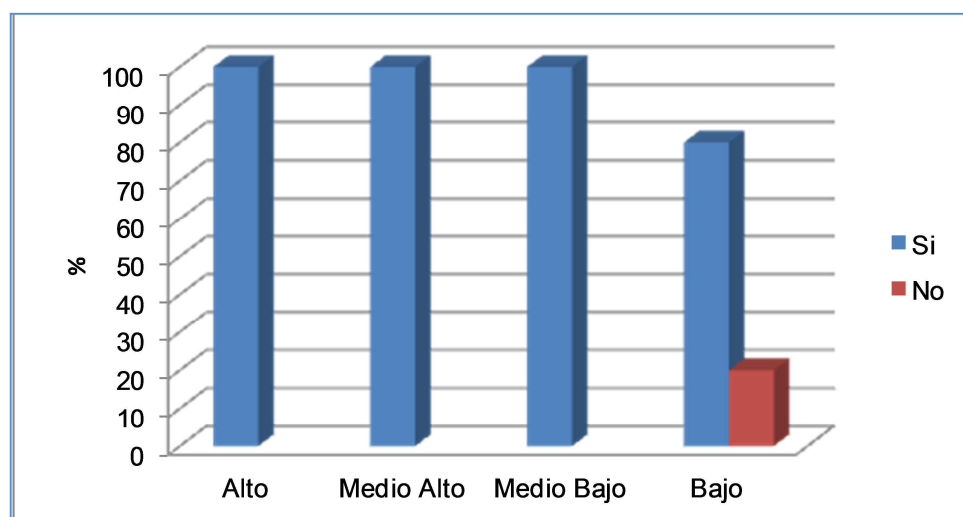
**Figura 20. Control de calidad del encalle**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 20 se observa como el control de calidad de la labor de encalle es realizado por el 100% de los cañicultores de nivel de productividad alto, en contraste alrededor de un 20% de los cañicultores de nivel productividad bajo no realiza control de calidad de la labor.

**Figura 21. ¿Realiza rectificación del encalle?**

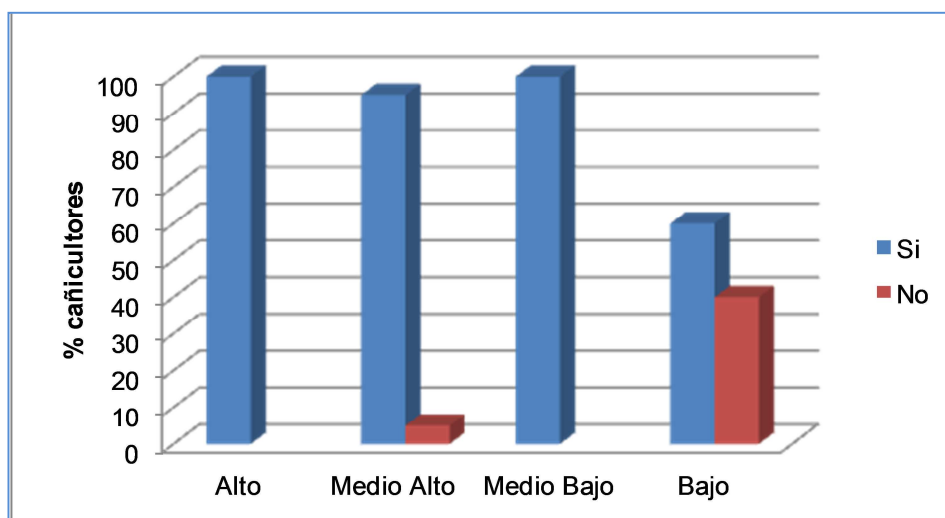


Fuente: Elaboración propia

En la figura 21 se evidencia la adopción de la labor de rectificación con un 100% de afirmación para todos los rangos de productividad, excepto para los cañicultores de productividad baja donde un 20% no realiza la labor.

#### *Resiembra*

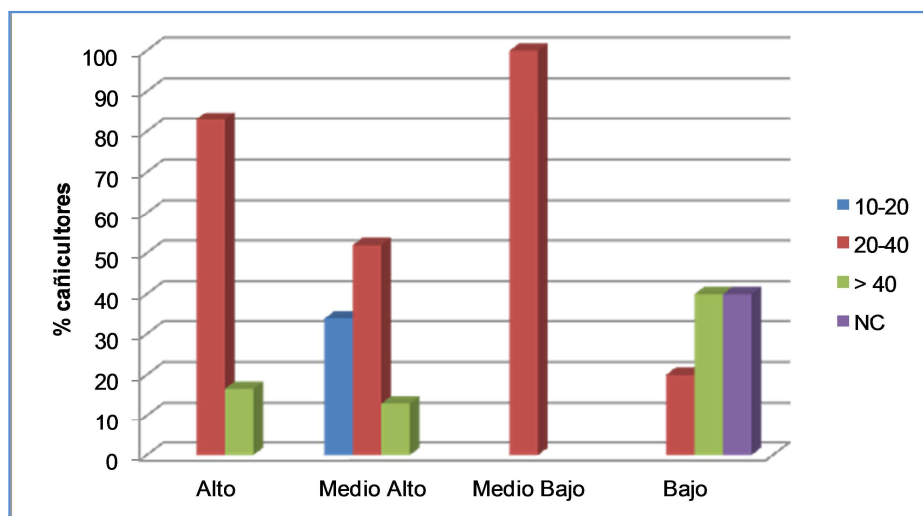
**Figura 22. ¿Realiza resiembra?**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 22 se observa la adopción de la labor de resiembra, realizada por la gran mayoría de los cañicultores en las diferentes productividades, se evidencia que el 100% de los cañicultores realizan esta labor, a excepción del 40% de los cañicultores de nivel de productividad bajo que afirman no realizar la labor.

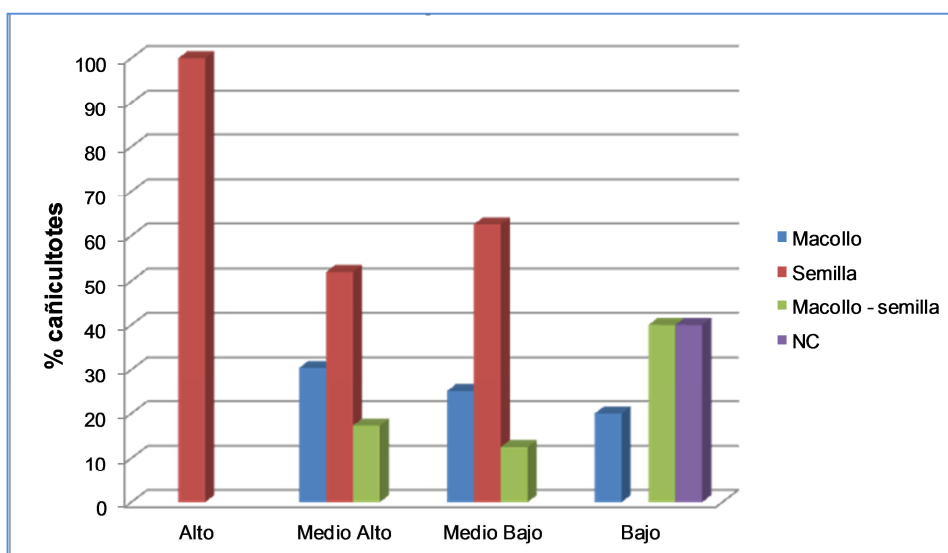
**Figura 23. Días después del corte para realizar resiembra**



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la figura 23 se observa como los cañicultores de nivel de productividad alto, medio alto y medio bajo realizan la resiembra entre los 10 a 40 días después del corte a diferencia de los cañicultores de nivel de productividad bajo donde se observa que un 40% de ellos realiza la resiembra después de los 40 días.

**Figura 24. Material para la resiembra**

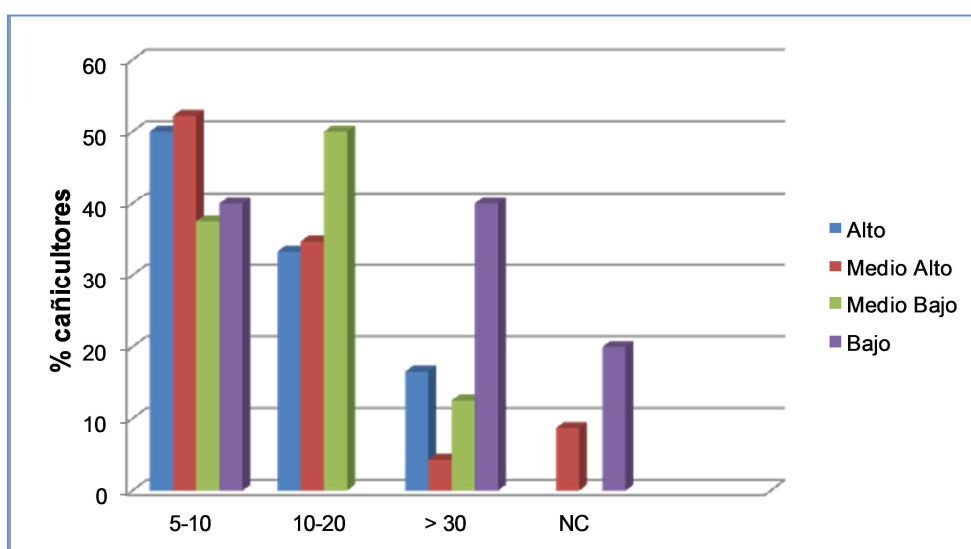


Fuente: Elaboración propia

En la figura 24 se observa que el 100% de los cañicultores de nivel de productividad alto utilizan la semilla (trozos de 60 cms de caña) para la resiembra a diferencia de los de nivel de productividad bajo que solo un 40% utiliza la combinación de semilla y macollo para efectuar la resiembra.

### Subsuelo

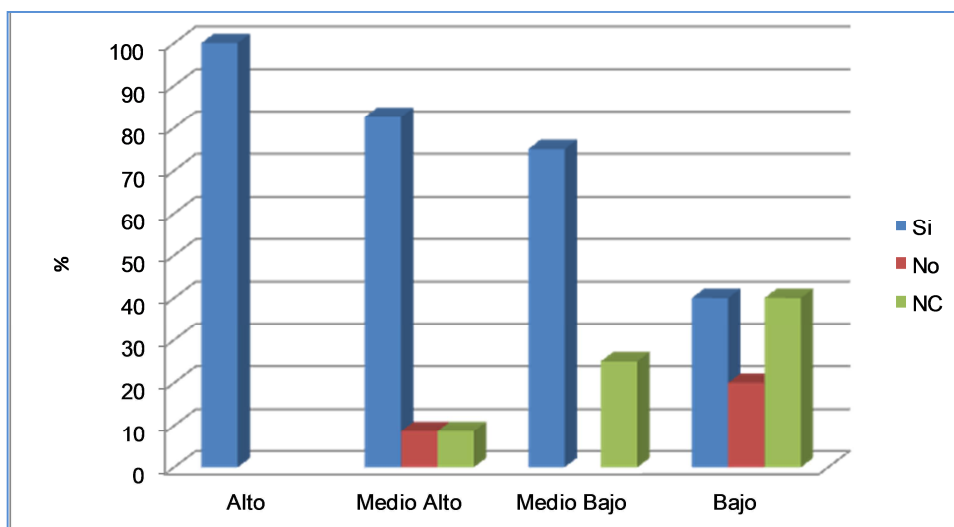
**Figura 25. Días después del corte para realizar el subsuelo**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 25 se observa que un 80% de los cañicultores de nivel de productividad alto realizan la labor de subsuelo entre los 5 a 20 días después del corte, a diferencia de los cañicultores de nivel productividad bajo donde un 40% realiza la labor después de los 30 días del corte.

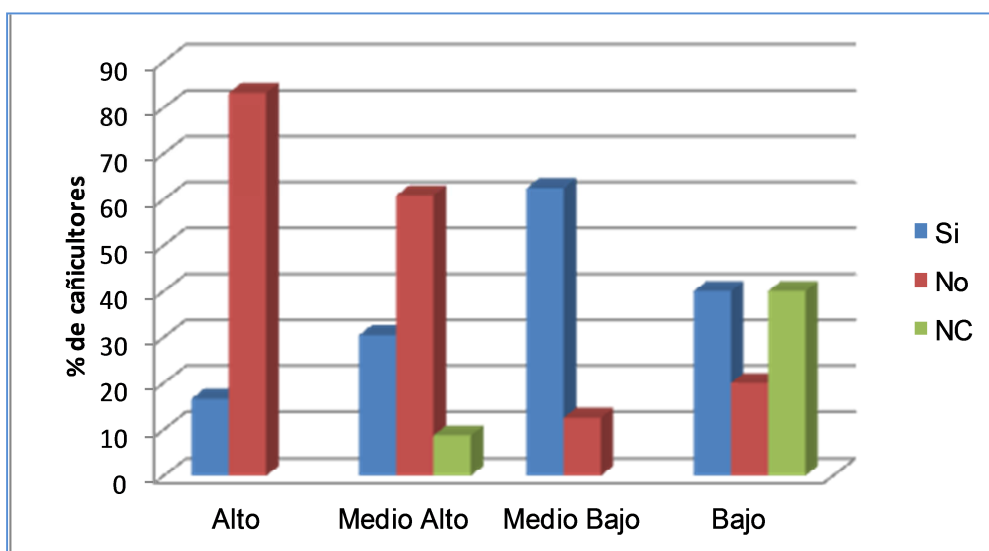
**Figura 26. Verifica calidad de la labor**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 26 se observa que el 100% de los cañicultores de nivel de productividad alto verifican la calidad de la labor de subsuelo, en contraste con los cañicultores de productividad baja donde solo el 40% verifica la labor.

**Figura 27. Contrata la labor de subsuelo**

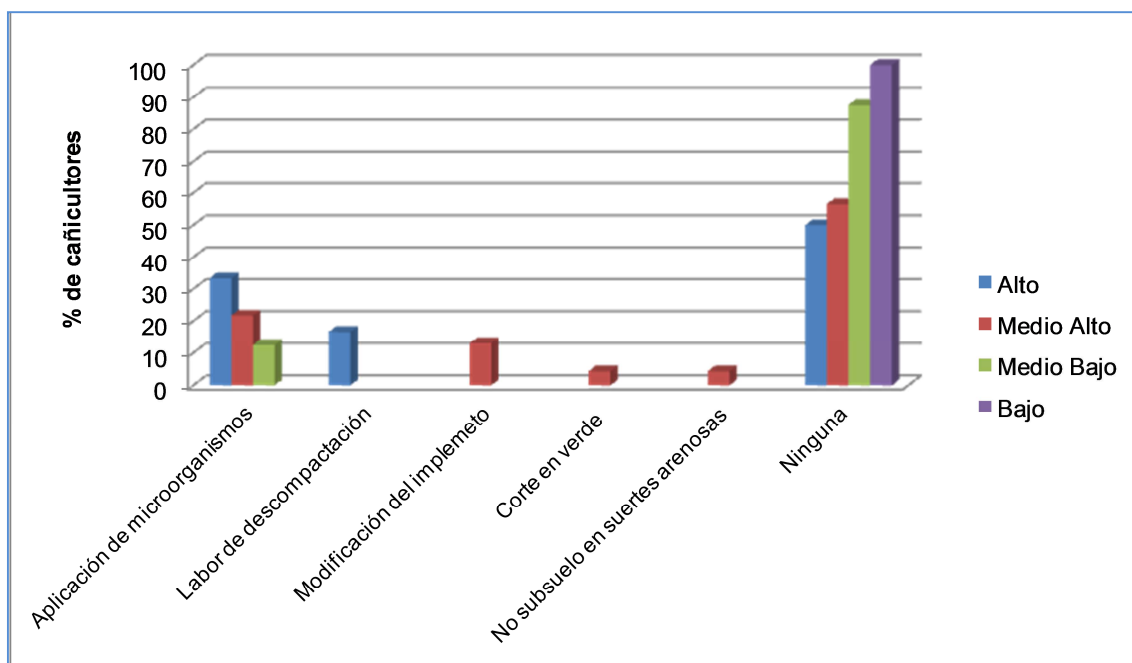


Fuente: Elaboración propia

Se observa en la figura 27 que el 80 % de los cañicultores de nivel de productividad alto no contratan la labor a diferencia de los cañicultores de nivel de productividad bajo donde un 40% contratan la labor.

#### *Labor innovadora*

**Figura 28. Labor innovadora para mejorar el manejo de residuos y labores de cultivo**

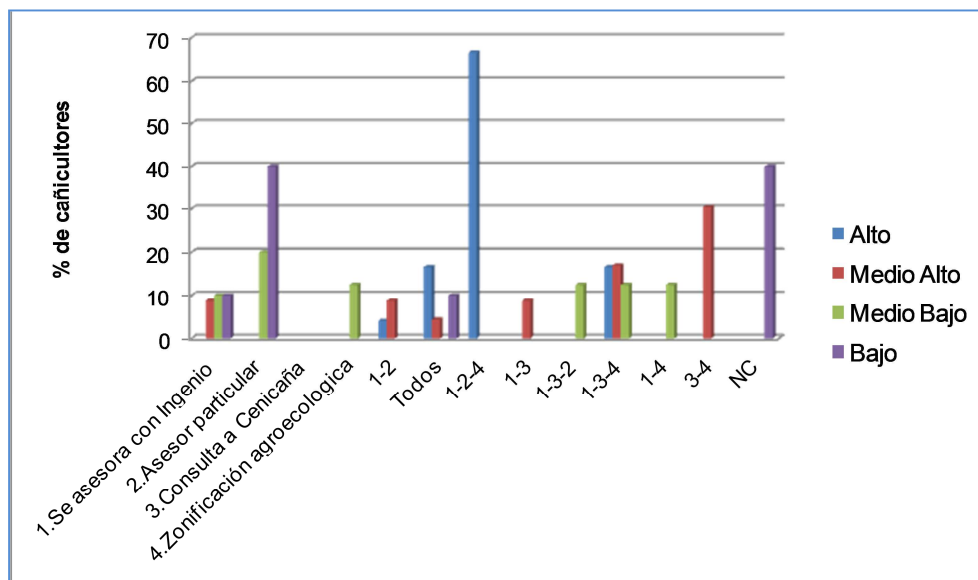


Fuente: Elaboración propia

Se observa que el grupo de cañicultores que mostraron mayor porcentaje de labores de innovación fue el de nivel de productividad alto, encontrando que el 30% realizó como labor innovadora la aplicación de microorganismos a los residuos y un 15% restante realizó nuevas labores de descompactación.

## 5. Renovación

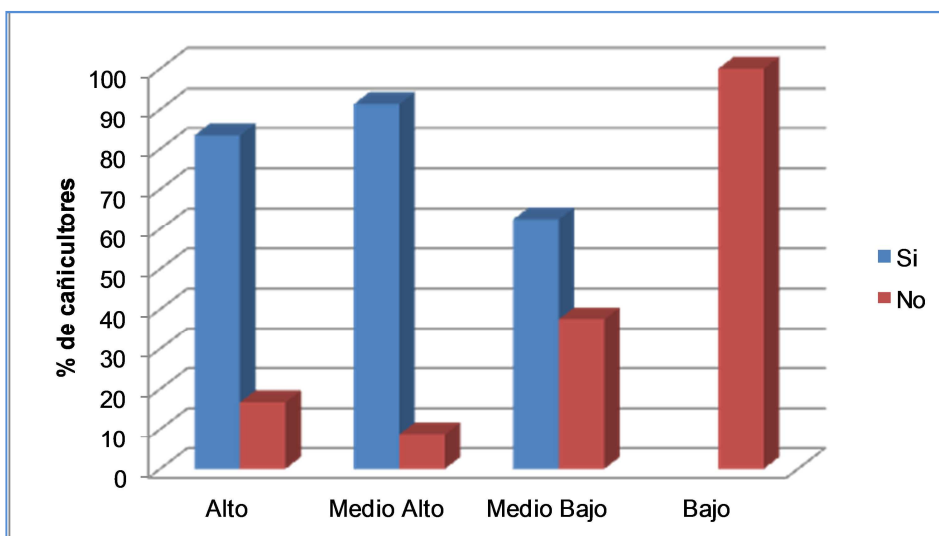
**Figura 29. Decisión de variedad a sembrar**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 29 se observa que el 60% de los cañicultores de nivel de productividad alto se asesora con el Ingenio, con su asesor particular y se apoya en la zonificación agroecológica para decidir la variedad a sembrar. En el caso de los cañicultores de nivel de productividad bajo solo el 20 % se apoya en ellos para la decisión de la nueva variedad.

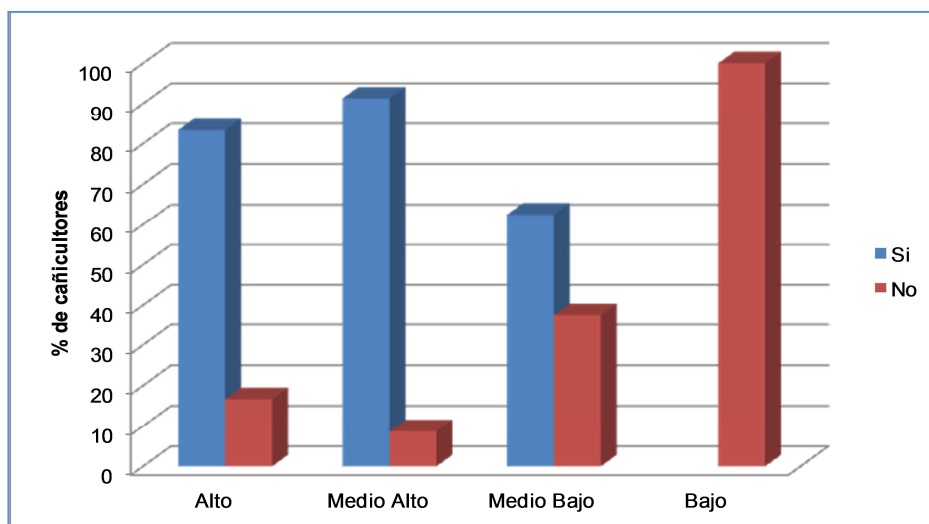
**Figura 30. ¿Realiza topografía previo a la renovación?**



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la figura 30 como el 80% de los cañicultores de nivel de productividad alto realizan la topografía previa a la renovación a diferencia de los cañicultores de baja productividad donde el 100% responden que no la realizan.

**Figura 31. Realiza nivelación**



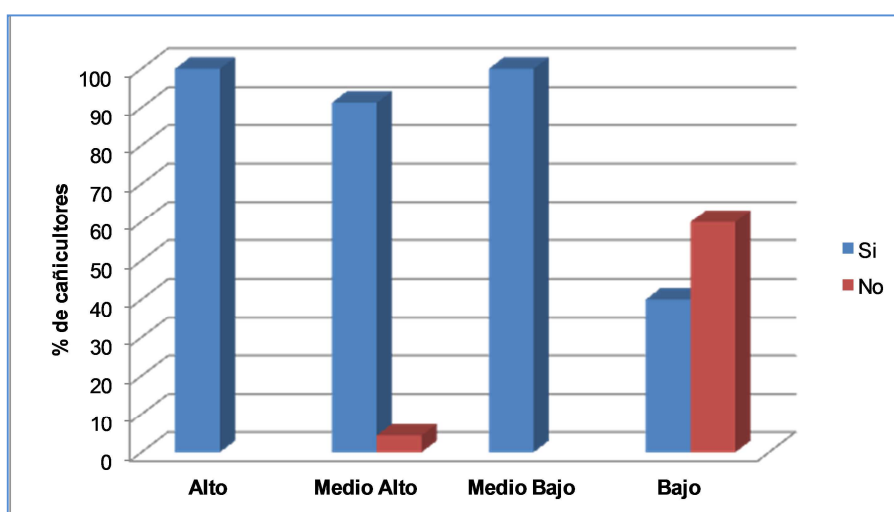
Fuente: Elaboración propia

Se observa como los cañicultores de nivel de productividad alto y medio alto

realizan la nivelación en un 80 y 90 % respectivamente, situación diferente se encuentra en los cañicultores de nivel de productividad bajo donde el 100% responden no realizar la nivelación, situación que les puede ocasionar problemas con el riego y el drenaje por lo tanto el cultivo se verá afectado como lo evidencias sus rangos de productividad.

.

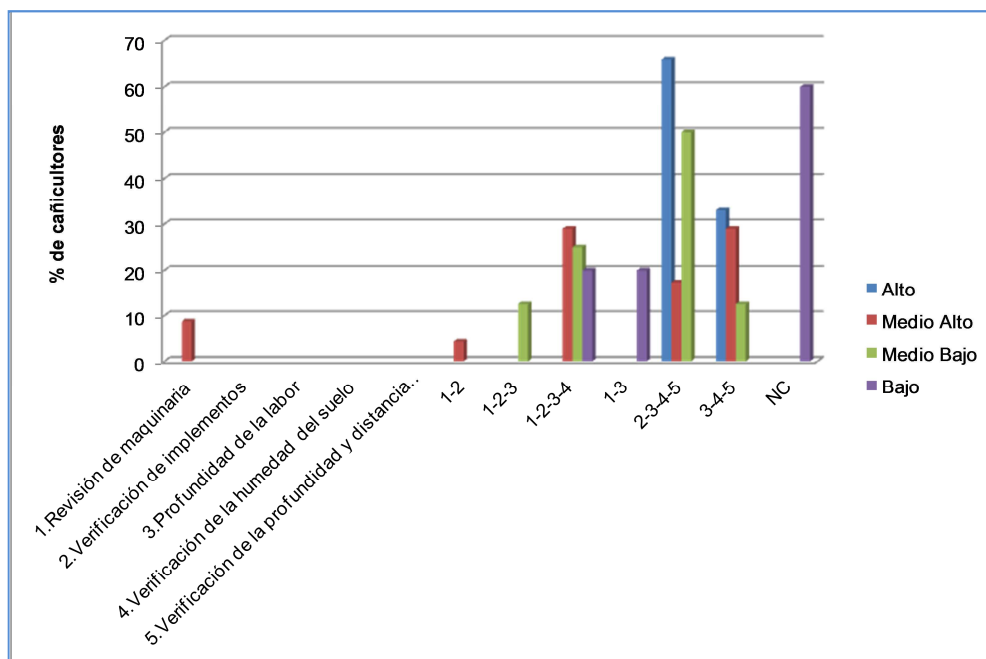
**Figura 32. Realiza control de calidad de la labor de preparación**



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la figura 32 como el 100 % de los cañicultores de nivel de productividad alto realizan control de calidad de las labores de preparación en la renovación, el 35% de los cañicultores de nivel de productividad bajo no realizan control de calidad de estas labores.

**Figura 33. Labores de calidad que realiza en la preparación de suelos**

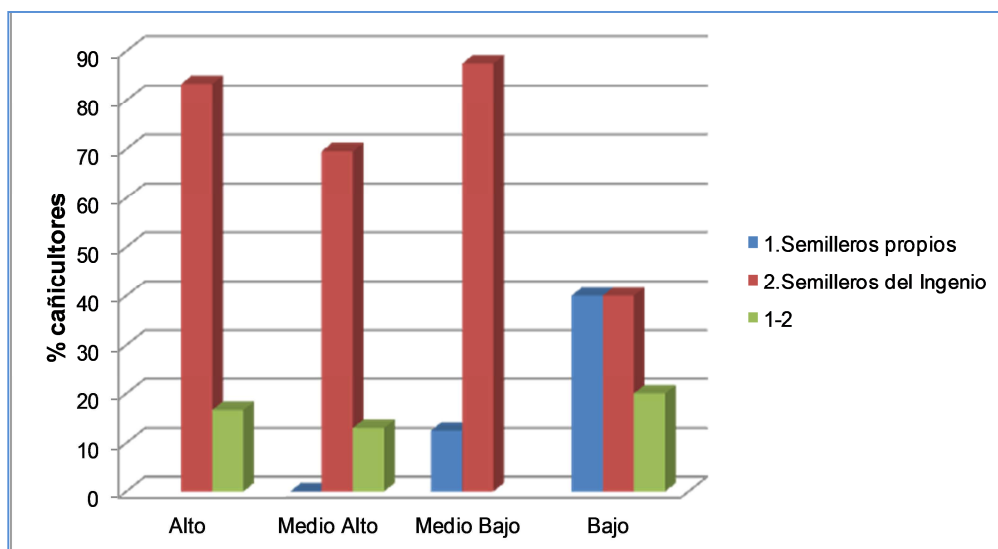


Fuente: Elaboración propia

Se evidencia en la figura 32 que el 65% de los cañicultores de nivel de productividad alto realizan las siguientes labores de calidad en la preparación de suelos: verificación de los implementos, profundidad de la labor, verificación de la humedad del suelo, verificación de la profundidad del surco y distancia entre surcos.

Solo el 20 % de los cañicultores de nivel de productividad bajo verifican las siguientes labores: Revisión de maquinaria, verificación de los implementos, profundidad de la labor, verificación de la humedad del suelo.

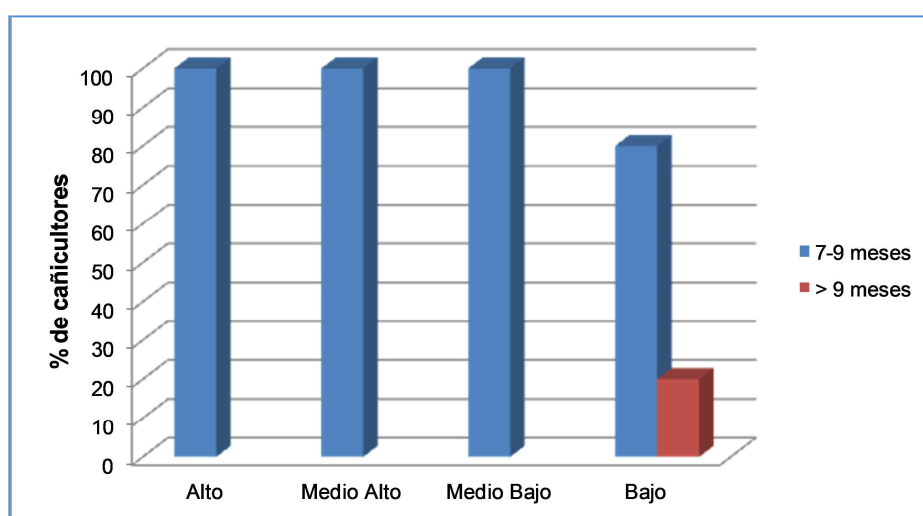
**Figura 34. Tipos de semilleros usados al renovar**



Fuente: Elaboración propia

Se evidencia en la figura 34 que el 80% de los cañicultores de nivel de productividad alto utilizan semilleros procedentes del Ingenio, en contraste el 40% de los cañicultores de productividad baja utilizan semilleros procedentes del Ingenio.

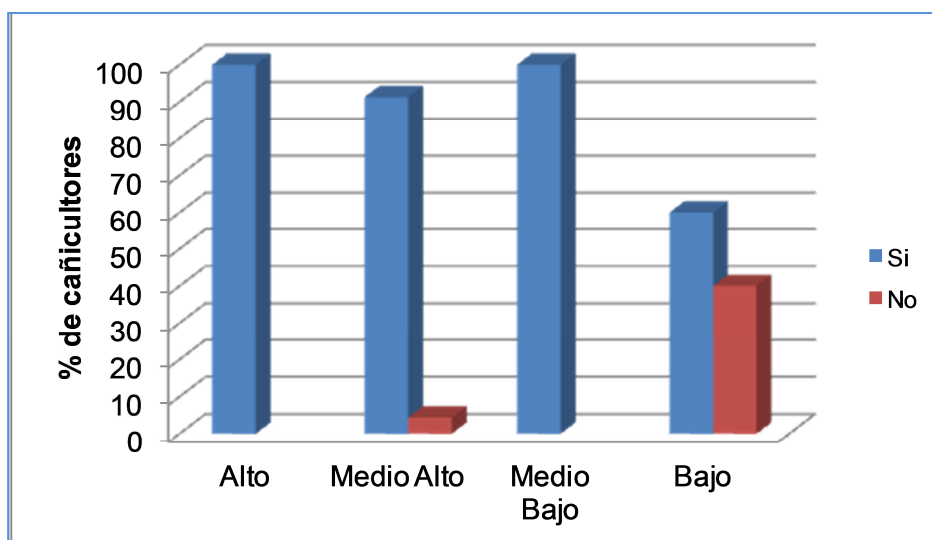
**Figura 35. Edad de los semilleros**



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la figura 35 que todos los cañicultores a excepción de un 20% de los de nivel de productividad bajo utilizan semilleros entre los 7 y 9 meses de edad.

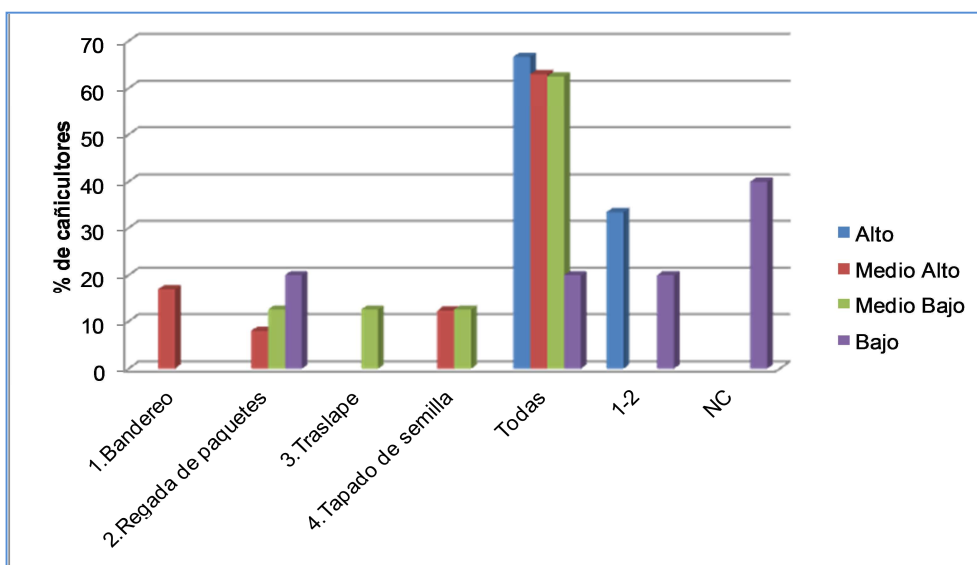
**Figura 36. ¿Realiza control de calidad de la siembra?**



Fuente: Elaboración propia

Se evidencia que los cañicultores de nivel de productividad alto en un 100% realizan control de calidad de la siembra, a diferencia de los cañicultores de nivel de productividad bajo donde el 40 % dicen no realizar control de calidad de esta labor.

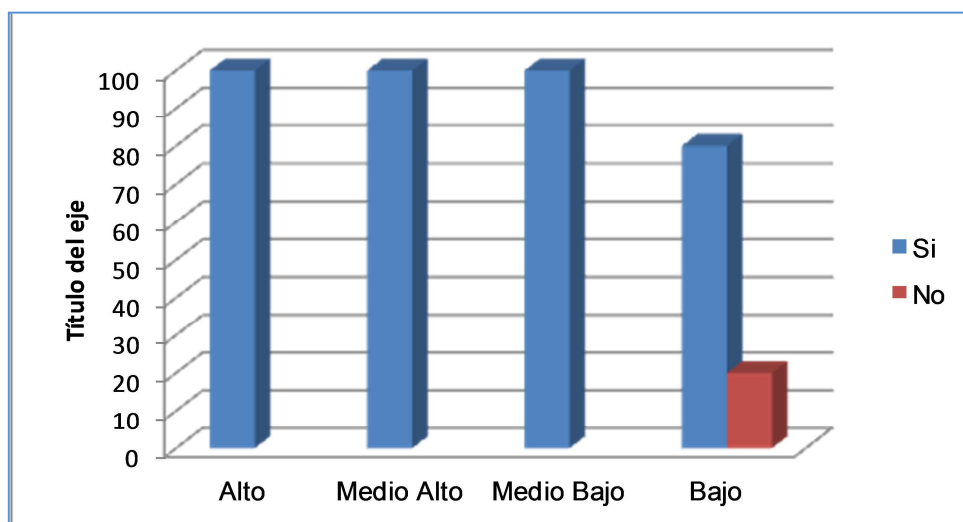
**Figura 37. Control de calidad de la siembra**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 37 se observa que el 60% de los cañicultores de nivel de productividad alto realizan todas las labores de control de calidad, solo el 20% de los cañicultores de nivel de productividad bajo dicen realizar todas las labores.

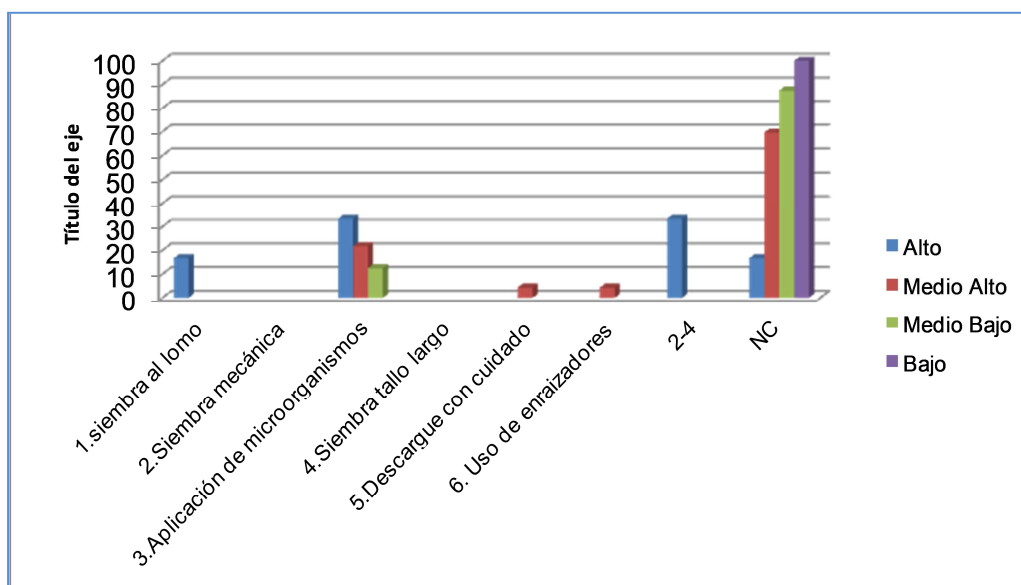
**Figura 38. ¿Realiza riego de germinación inmediato?**



Fuente: Elaboración propia

Se evidencia en la figura 38 que el 100% de los cañicultores de todos los niveles productivos realizan la labor de germinación inmediata, mientras que en el rango de productividad bajo se encuentra que un 20% de los cañicultores no realiza el riego de germinación inmediato.

**Figura 39. Labores innovadoras en la siembra**

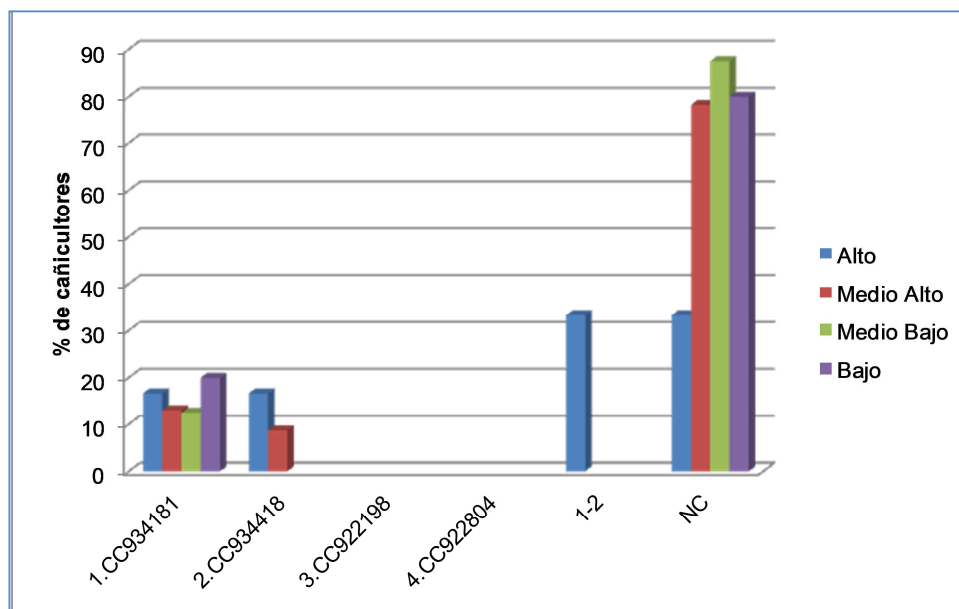


Fuente: Elaboración propia

Se puede observa en la figura 39 que los cañicultores más innovadores son los de nivel de productividad alto, un 30% de ellos han innovado con la utilización de microorganismos en la siembra, otro 30% ha innovado con siembra mecánica y siembra de tallo largo, a diferencia de los cañicultores de productividad baja los cuales no contestan la pregunta.

## 6. Variedades

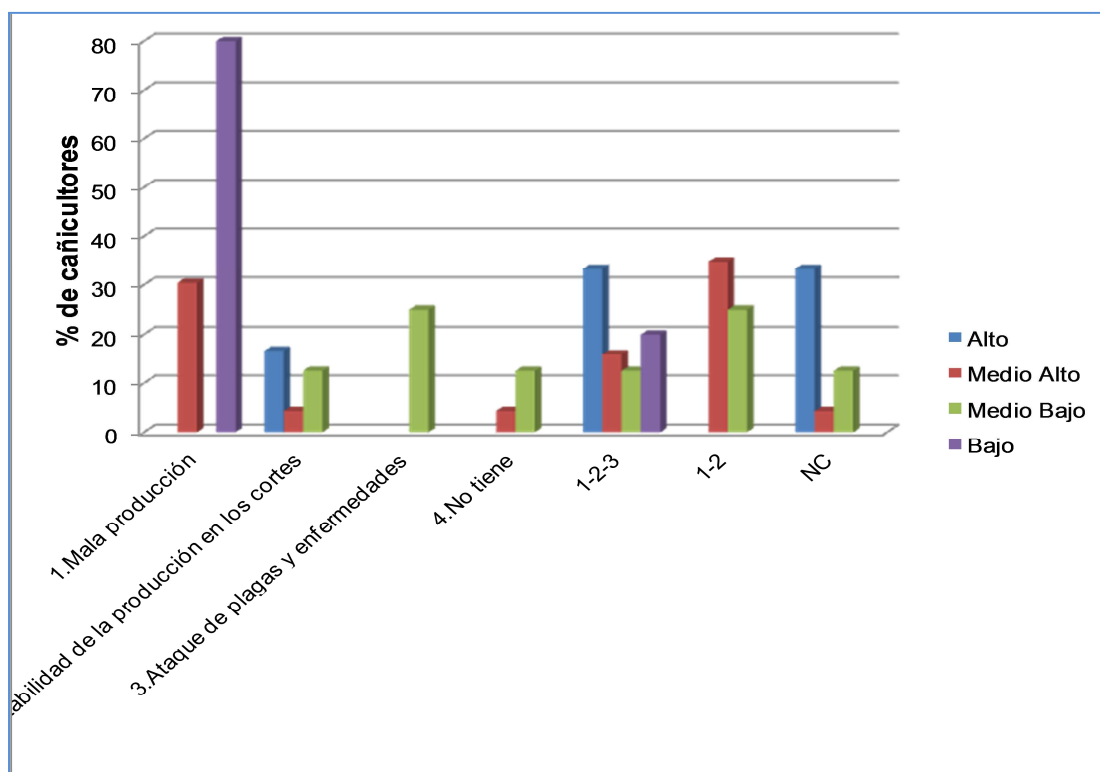
Figura 40. ¿Qué variedades nuevas posee?



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la figura 40 que el 30% de los cañicultores de nivel de productividad alto tienen sembradas las variedades CC93-4181 y la CC93-4418, un 10 % tiene CC93-4181 y un 10 % restante posee la CC93-4418. Un 20% de los cañicultores de nivel de productividad bajo tiene sembrado la variedad CC.934181.

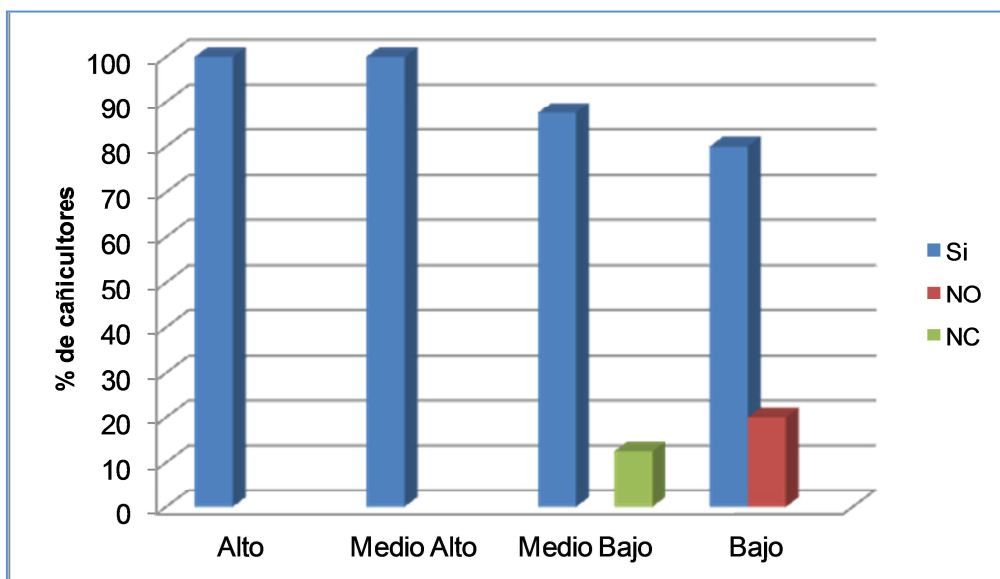
**Figura 41. Preocupación por la adopción de nuevas variedades**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 41 se observan los motivos de preocupación en la adopción de nuevas variedades, el 80% de los cañicultores de nivel de productividad bajo tienen temor a obtener una mala producción, el 30% de cañicultores de nivel de productividad alto mencionan la mala producción, la inestabilidad en los corte y el ataque de plagas y enfermedades como los principales temores de adopción.

**Figura 42. ¿Tiene intención de adoptar una nueva variedad?**



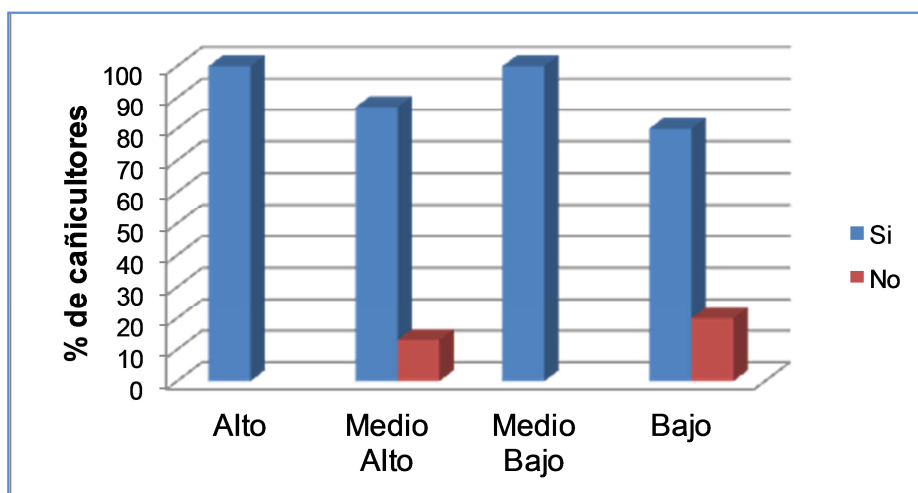
Fuente: Elaboración propia

En general en la figura 42 se observa una respuesta positiva en la intención de adoptar una nueva variedad, para el 100% los cañicultores de nivel de productividad alto y media alto la respuesta es positiva. Para el 87% y el 80% de los cañicultores de nivel de productividad medio bajo y bajo respectivamente la respuesta es positiva.

Situación que representa una muy buena oportunidad de continuar con la adopción de las nuevas variedades desarrolladas por Cenicaña.

## 7. Fertilización

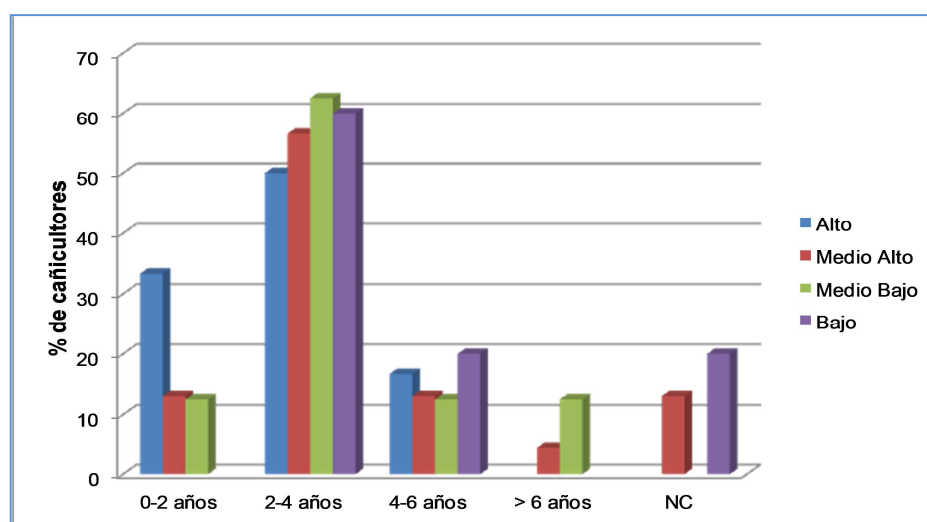
**Figura 43. ¿Realiza análisis de suelos?**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 43 se observa que el 100% de los cañicultores de nivel de productividad alto realizan análisis de suelos, el 80% de los cañicultores de nivel de productividad bajo realizan análisis de suelos pero existe un 20% de ellos que no lo realiza.

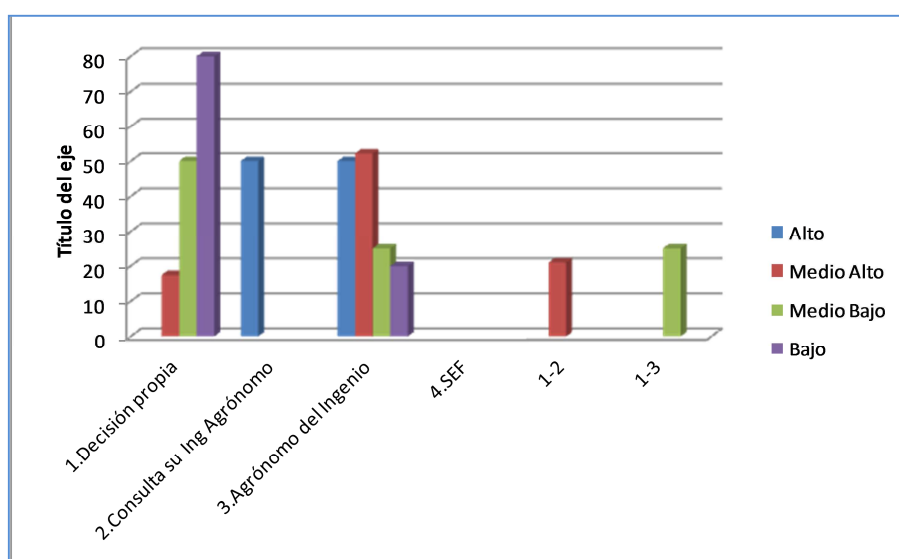
**Figura 44. ¿Cada cuanto realiza el análisis de suelos?**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 44 se observa que el 50% de los cañicultores de nivel de productividad alto actualizan el análisis de suelos cada 2-4 años, un 35 % restante lo actualiza cada dos años y un 15% restante cada 4-6 años. El 60% de los cañicultores de nivel de productividad bajo lo actualizan en el periodo de 2-4 años.

**Figura 45. Decisión de la formulación de fertilización**

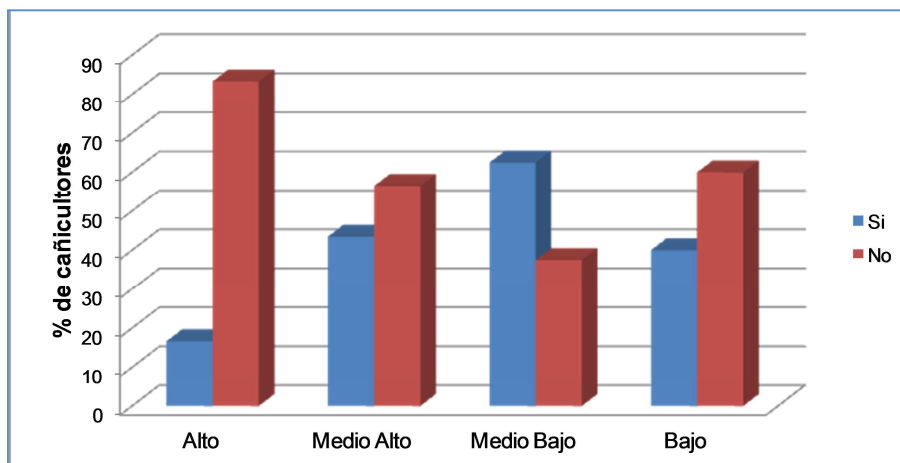


Fuente: Elaboración propia

En la figura 45 se puede observar que el 50 % de los cañicultores de nivel de productividad alto deciden la formulación de fertilizante a aplicar consultando el Ingeniero agrónomo del Ingenio, el 50% restante consulta a su Ingeniero agrónomo particular. Se observa que el 80% de los cañicultores de nivel de productividad baja utilizan su propio concepto.

Esta situación evidencia la importancia de contar con un profesional de apoyo al momento de decidir la formulación de fertilizante a aplicar. Se deben tener en cuenta el conocimiento de las propiedades físicas y químicas del suelo al momento de decidir la dosis de la fertilización, y la interpretación adecuada del análisis de suelos actualizada es fundamental para no incurrir en errores.

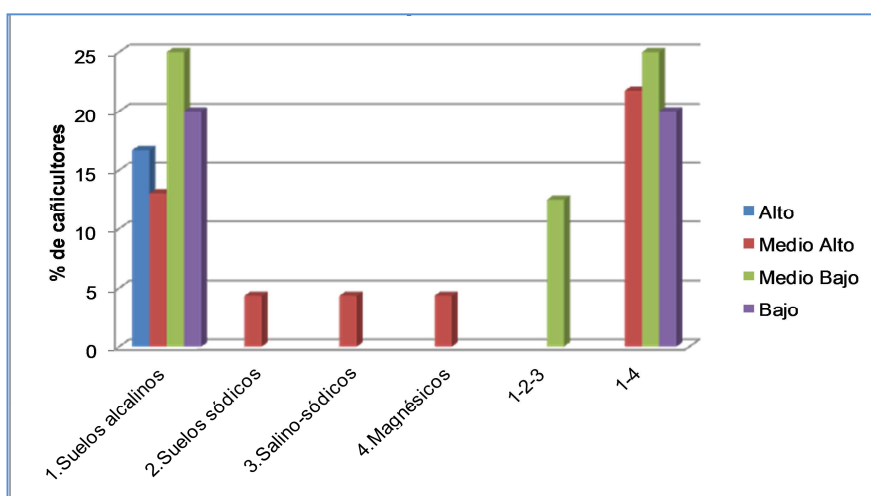
**Figura 46. ¿Posee características químicas de suelo limitantes?**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 46 se observa que el 60% de los cañicultores de nivel de productividad medio bajo dicen tener características químicas de suelo limitantes, el 40% de los cañicultores de nivel de productividad medio alto dicen tener inconvenientes químicos en sus suelos. El 38% de los cañicultores de nivel de productividad bajo también hacen la misma afirmación y solo el 10% de los cañicultores de nivel de productividad alto presentan estos limitantes.

**Figura 47. ¿Posee problemas químicos del suelo?**



Fuente: Elaboración propia

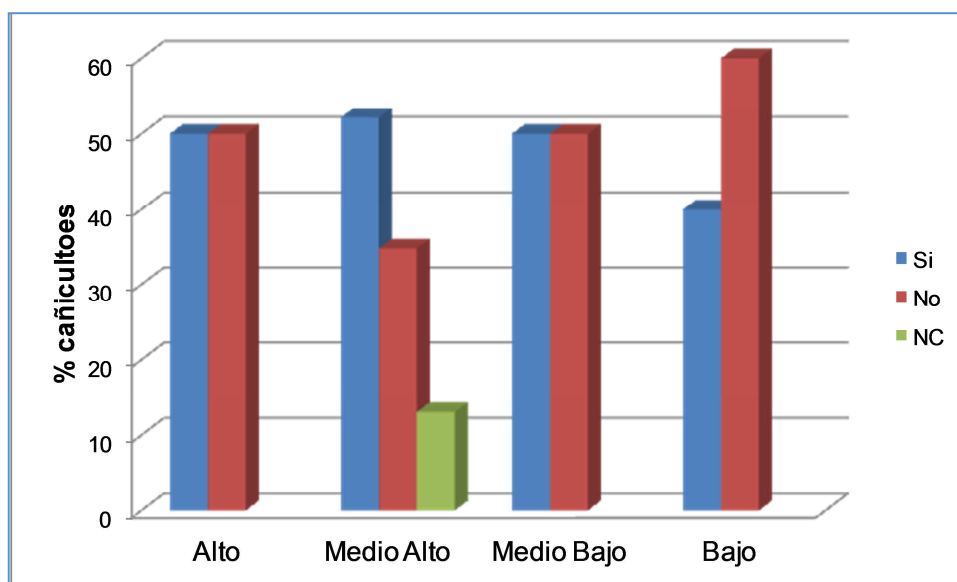
En la figura 47 se puede evidenciar que el 25% de los cañicultores de nivel de productividad medio bajo presentan suelos alcalinos, un 25% afirma tener suelos alcalinos y magnésicos y un 12.5% restante afirma tener suelos alcalinos, salino-sódicos y sódicos.

El 21% de los cañicultores de nivel de productividad medio alto afirman tener suelos alcalinos y suelos magnésicos. El 13% de este rango afirma tener suelos alcalinos.

Para los cañicultores de productividad baja el 20% afirma tener suelos alcalinos y otro 20% dice tener suelos alcalinos y magnésicos.

El 16% de los cañicultores de nivel de productividad alto dicen tener problemas de suelos alcalinos.

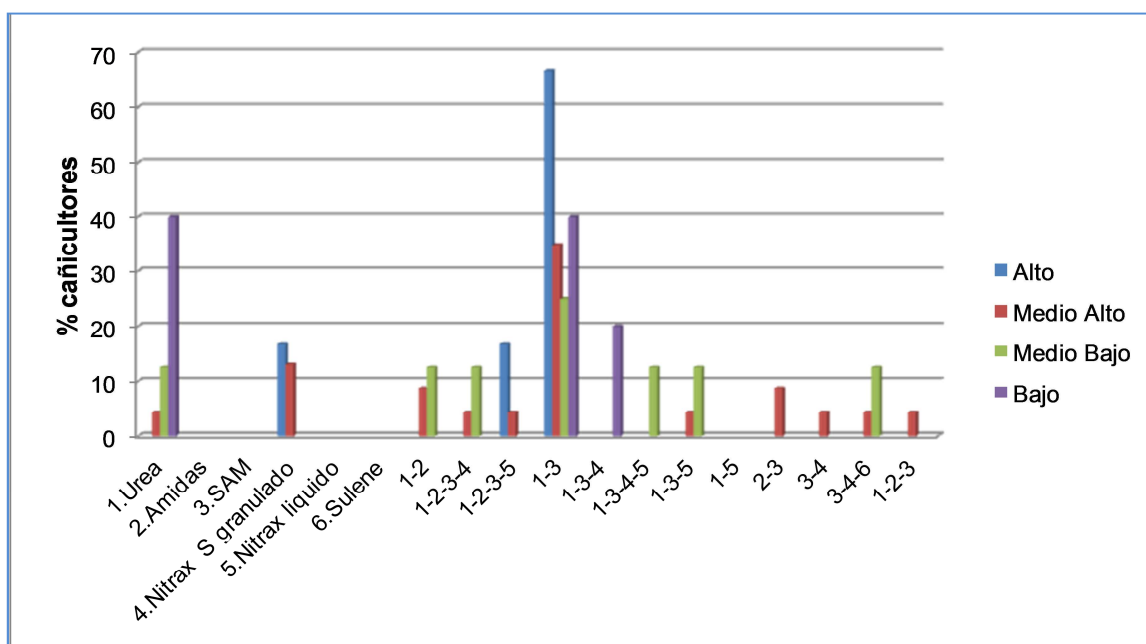
**Figura 48. ¿Aplica alguna enmienda?**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 48 se puede observar que el 50% de los cañicultores de nivel productividad alto, media alto y medio bajo aplica alguna enmienda para contrarrestar los problemas químicos de sus suelos. En contraste El 60 % de los cañicultores de nivel de productividad bajo que afirman no aplicar ninguna enmienda para corregir los problemas químicos en los suelos.

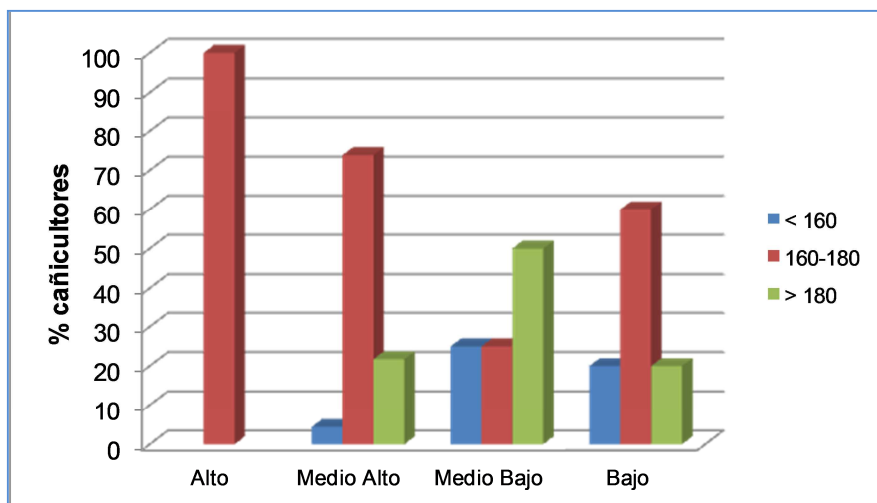
**Figura 49. Fuentes nitrogenadas utilizadas**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 49 se puede observar que el 66% de los cañicultores de nivel de productividad alto utilizan como fuentes de nitrógeno la mezcla de urea y sulfato de amonio (SAM). Un 40% de los cañicultores de nivel de productividad bajo utilizan solamente urea como fuente nitrogenada.

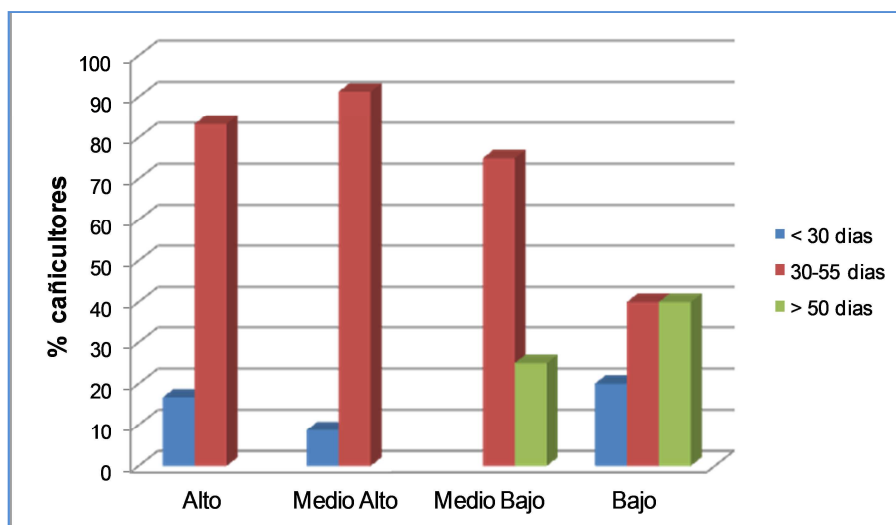
**Figura 50. Unidades de nitrógeno aplicadas en soca**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 50 se observa que el 100 % de los cañicultores de nivel productivo alto aplican entre 160-180 unidades de nitrógeno. El 20% de los cañicultores de nivel productivo bajo esta utilizando menos de 160 unidades de nitrógeno y el 20% restante está utilizando más de 180 unidades de nitrógeno.

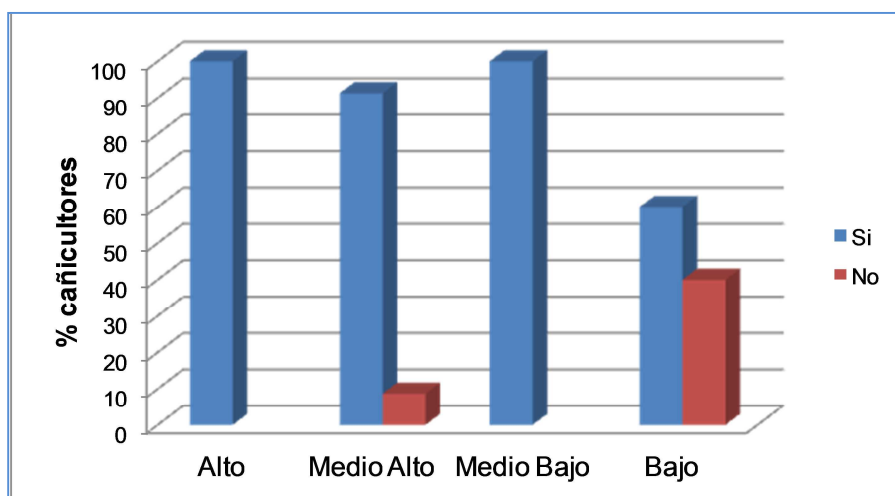
**Figura 51. Días después del corte para fertilizar**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 50 se observa que el 80% y el 90% de los cañicultores de nivel de productividad alto y medio alto respectivamente fertilizan entre 30-35 días después del corte. El 40% de los cañicultores de nivel de productividad bajo fertilizan a los 50 días o mas después del corte y un 20% fertiliza antes de los 30 días.

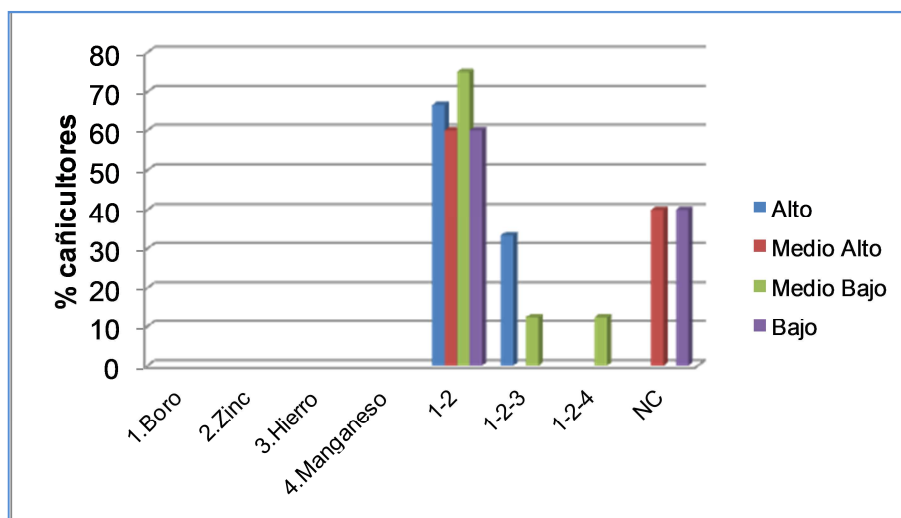
**Figura 52. ¿Realiza aplicación de elementos menores?**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 52 se observa que el 100% de los cañicultores de nivel de productividad alto aplican elementos menores, a diferencia de los cañicultores de nivel de productividad bajo donde un 40% no aplica elementos menores.

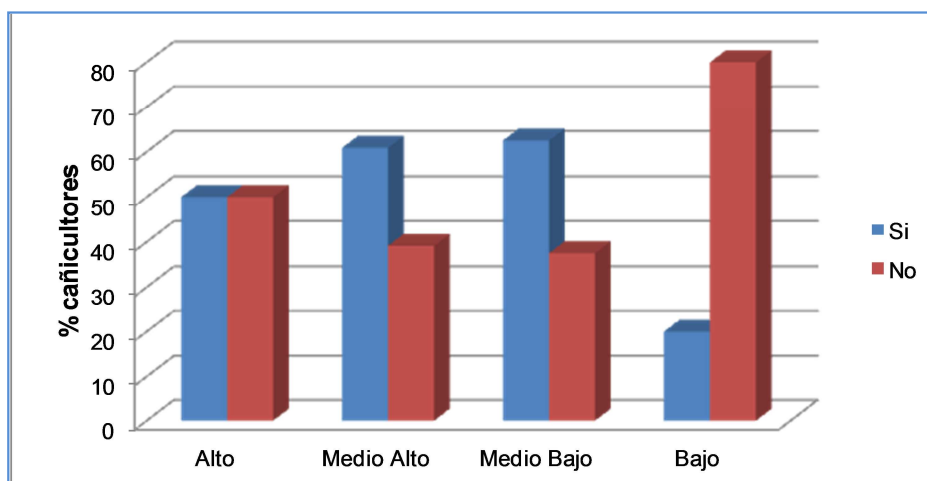
**Figura 53. Elementos menores aplicados**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 53 se observa que el 65% de los cañicultores de nivel de productividad alto aplican como elementos menores el boro y el zinc. Un 30% restante de este grupo aplican hierro, boro y zinc. El 60% de los cañicultores de nivel de productividad medio alto y bajo dicen aplicar boro y zinc.

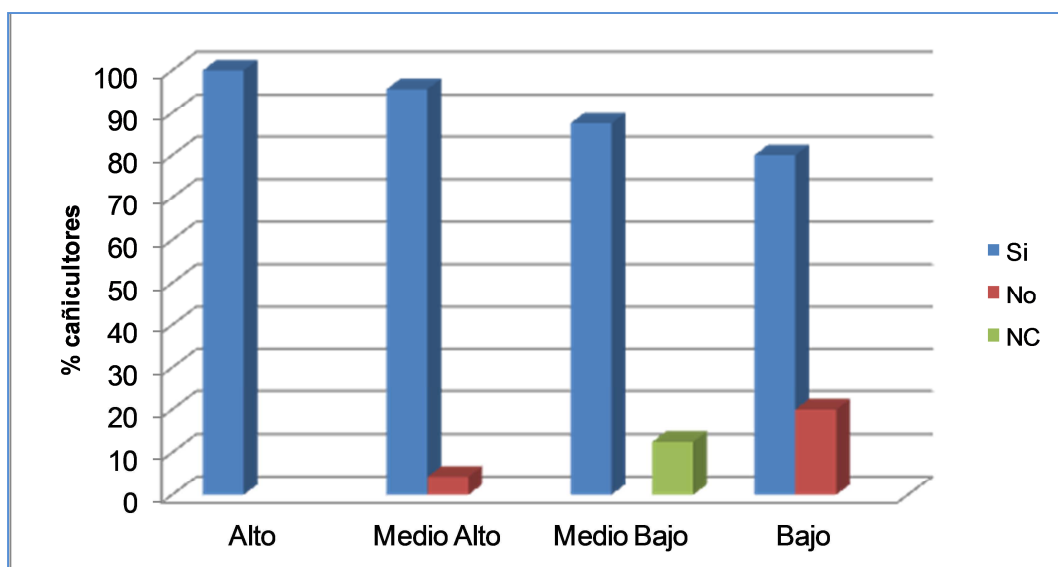
**Figura 54. ¿Aplica materia orgánica al suelo?**



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que el 50% de los cañicultores de nivel de productividad alto aplican materia orgánica a sus suelos. En contraste con el 80% de los cañicultores de nivel de productividad bajo que dicen no aplicar materia orgánica a sus suelos.

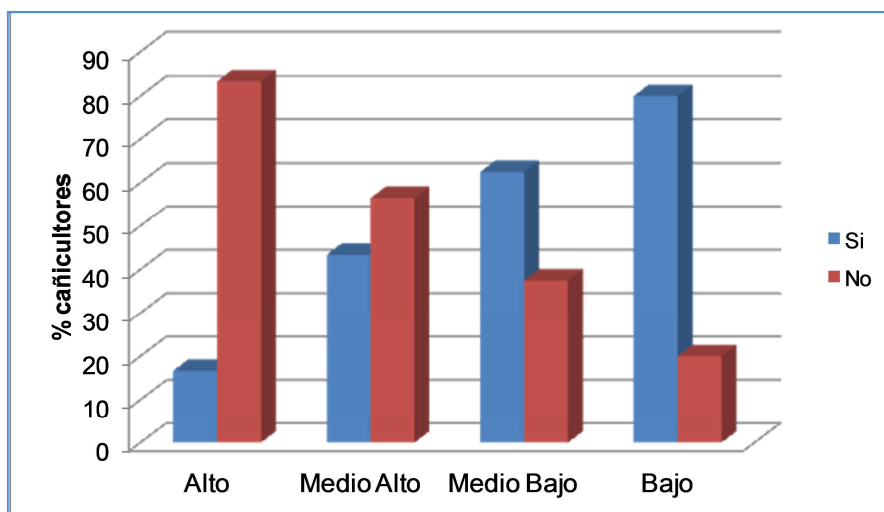
**Figura 55. ¿Realiza calibración de la abonadora?**



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la figura 55 que el 100% de los cañicultores de nivel de productividad alto calibran la abonadora. El 20% de los cañicultores de nivel de productividad bajo afirman no realizar calibración de la abonadora.

**Figura 56. ¿Contrata la labor de fertilización?**

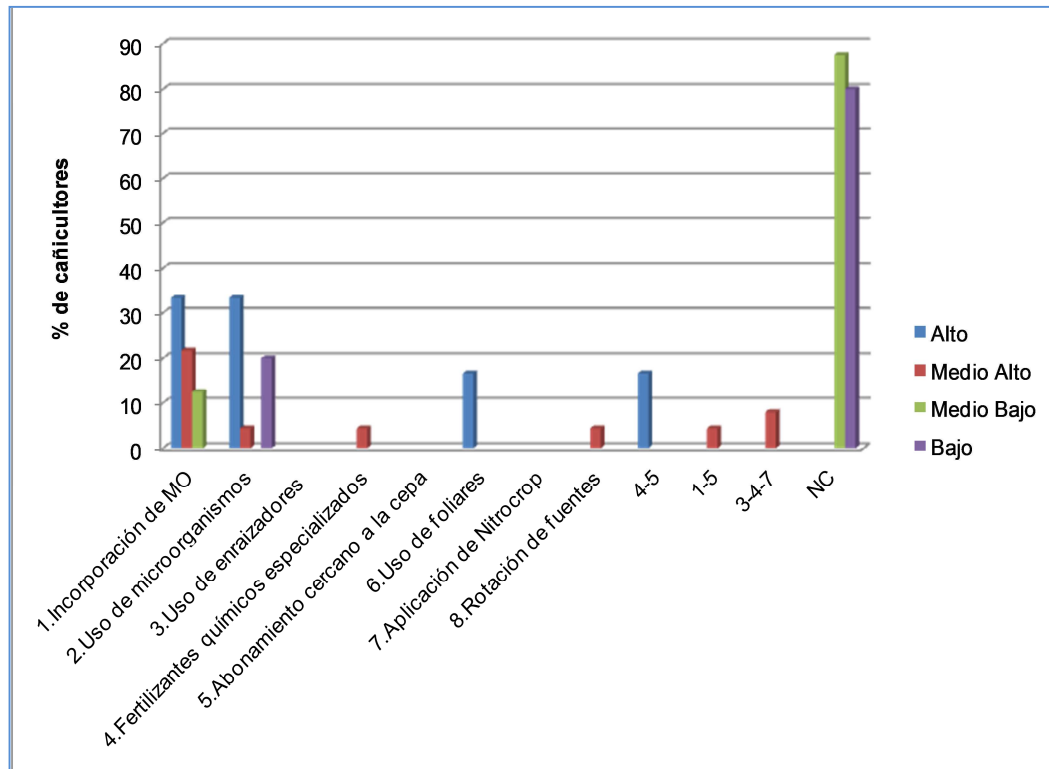


Fuente: Elaboración propia

Se observa que el 90% de los cañicultores de nivel de productividad alto no contrata la aplicación de fertilizante, en contraste el 80% de los cañicultores de nivel de productividad bajo afirman contratar la labor.

Probablemente los cañicultores de productividad alta, realicen la labor de fertilización con equipos propios de buenas características. Los cañicultores de productividad baja recurren a la contratación de la labor y tal vez no tiene el suficiente control sobre la misma para realizar verificación de calidad de la labor.

**Figura 57. Labor innovadora de fertilización**

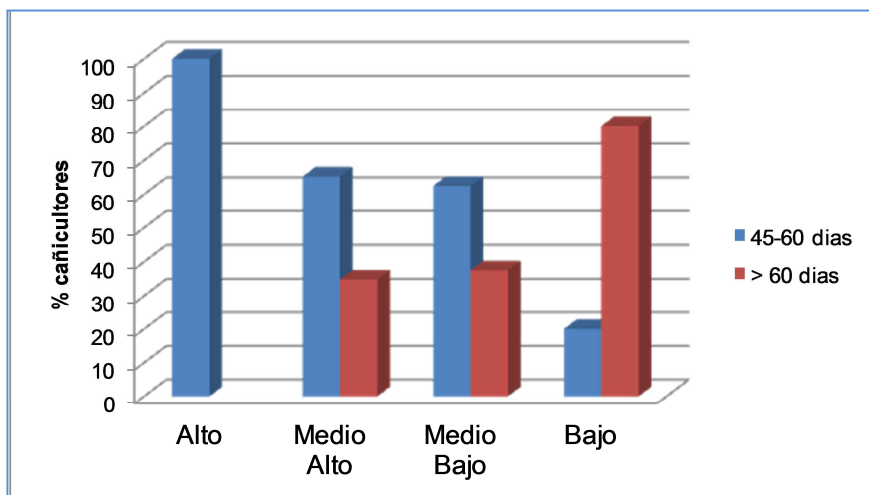


Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la figura 57 que los cañicultores más innovadores son los de productividad alta, un 33% de ellos han innovado con la utilización de microorganismos, otro 30% ha innovado la incorporación de materia orgánica, un 16% ha innovado con el uso de foliares y un 16% restante con la utilización de fertilizantes químicos especializados y abonamiento cercano a la cepa.

## 8. Control de malezas

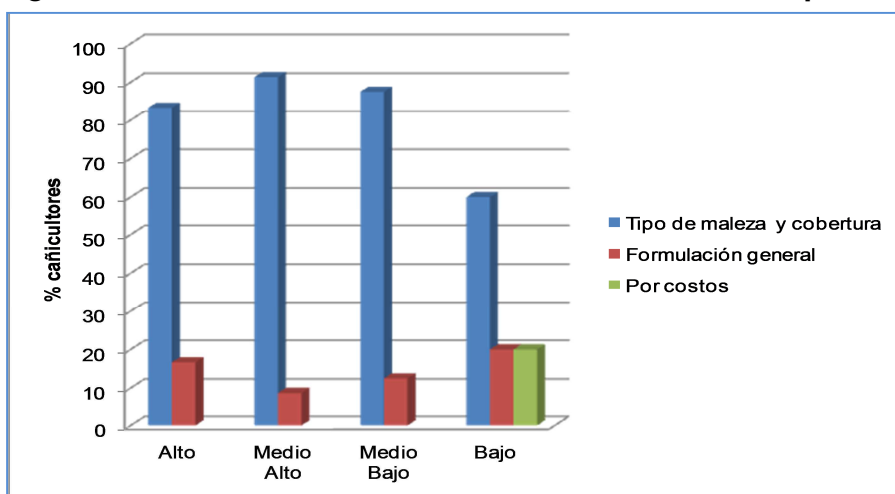
**Figura 58. Días después del corte para la aplicación del herbicida**



Fuente: Elaboración propia

Se observa que el 100% de los cañicultores de nivel de productividad alto realizan la aplicación del herbicida entre los 45-60 días después del, en contraste el 80% de los cañicultores de nivel de productividad bajo afirman realizar el control después de los 60 días después del corte.

**Figura 59. Decisión de la formulación del herbicida a aplicar**



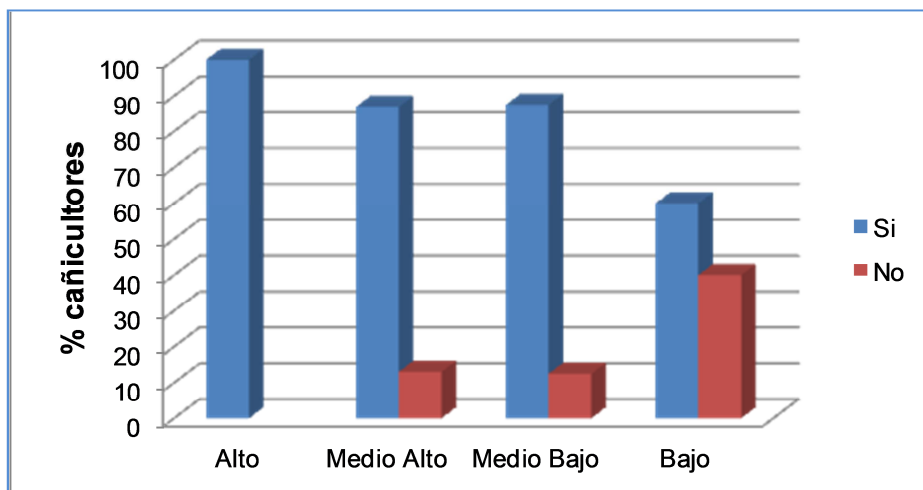
Fuente: Elaboración propia

Se observa que el 83% de los cañicultores de nivel de productividad alto deciden la formulación a aplicar basados en el tipo de maleza y la cobertura, al igual que el 91% y el 87% de los cañicultores de nivel de productividad medio alto y medio bajo respectivamente.

El 60% de los cañicultores de nivel de productividad bajo deciden la formulación a aplicar basados en el tipo de maleza y la cobertura, un 20% de ellos dicen que por formulación general y el 20% restante afirma que deciden la formulación por costos.

## 9. Plagas

**Figura 60. ¿Realiza Control biológico de *Diatraea*?**



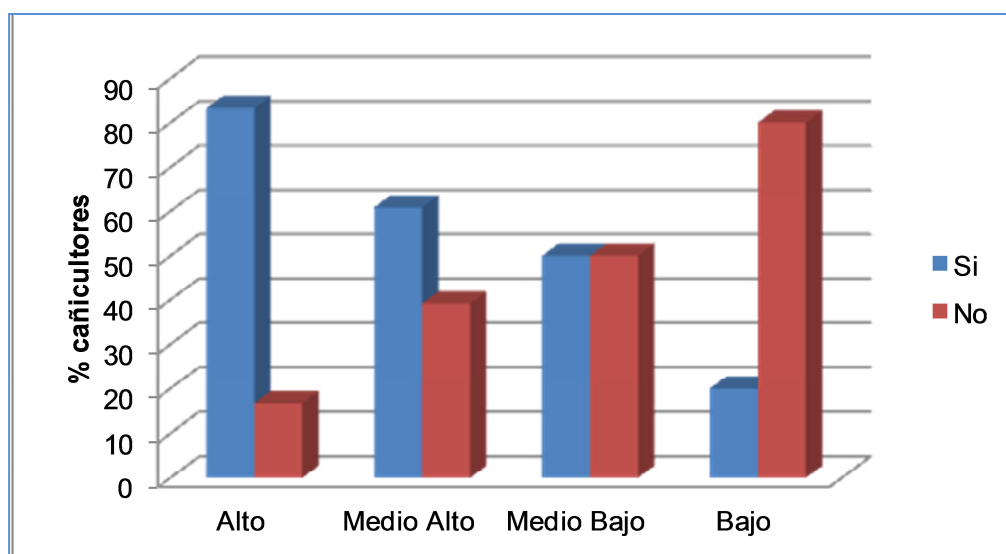
Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la figura 60 que el 100% de los cañicultores de nivel de productividad alto realizan el control biológico de *Diatraea*, a diferencia de los cañicultores de nivel de productividad bajo, donde solo el 60% lo realiza.

El 80% de los cañicultores de nivel de productividad medio alto y medio bajo también realizan el control biológico de esta plaga.

## 10. Proyecto educativo y capacitaciones

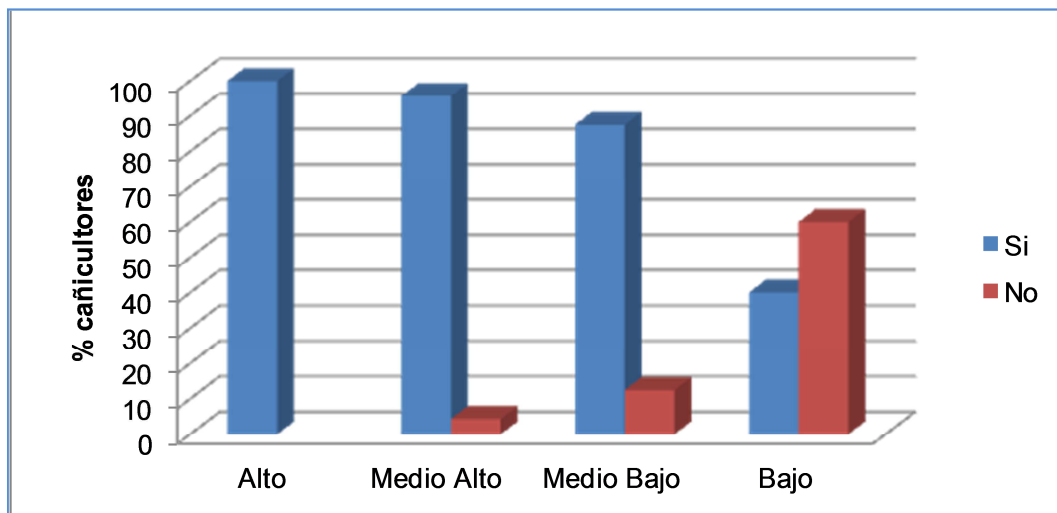
**Figura 61. ¿Realiza capacitaciones a sus colaboradores?**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 61 se observa que el 80% de los cañicultores de nivel de productividad alto realizan capacitaciones a sus colaboradores, en contraste el 80% de los cañicultores de nivel de productividad bajo no realizan capacitaciones a sus colaboradores.

**Figura 62. ¿Asiste a los Grupos de Transferencia de tecnología realizados por Cenicaña e Ingenio Providencia?**

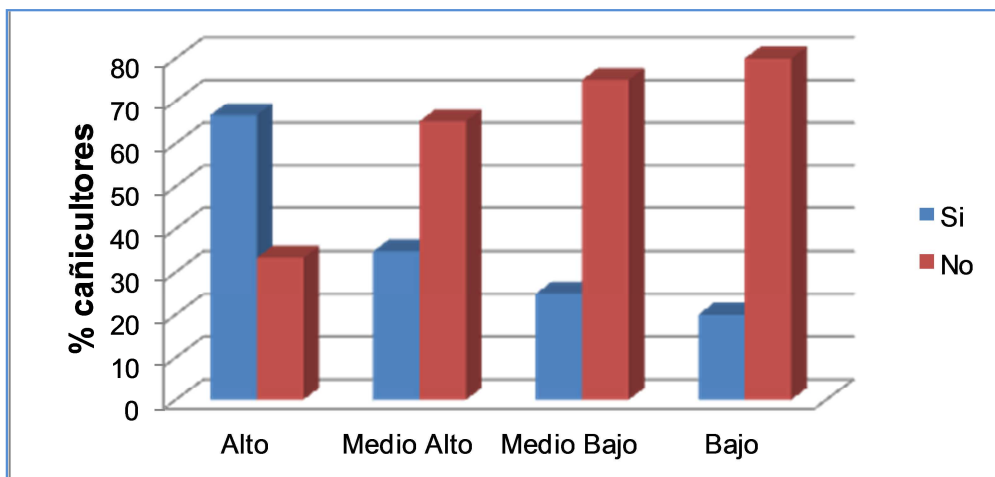


Fuente: Elaboración propia

En la figura 62 se observa que los cañicultores de niveles de productividad alto, medio alto y medio bajo en un alto porcentaje 100%, 90% y 80% respectivamente asisten a los Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) desarrollados por Cenicaña.

El 60% de los cañicultores de nivel de productividad bajo admite no asistir a los GTT.

**Figura 63. ¿Su mayordomo asiste al proyecto de educación que tiene el Ingenio?**



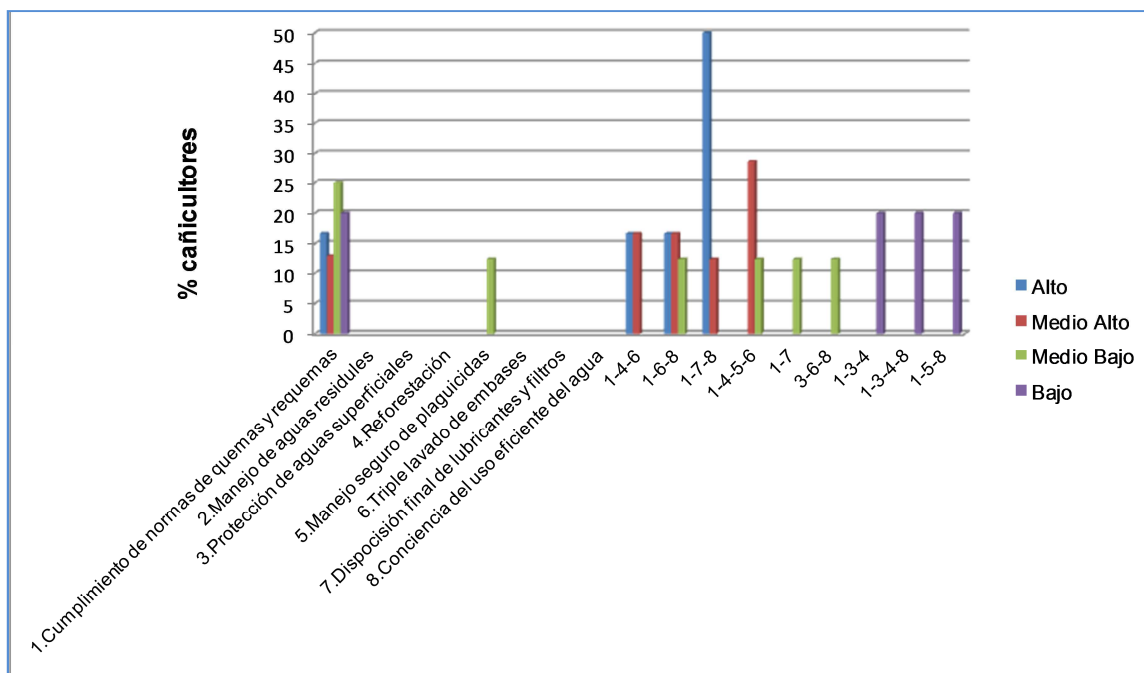
Fuente: Elaboración propia

En la figura 63 se observa que el 60% de los cañicultores de nivel productividad alto afirman que sus mayordomos asisten al proyecto educativo desarrollado por Ingenio Providencia. El 30% de los cañicultores de nivel productivo medio alto, el 20 % de los de nivel productivo medio bajo y el 10% de los de nivel productivo bajo, afirman que sus cañicultores asisten al proyecto.

Resultados que muestran como los cañicultores de nivel de productividad alto son más proactivos y más interesados en la capacitación de sus mayordomos.

## Aspectos ambientales

**Figura 64. ¿Realiza alguna de las siguientes acciones para favorecer el ambiente?**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 64 se puede observar como el 50% de los cañicultores de nivel de productividad alto realizan las siguientes acciones para favorecer el ambiente: cumplimiento de normas de quemas y requemas, disposición final de lubricantes y filtros y conciencia del uso eficiente del agua. El 28.6% de los cañicultores de nivel de productividad medio alto realiza las siguientes acciones: cumplimiento de normas de quemas y requemas, reforestación, manejo seguro de plaguicidas, y triple lavado de embases. El 25% de los cañicultores de nivel de productividad medio bajo realiza cumplimiento de normas de quemas y requemas y un 20% de los cañicultores de nivel de productividad bajo efectúa cumplimiento de normas de quemas y requemas, protección de aguas superficiales y reforestación.

## Costos

**Tabla 4. Costos de la plantilla por hectárea**

| Least Squares Means |          |          |                |    |         |         |       |         |         |
|---------------------|----------|----------|----------------|----|---------|---------|-------|---------|---------|
| Effect              | p11      | Estimate | Standard Error | DF | t Value | Pr >  t | Alpha | Lower   | Upper   |
| p11                 | Alto     | 5250000  | 544575         | 16 | 9.64    | <.0001  | 0.05  | 4095552 | 6404448 |
| p11                 | Bajo     | 3500000  | 544575         | 16 | 6.43    | <.0001  | 0.05  | 2345552 | 4654448 |
| p11                 | Medio Al | 4723077  | 213600         | 16 | 22.11   | <.0001  | 0.05  | 4270265 | 5175889 |
| p11                 | Medio Ba | 5130333  | 444644         | 16 | 11.54   | <.0001  | 0.05  | 4187730 | 6072936 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se puede observar que los costos más altos en plantilla o establecimiento del cultivo es por parte de los cañicultores de nivel alto de productividad, donde en promedio se encontró que los costos en plantilla son de \$5'250.000 en promedio por hectárea.

Los costos de producción más bajos en promedio se encontraron en los cañicultores de nivel de productividad bajo.

**Tabla 5. Costos de la soca por hectárea**

| Least Squares Means |          |          |                |    |         |         |       |         |         |
|---------------------|----------|----------|----------------|----|---------|---------|-------|---------|---------|
| Effect              | p11      | Estimate | Standard Error | DF | t Value | Pr >  t | Alpha | Lower   | Upper   |
| p11                 | Alto     | 2750000  | 336456         | 21 | 8.17    | <.0001  | 0.05  | 2050302 | 3449698 |
| p11                 | Bajo     | 2050000  | 336456         | 21 | 6.09    | <.0001  | 0.05  | 1350302 | 2749698 |
| p11                 | Medio Al | 2911250  | 118955         | 21 | 24.47   | <.0001  | 0.05  | 2663869 | 3158631 |
| p11                 | Medio Ba | 2843200  | 212793         | 21 | 13.36   | <.0001  | 0.05  | 2400672 | 3285728 |

Fuente: Elaboración propia

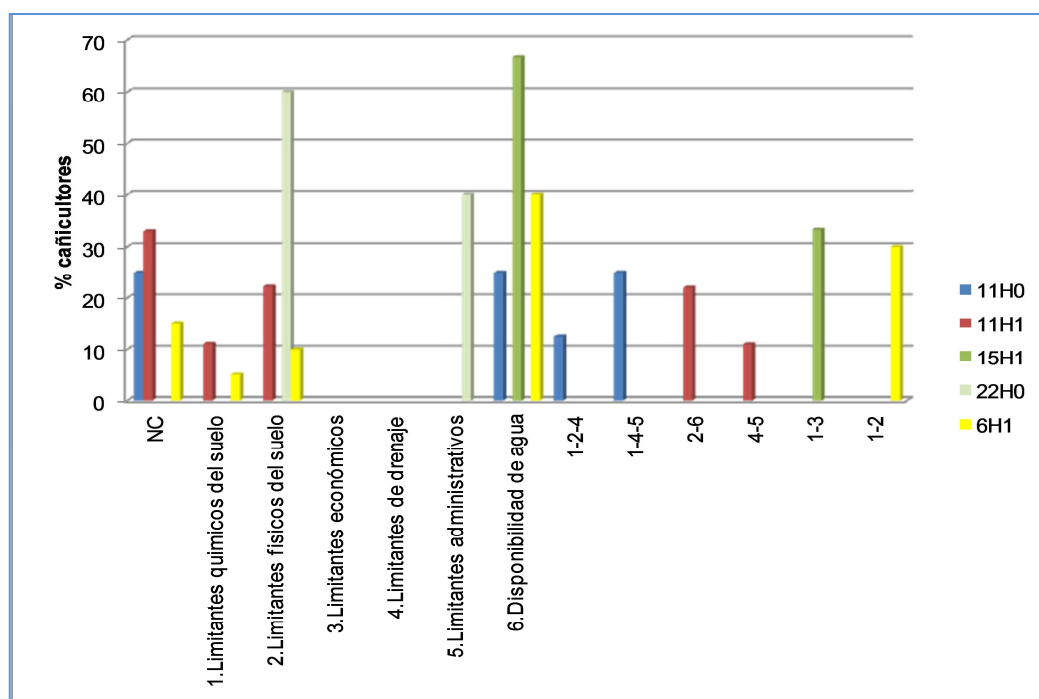
En la tabla 5 se puede observar que los costos más altos en soca es por parte de los cañicultores de nivel de productividad alto, donde en promedio se encontró que los costos en soca son de \$2'750.000 en promedio por hectárea.

Los costos de producción más bajos en promedio se encontraron en los cañicultores de nivel de productividad bajo, \$2'050.000 por hectárea.

Realmente para contestar este ítem en la entrevista se encontraron grandes dificultades por parte de los cañicultores, ya que la gran mayoría no llevan registros del costo de sus labores de cultivo, entonces no tiene conocimiento claro del los costos totales por hectárea del cultivo.

### 6.1.3 Resultados encontrados en la identificación de los factores limitantes por zonas agroecológicas en la obtención del mejor potencial de producción de los proveedores de Ingenio Providencia

**Figura 65. Limitantes de producción por Zona agroecológica**



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observan los principales limitantes de producción por zona agroecológica. Para los cañicultores de la zona agroecológica 11H0 los principales

limitantes son los siguientes: el 25 % mencionan la disponibilidad de agua, un 25% menciona: limitantes químicos, de drenaje y administrativos y un 12% mencionan los limitantes químicos, físicos y de drenaje.

Para el 25% de los cañicultores de la zona agroecológica 11H1, el principal limitante es de tipo físico, un 25% restante respondió que los limitantes eran a nivel físico del suelo y de disponibilidad de agua.

Para los cañicultores de la zona agroecológica 15H1 el 65% respondió que el principal limitante era la disponibilidad de agua.

Para el 60% de los cañicultores de la zona agroecológica 22H0, el principal limitante de producción identificado son las propiedades físicas del suelo y un 40% respondió que la gran limitación era a nivel administrativo.

Finalmente para los cañicultores de la zona agroecológica 6H1 el 40% de los cañicultores identificó la disponibilidad de agua como el principal limitante en producción.

#### **6.1.4. Identificación de los factores claves que fidelizan a los cañicultores con Ingenio Providencia**

Para Ingenio Providencia es fundamental conocer cuáles son las insatisfacciones por parte de los clientes (cañicultores). Como lo hemos mencionado frecuentemente la frontera agrícola es limitada y la clave está en fortalecer los servicios que les brindamos para que exista una fidelización de los cañicultores.

En un mundo globalizado y competitivo como el actual no es suficiente ser efectivo en los procesos, sino también se deben buscar mecanismos de retención del cliente, de ahí la importancia de la fidelización del cliente porque para nosotros

representa el 60% del área de molienda. En este momento existe una excesiva oferta por parte de otros Ingenios y por lo tanto debemos conservar los clientes que tenemos.

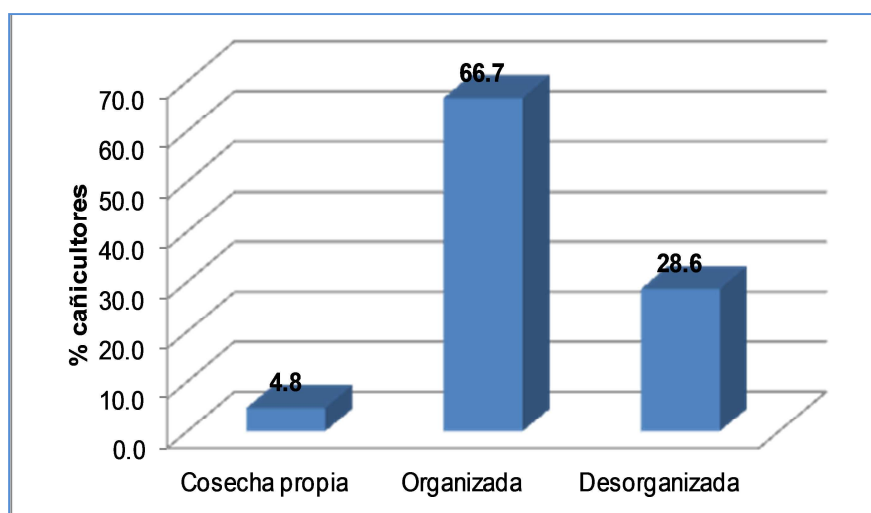
Según un estudio realizado por McGraw Hill en USA: si el cliente es fiel a la marca, pero la marca no es fiel al cliente, el matrimonio no funciona y el cliente se va con otra. Como toda relación, es importante que también sea duradera. Para que esto se produzca, hay que hablar continuamente, la interactividad con el cliente tiene que ser continua. (Huaman, 2006).

Estos son algunos aspectos clave en la fidelización de los clientes: Identificar a los clientes como individuos, confeccionar los perfiles de los clientes, dialogar, escuchar, aprender y conceder importancia a todas las comunicaciones, mejorar el valor de la relación en ambas direcciones, añadir valor a los clientes importantes, garantizar el establecimiento de un patrón de referencia para garantizar los resultados. (Gea y Romero, 2003).

Las empresas reconocen que es mucho menos costo retener clientes que añadir nuevos constantemente para reemplazar los que se pierden. Los clientes fieles valoran la calidad y servicio de los productos de una empresa. Son menos propensos a buscar alternativas. Las empresas retienen clientes en parte, cumpliendo de forma constante con su proposición de valor inicial, pero también asegurando la calidad en el servicio. Los clientes pueden alejarse de las empresas que no responden a sus solicitudes de la información y de solución de problemas. Las empresas debe desarrollar la capacidad de responder a preguntas de manera ágil, esta situación mantiene la fidelidad del cliente y reducen la posibilidad de perderlo. (Kaplan y Norton, 2004).

A continuación se muestran los resultados.

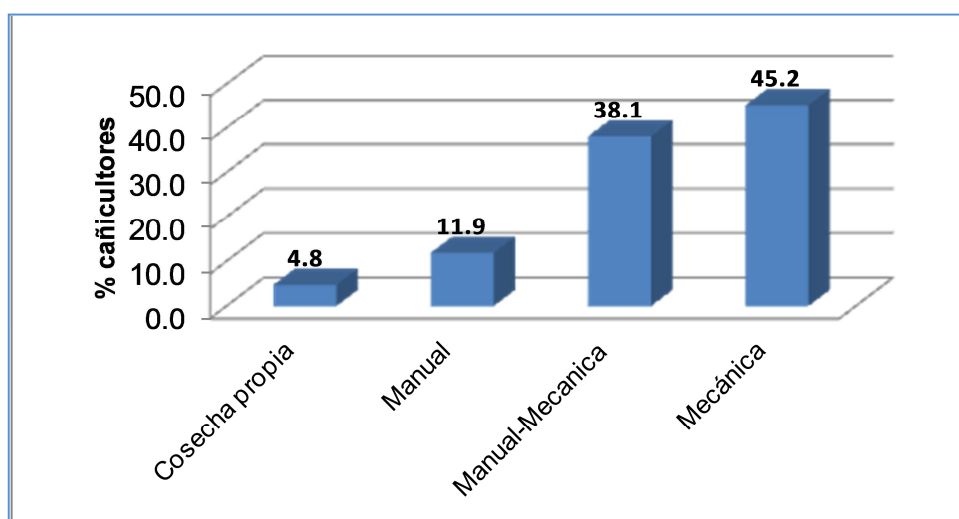
**Figura 66. Percepción de la cosecha y madurantes**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 66 se puede observar que el 66.7% de los cañicultores perciben la programación de la cosecha y la aplicación de madurantes de Ingenio Providencia como un servicio organizado. El 28.6% de los cañicultores dice que es desorganizada.

**Figura 67. Tipo de cosecha**

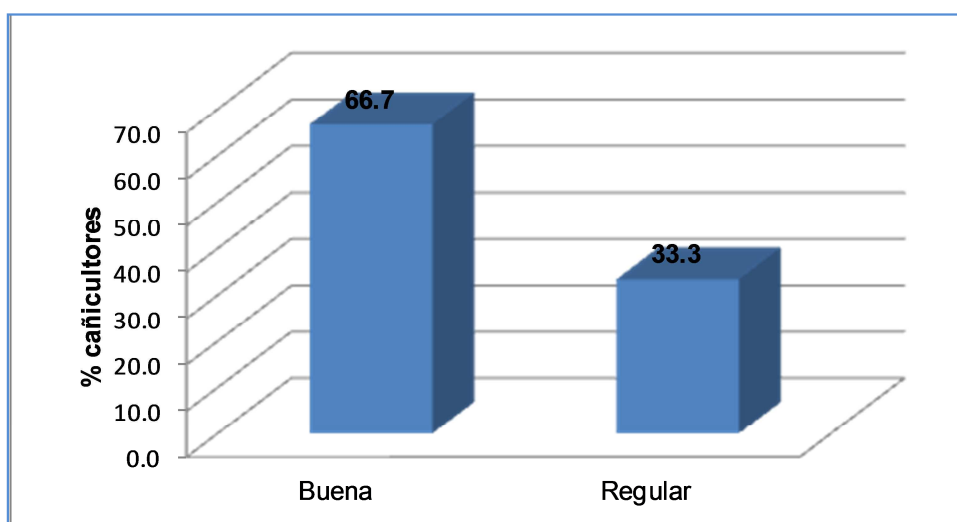


Fuente: Elaboración propia

En la figura 67 se puede observar que a el 45.2 % de los cañicultores entrevistados se les cosecha mecánicamente, al 38.1% de los entrevistados el tipo de cosecha que se les realiza es manual-mecánica, esto quiere decir que en ocasiones el Ingenio les cosecha manual y en otra ocasiones mecánicamente. Al 11.9% restante de los cañicultores entrevistados el Ingenio les cosecha manual.

A la proporción de cañicultores que tiene cosecha manual se les pregunto como les parecia la calidad de la cosecha. A continuación se presentan los resultados.

**Figura 68. Calidad de la cosecha manual**

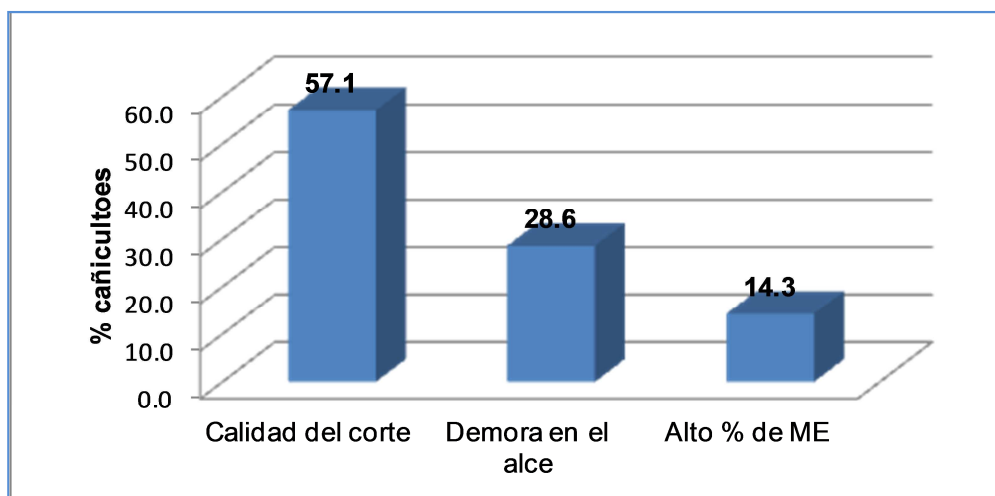


Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 68, el 66.7% de los cañicultores responde que la calidad de la cosecha manual es buena. El 33.3% de los cañicultores respondieron que la calidad era regular.

A los cañicultores que respondieron que la calidad de la cosecha era mala se les preguntó cuál era la percepción de los inconvenientes de la cosecha manual. A continuación se presentan los resultados:

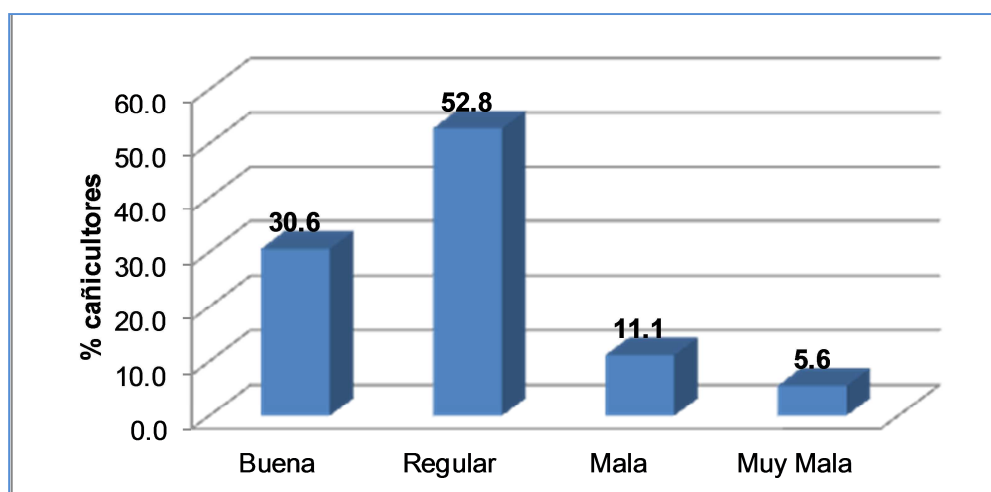
**Figura 69. Percepción de los inconvenientes de la cosecha manual**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 69 se observa que el 57.1% de los entrevistados mencionan la calidad del corte como problema fundamental, seguido por la demora en el alce (28.6%) y un alto porcentaje de materia extraña (14.3%).

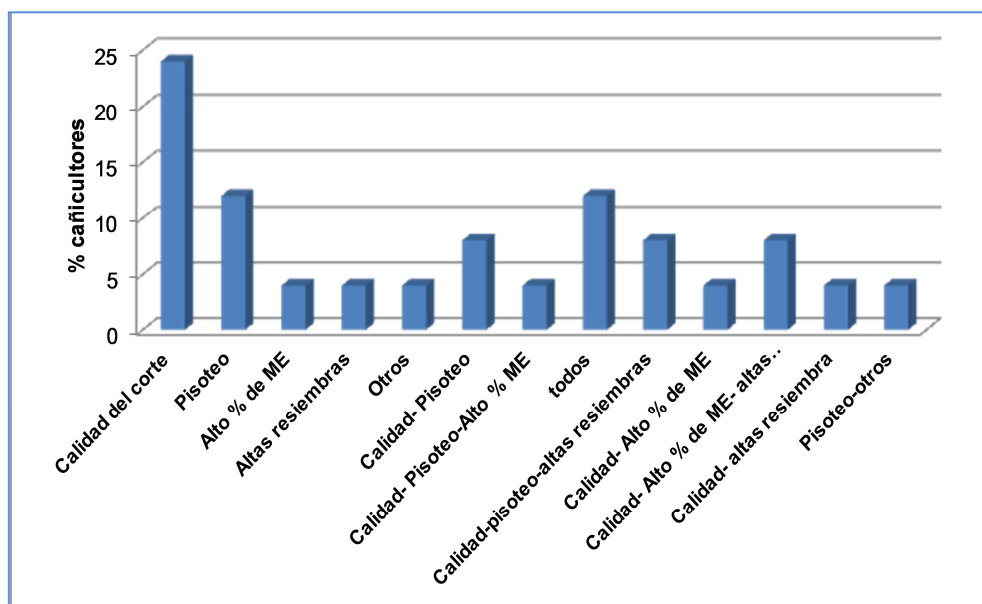
**Figura 70. Percepción de la calidad de la cosecha mecánica**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 70 se puede observar que alrededor del 68% de los entrevistados perciben la calidad de la cosecha mecánica como regular a muy mala. Solo un 30.6% de los entrevistados la considera buena.

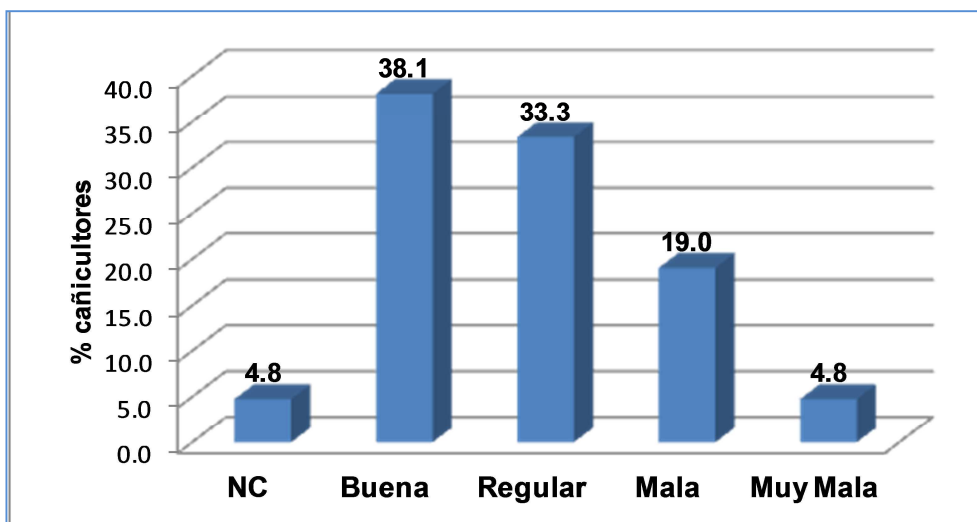
**Figura 71. Percepción de los inconvenientes de la cosecha mecánica**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 71 se observa que el 24 % de los entrevistados identifican la calidad del corte mecánico como uno de los principales inconvenientes de la cosecha mecánica seguido por la selección del ítem **todos** con un 12% que es: el pisoteo, el alto porcentaje de materia extraña y las altas resiembras como inconvenientes fundamentales.

**Figura 72. Percepción de la calidad del repique**

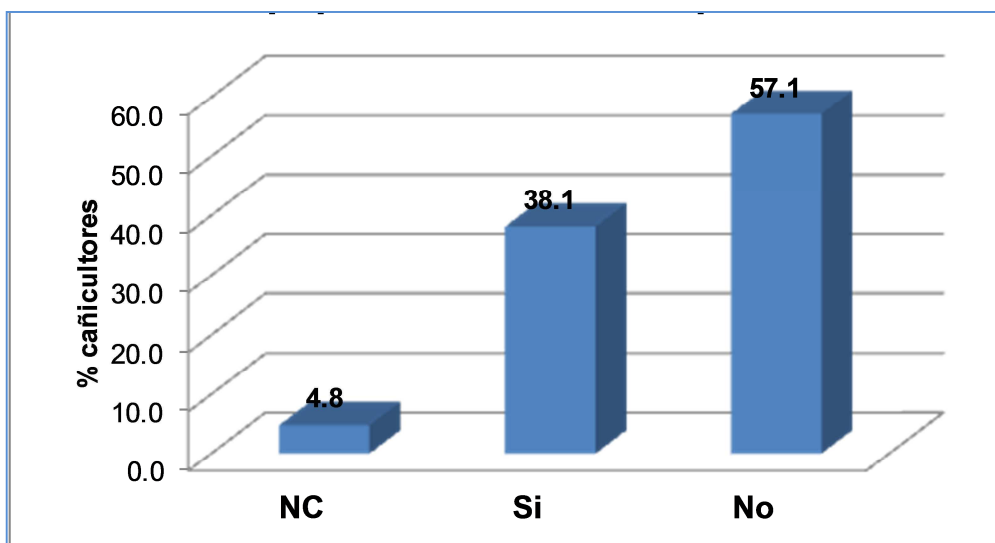


Fuente: Elaboración propia

En la figura 72 se observa que el 56 % de los entrevistados percibe la calidad del repique como regular a muy mala.

Después de que se realiza la cosecha quedan cepas de caña con tallo (tocones) situación que causa inconformidad por parte de los cañicultores, porque esto puede ocasionar problemas en la germinación, y además es caña que se deja en campo. Para disminuir estos efectos negativos el Ingenio, después de que la cosecha salga de la hacienda debe enviar personal para que realice esta labor de repique.

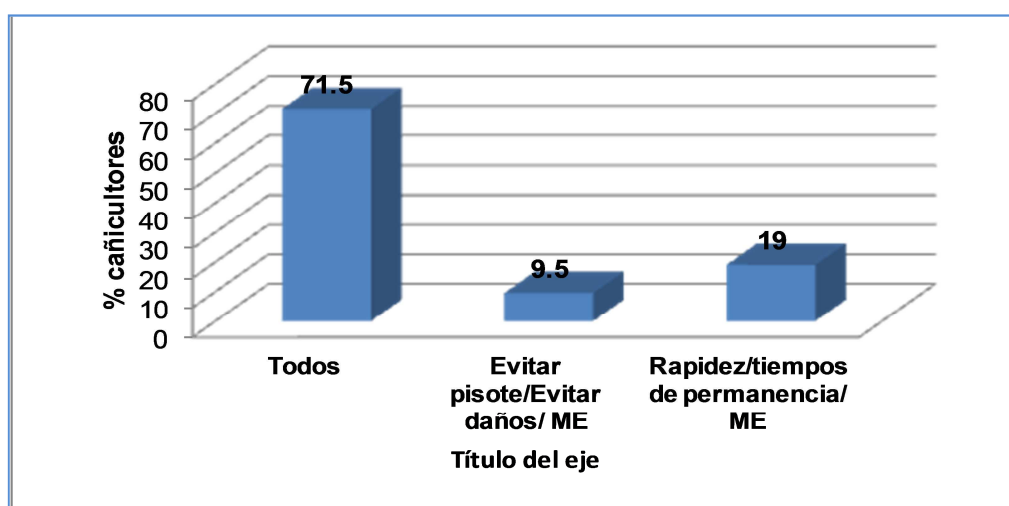
**Figura 73. ¿El repique se efectúa con rapidez?**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 73 se observa que el 57 % de los entrevistados percibe que el repique no se efectúa con rapidez.

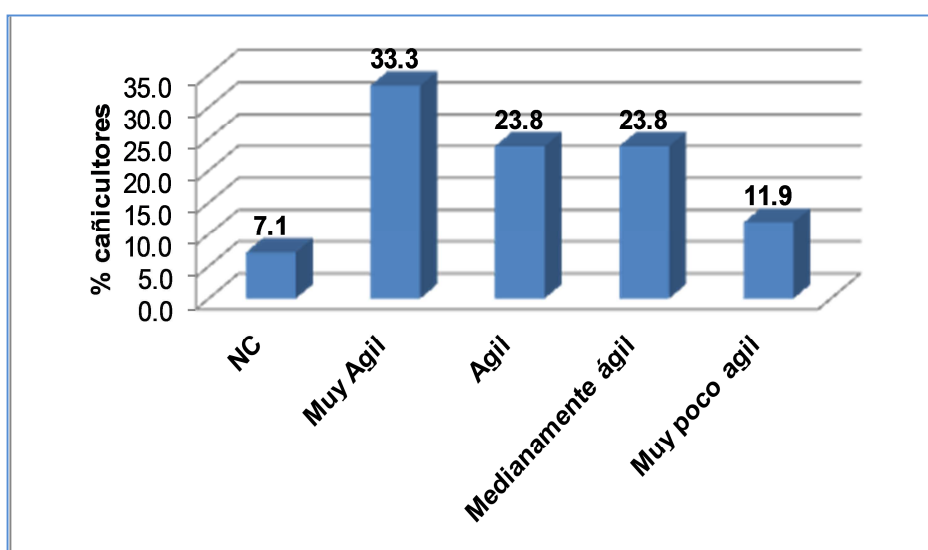
**Figura 74. Aspectos que cosecha debe mejorar**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 74 se observa que el 71% de los entrevistados sugiere que cosecha mejor en los siguientes aspectos: Calidad del corte, Evitar pisoteo, rapidez en efectuar el repique, evitar daños, disminuir los porcentajes de materia extraña, disminuir los tiempos de permanencia y disminuir la cantidad de caña dejada en campo.

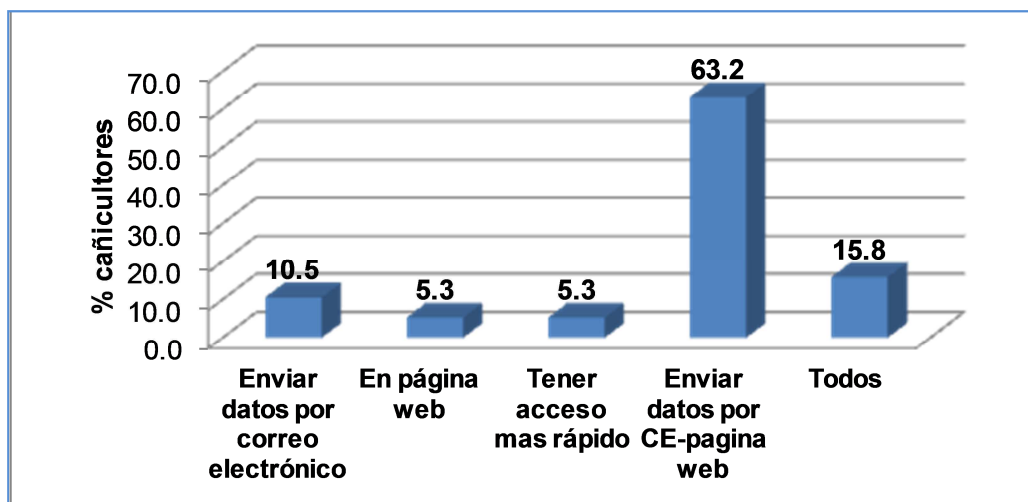
**Figura 75. Rapidez de la información de tonelaje**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 75 se observa que el 35.7% de los entrevistados opina que la información que les damos sobre la producción es medianamente ágil a muy poco ágil.

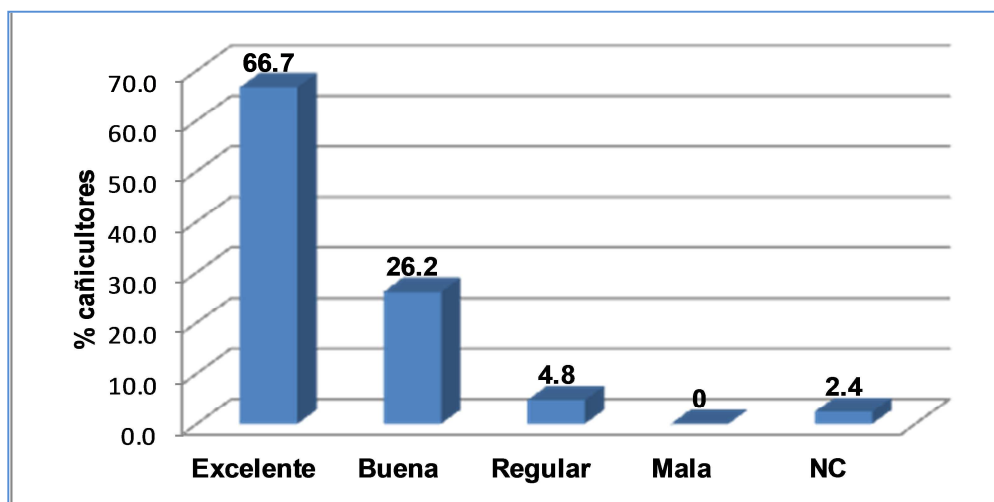
**Figura 76. Cómo les gustaría acceder a los datos de producción**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 76 se observa que el 63% de los entrevistados sugiere que los datos de de producción se envíen por correo electrónico y se coloquen en la página web.

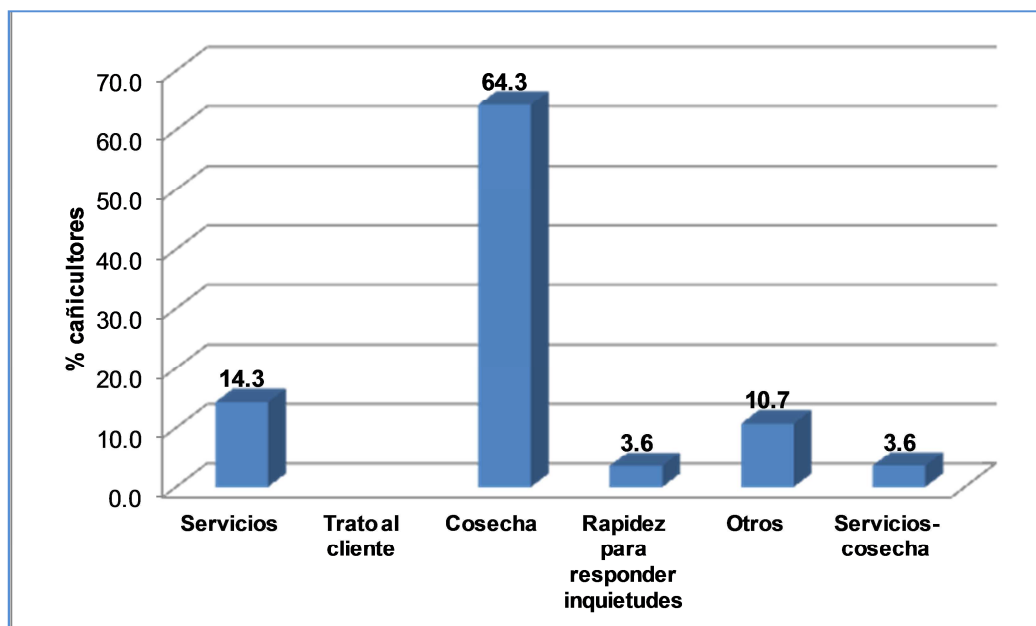
**Figura 77. ¿Cómo considera su relación con el Ingenio?**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 77 se observa que el 66.7% de los entrevistados afirma tener una excelente relación con el Ingenio.

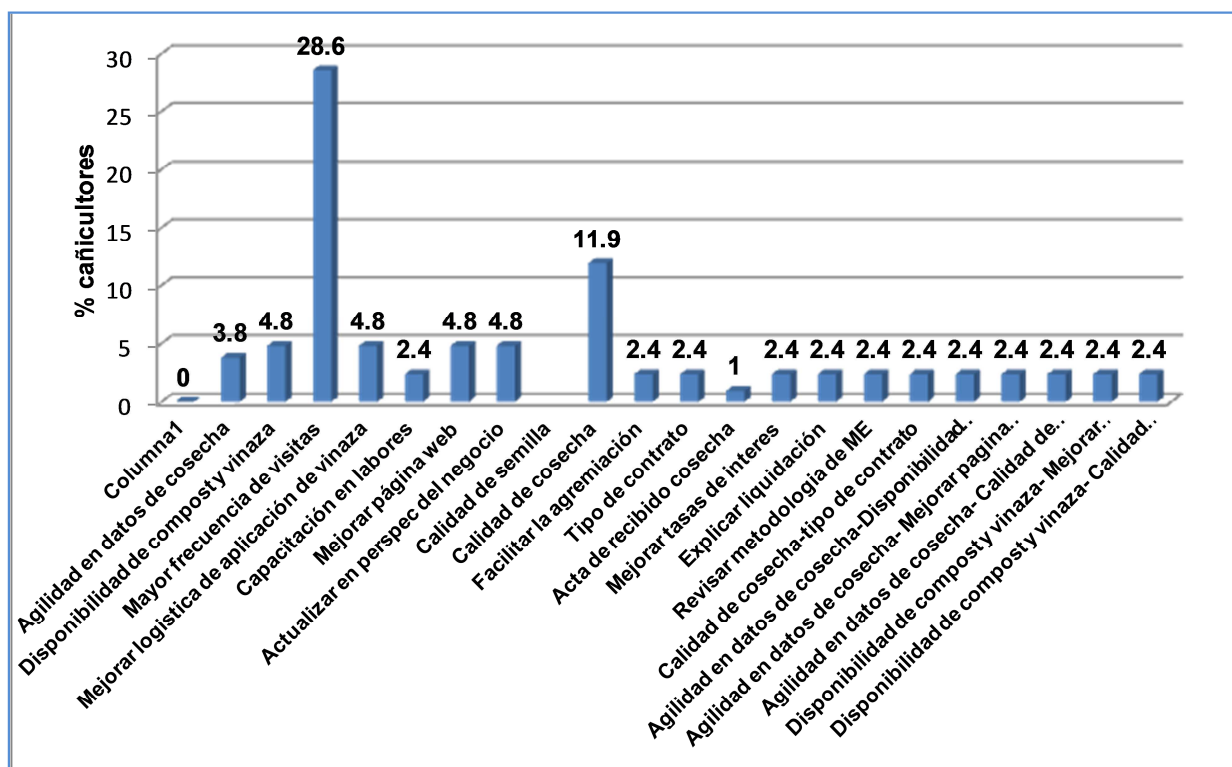
**Figura 78. Aspectos que Providencia debe mejorar**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 78 se observa que el 64 % de los entrevistados afirman que uno de los aspectos a mejorar por parte de Ingenio Providencia es la cosecha mecánica.

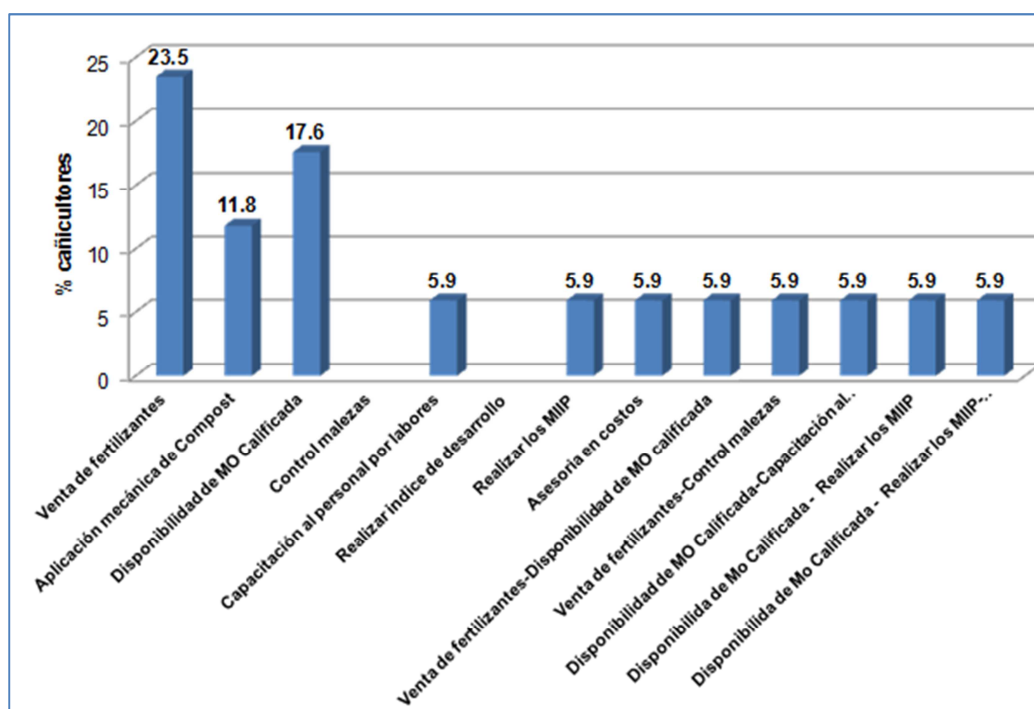
**Figura 79. Sugerencias puntuales para que el Ingenio mejore**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 79 se observa que el 28.6% de los entrevistados sugiere que se tengan mayor frecuencia en las visitas por parte de la asistencia técnica.

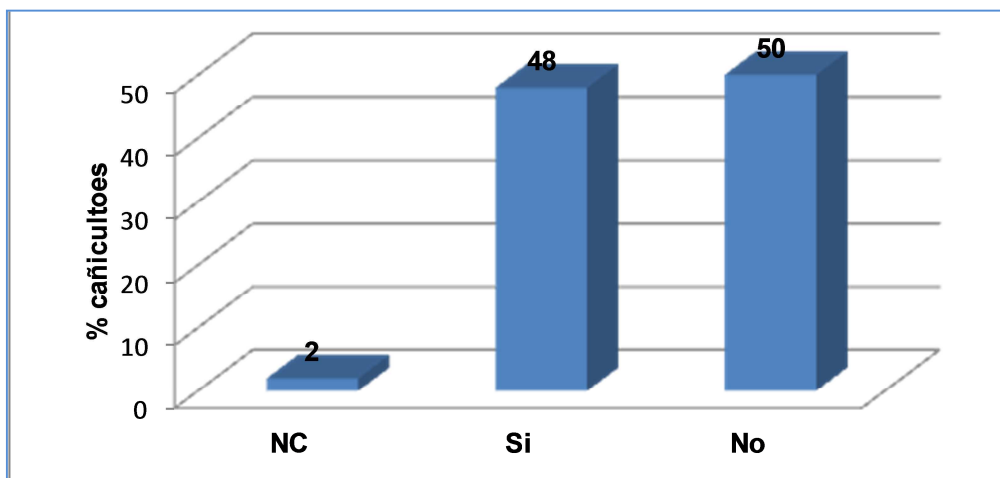
**Figura 80. Servicios adicionales que les gustaría encontrar en el Ingenio**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 80 se observa que el 23.5% de los entrevistados les gustaría que el Ingenio les vendiera los fertilizantes. El 17.6% desearían que el Ingenio les facilitara personal calificado para realizar labores en sus haciendas. El 11.8% desearían que el Ingenio les prestara el servicio de aplicación mecánica de compost.

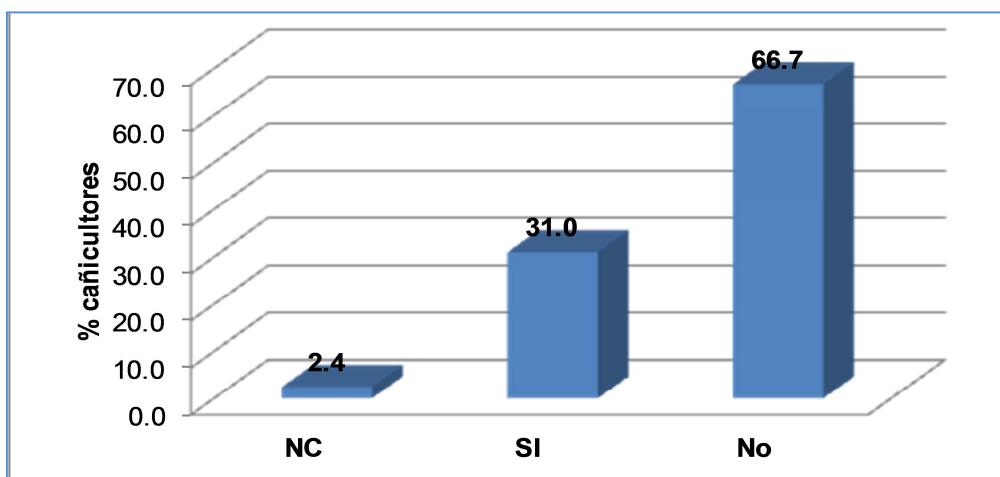
**Figura 81. ¿Conoce la página web de Ingenio Providencia?**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 81 se observa que el 50% de los entrevistados no conocen la página web de Ingenio Providencia.

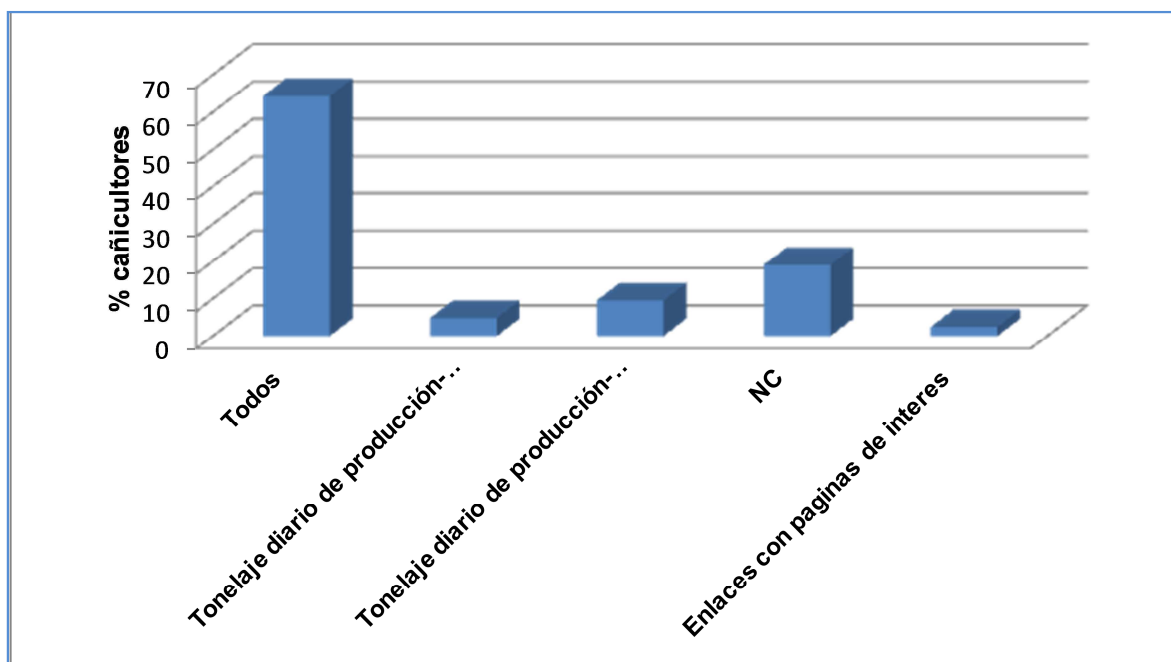
**Figura 82. ¿Consulta la página web?**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 82 se evidencia que el 66.7% de los entrevistados no consultan la página web de Ingenio Providencia.

**Figura 83. Temas que le gustaría encontrar en la web**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 83 se observa que el 60% desearían encontrar los siguientes temas en la página web: Tonelaje diario de producción, enlaces con paginas de interés, temas de interés del negocio, boletines técnicos mensuales, programación de madurantes y liquidaciones de caña.

### 6.1.5 Demandas tecnológicas y no tecnológicas generadas por los cañicultores para la agenda de ciencia y tecnología

Tabla 6 Demandas tecnológicas y no tecnológicas

| DEMANDAS TECNOLÓGICAS                                                                                                              | DEMANDAS NO TECNOLÓGICAS                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Desarrollo de variedades con mayor optimización del consumo del agua                                                               | Normas de calidad en campo                |
| Experimentación con sistemas de riego mas eficientes                                                                               | Costos de las labores                     |
| Desarrollo de variedades resistentes a la cosecha mecánica                                                                         | Competencias laborales de la mano de obra |
| Desarrollo de una variedad transgénica                                                                                             | Costo de los fertilizantes                |
| Desarrollo de variedades resistentes a suelos salinos                                                                              | Costos del riego                          |
| Desarrollo de variedades resistentes a suelos sódicos                                                                              | Creditos para inversión                   |
| Agricultura de precisión y alternativas de fertilización                                                                           |                                           |
| Ejecutar ensayos con fuentes de fertilizantes más eficientes                                                                       |                                           |
| Experimentos evaluando el uso de materia orgánica al suelo                                                                         |                                           |
| Unificar criterios de fertilización                                                                                                |                                           |
| Determinar la demanda de los nutrientes por variedad                                                                               |                                           |
| Experimentos con rizobacterias promotoras de crecimiento                                                                           |                                           |
| Realizar ensayos sobre la respuesta de las nuevas variedades a la fertilización foliar                                             |                                           |
| Uso de sensores remotos e imagines satelitales para la                                                                             |                                           |
| Uso de imágenes de alta resolución para la generación de mapas de productividad                                                    |                                           |
| Relacionar los datos adquiridos por percepción remota con parámetros biofísicos como clorofila y biomasa                           |                                           |
| Desarrollo de sensores que permitan identificar areas de estrés, deficiencias nutricionales e incidencia de plagas y enfermedades. |                                           |
| Siembra mecánica                                                                                                                   |                                           |
| Alternativas de aceleración en descomposición de residuos                                                                          |                                           |
| Acciones para reducir la compactación de suelos                                                                                    |                                           |

Fuente: Elaboración propia

### 6.1.6 Temas de investigación priorizados para la agenda de Ciencia y tecnología

A continuación se presentan los resultados de la propuesta de agenda de ciencia y tecnología priorizados por variable tecnológica y temas de investigación orden de importancia en cada área.

**Tabla 7. Temas de Investigación propuestos por los cañicultores de Ingenio Providencia**

| Area                     | Tema a investigar                                                                                                                    |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Manejo de riegos         | 1. Variedades con menor consumo de agua                                                                                              |
|                          | 2. Sistemas de riego mas eficientes                                                                                                  |
|                          |                                                                                                                                      |
| Variedades               | 1.Variedades con menor consumo de agua                                                                                               |
|                          | 2.Variedades resistentes a la cosecha mecanica                                                                                       |
|                          | 3.Variedad transgencia                                                                                                               |
|                          | 4.Variedades resistentes a suelos salinos                                                                                            |
|                          | 5.Variedades resistentes a suelos magnésicos                                                                                         |
| Fertilización y nutrició | 1.Fertilización basados en tasa variada                                                                                              |
|                          | 2.Fertilizantes más eficientes                                                                                                       |
|                          | 3.Fertilización orgánica                                                                                                             |
|                          | 4.Unificar criterios de fertilización                                                                                                |
|                          | 5. Demanda de nutrientes por variedad                                                                                                |
|                          | 6. Rizobacterias promotoras de crecimiento                                                                                           |
|                          | 7. Fertilización foliar                                                                                                              |
|                          | 8.Sensores remotos e imágenes satelitales para detección de deficiencias fisiológicas                                                |
|                          | 9.Uso de imágenes de alta resolución para la generación de mapas de productividad                                                    |
|                          | 10.Relacionar los datos adquiridos por percepción remota con parámetros biofísicos como: clorofila, biomasa.                         |
|                          | 11.Desarrollo de sensores que permitan identificar areas de estrés, deficiencias nutricionales e incidencia de plagas y enfermedades |
| Siembra                  | 1. Siembra mecánica                                                                                                                  |
|                          |                                                                                                                                      |
| Manejo de residuos       | 1.Descomposición de residuos                                                                                                         |
|                          | 2.Variedades con menor producción de residuos                                                                                        |
|                          | 3.Descompactación                                                                                                                    |

Fuente: Elaboración propia

Esta propuesta de ciencia y tecnología realizada en conjunto con los cañicultores de Ingenio providencia se entregará a Cenicaña para que se desarrollen los diferentes temas de investigación.

**Manejo de riegos:** en esta área se presentan las demandas o necesidades relacionadas con el manejo del cultivo frente al consumo de agua. Uno de los costos de producción más altos en el cultivo de la caña es el tema de los riegos que afectan su sostenimiento y productividad, en la Tabla 8 se analizan las bases de proyectos propuestos para abordar las demandas tecnológicas relacionadas con esta área.

**Tabla 8. Propuesta para la formulación de proyectos que den respuesta a las demandas tecnológicas del área de Manejo de riegos**

| <b>Demanda 1</b>                                          | <b>Manejo de riegos</b>                                                                             |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definición de la demanda                                  | Hace referencia al mejoramiento en el tema de riegos, que contribuya a la disminución de sus costos |
| Eslabón atendido                                          | Cultivo                                                                                             |
| Desempeño impactado                                       | Sostenibilidad competitividad                                                                       |
| Tipo de I & D necesaria                                   | Básica y aplicada                                                                                   |
| Disciplinas relacionadas                                  | Agronomía, Ingeniería agrícola, mejoramiento                                                        |
| Tipo de proyecto requerido                                | Multidisciplinario                                                                                  |
| Estado del arte de la demanda<br>(Vigilancia tecnológica) | Brasil ha desarrollado variedades transgénicas con menor consumo de agua                            |
| Proyectos para alcanzar el estado deseable                | Desarrollo de variedades con mayor optimización en el consumo del agua                              |
|                                                           | Experimentación con sistemas de riego más eficientes                                                |

**Manejo de variedades:** en esta área se presentan las demandas o necesidades relacionadas con el manejo del cultivo frente al tema de variedades. En la Tabla 9 se analizan las bases de proyectos propuestos para abordar las demandas tecnológicas relacionadas con esta área.

**Tabla 9. Propuesta para la formulación de proyectos que den respuesta a las demandas tecnológicas del área de variedades**

| <b>Demanda 2</b>                                          | <b>Variedades</b>                                                        |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Definición de la demanda                                  | Desarrollo de nuevas variedades                                          |
| Eslabón atendido                                          | Cultivo                                                                  |
| Desempeño impactado                                       | Sostenibilidad competitividad                                            |
| Tipo de I & D necesaria                                   | Básica y aplicada                                                        |
| Disciplinas relacionadas                                  | Biotecnología, mejoramiento                                              |
| Tipo de proyecto requerido                                | Multidisciplinario                                                       |
| Estado del arte de la demanda<br>(Vigilancia tecnológica) | Brasil ha desarrollado variedades transgénicas con menor consumo de agua |
| Proyectos para alcanzar el estado deseable                | Desarrollo de variedades con mayor optimización en el consumo del agua   |
|                                                           | Desarrollo de variedades resistentes a la cosecha mecánica               |
|                                                           | Desarrollo de una variedad transgénica                                   |
|                                                           | Desarrollo de variedades resistentes a suelos salinos                    |
|                                                           | Desarrollo de variedades resistentes a suelos sódicos                    |

**Agricultura de precisión:** en esta área se presentan las demandas o necesidades relacionadas con el manejo del cultivo frente al tema de Agricultura de precisión. En la Tabla 10 se analizan las bases de proyectos propuestos para abordar las demandas tecnológicas relacionadas con esta área.

**Tabla 10. Propuesta para la formulación de proyectos que den respuesta a las demandas tecnológicas del área de Nutrición y fertilización y Agricultura de precisión**

| <b>Demanda 3</b>                                          | <b>Nutrición y fertilización – Agricultura de precisión</b>                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definición de la demanda                                  | El incremento en el precio de los fertilizantes químicos granulados                                                                                                    |
| Eslabón atendido                                          | Cultivo                                                                                                                                                                |
| Desempeño impactado                                       | Competitividad                                                                                                                                                         |
| Tipo de I & D necesaria                                   | Básica y aplicada                                                                                                                                                      |
| Disciplinas relacionadas                                  | Agrónomos, edafólogos, biólogos, ingenieros agrícolas, estadísticos                                                                                                    |
| Tipo de proyecto requerido                                | Multidisciplinario                                                                                                                                                     |
| Estado del arte de la demanda<br>(Vigilancia tecnológica) | Malasia ha dedicado todos sus esfuerzos a la agricultura de precisión de manera que se logran determinar las demandas por nutrientes específicas por unidad productiva |
| Proyectos para alcanzar el estado deseable                | Ejecutar proyecto de agricultura de precisión y alternativas de fertilización                                                                                          |
|                                                           | Desarrollar investigaciones utilizando la metodología de tasa variada                                                                                                  |
|                                                           | Ejecutar ensayos con fuentes de fertilizantes más eficientes                                                                                                           |
|                                                           | Desarrollar experimentos utilizando fertilización orgánica: uso de materia orgánica                                                                                    |
|                                                           | Unificar criterios para fertilizar, es decir revisar unidades de nitrógeno, fosforo, potasio y menores aplicadas a cada variedad                                       |

|  |                                                                                                                                   |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Determinar la demanda de nutrientes por variedad                                                                                  |
|  | Realizar experimentos con rizobacterias promotoras de crecimiento                                                                 |
|  | Realizar ensayos de sobre la respuesta de las nuevas variedades a la fertilización foliar                                         |
|  | Sensores remotos e imágenes satelitales para detección de deficiencias fisiológicas                                               |
|  | Uso de imágenes de alta resolución para la generación de mapas de productividad                                                   |
|  | Relacionar los datos adquiridos por percepción remota con parámetros biofísicos como: clorofila, biomasa.                         |
|  | Desarrollo de sensores que permitan identificar áreas de estrés, deficiencias nutricionales e incidencia de plagas y enfermedades |

**Siembra:** en esta área se presentan las demandas o necesidades relacionadas con el manejo del cultivo frente al tema de siembra. En la Tabla 11 se analizan las bases de proyectos propuestos para abordar las demandas tecnológicas relacionadas con esta área.

**Tabla 11. Propuesta para la formulación de proyectos que den respuesta a las demandas tecnológicas del área de siembra**

| <b>Demanda 4</b>         | <b>Siembra</b>                      |
|--------------------------|-------------------------------------|
| Definición de la demanda | Disminución de costos en la siembra |
| Eslabón atendido         | Cultivo                             |
| Desempeño impactado      | Sostenibilidad competitividad       |

|                                            |                                  |
|--------------------------------------------|----------------------------------|
| Tipo de I & D necesaria                    | Básica y aplicada                |
| Disciplinas relacionadas                   | Ingeniería agrícola, Agronomía   |
| Tipo de proyecto requerido                 | Multidisciplinario               |
| Proyectos para alcanzar el estado deseable | Siembra mecánica en la plantilla |
|                                            |                                  |

**Manejo de residuos y labores de cultivo:** en esta área se presentan las demandas o necesidades relacionadas con el manejo del cultivo frente al tema de manejo de residuos y labores de cultivo. En la Tabla 12 se analizan las bases de proyectos propuestos para abordar las demandas tecnológicas relacionadas con esta área.

**Tabla 12. Propuesta para la formulación de proyectos que den respuesta a las demandas tecnológicas del área de Manejo de residuos y labores de cultivo**

| <b>Demanda 5</b>                           | <b>Manejo de residuos y labores de cultivo</b>                      |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Definición de la demanda                   | Descomposición rápida de residuos y labores de cultivo              |
| Eslabón atendido                           | Cultivo                                                             |
| Desempeño impactado                        | Sostenibilidad competitividad                                       |
| Tipo de I & D necesaria                    | Básica y aplicada                                                   |
| Disciplinas relacionadas                   | Biotecnología, Agronomía, Ingeniería agrícola                       |
| Tipo de proyecto requerido                 | Multidisciplinario                                                  |
| Proyectos para alcanzar el estado deseable | Alternativas de aceleración de descomposición de residuos           |
|                                            | Experimentación en compactación de suelos y acciones para reducirla |

### 6.1.7 Resultados del modelo lineal para analizar productividad

Con datos comerciales de productividad, se aplicó un modelo lineal general para comparar el periodo de tiempo 1999-2012 y la interacción del año por periodo, zona agroecológica, variedad y edad de corte. Se realizó una cuantificación inicial del efecto de las anteriores variables sobre las toneladas de caña por hectárea (TCH), el porcentaje de Rendimiento en azúcar (Rdto), y toneladas de azúcar hectárea mes (TAHM) .

En la tabla 12 se muestran los resultados del análisis de varianza y se puede observar que para la variable TCH, el efecto del clima incide en un 44% de su variación.

**Tabla 13. Análisis de varianza para la variable TCH**

| Source  | DF  | Type III SS       | Mean Square | F Value | Pr > F | % de peso |      | % de peso final |
|---------|-----|-------------------|-------------|---------|--------|-----------|------|-----------------|
| ano     | 21  | 228915.3          | 10900.7     | 22.3    | <.0001 | 20        |      |                 |
| mes     | 11  | 21264.9           | 1933.2      | 4.0     | <.0001 | 2         | 44.6 | Clima           |
| ano*mes | 220 | 254823.3          | 1158.3      | 2.4     | <.0001 | 23        |      |                 |
| Nzagro  | 4   | 91193.9           | 22798.5     | 46.6    | <.0001 | 8         | 8.1  | Z.A             |
| varie   | 26  | 181111.1          | 6965.8      | 14.2    | <.0001 | 16        | 26   | Variedad        |
| edad    | 1   | 342181.8          | 342181.8    | 698.9   | <.0001 | 30        | 30.3 | Edad de corte   |
| corte   | 1   | 11687.4           | 11687.4     | 23.9    | <.0001 | 1         | 1    |                 |
|         |     | <b>1131177.57</b> |             |         |        |           |      |                 |

Fuente: Elaboración propia

Otro factor que incide en la variación de TCH es la edad con un 30.3 % como se observa en la tabla 12. También se evidencia que la variedad incide en un 26% de la variación del TCH.

**Tabla 14. Análisis de varianza para la variable rendimiento**

| Source  | DF  | Type III SS       | Mean Squa | F Value | Pr > F |      | Peso de las variables |
|---------|-----|-------------------|-----------|---------|--------|------|-----------------------|
| ano     | 21  | 656.7             | 31.3      | 45.06   | <.0001 | 18.6 |                       |
| mes     | 11  | 651.9             | 59.3      | 85.39   | <.0001 | 18.5 |                       |
| ano*mes | 220 | 1258.8            | 5.7       | 8.24    | <.0001 | 35.6 | 72.70%                |
| Nzagro  | 4   | 161.8             | 40.5      | 58.29   | <.0001 | 4.6  | 4.6                   |
| varie   | 26  | 737.0             | 28.3      | 40.84   | <.0001 | 20.9 | 20.9                  |
| edad    | 1   | 65.3              | 65.3      | 94.13   | <.0001 | 1.8  | 1.8                   |
| corte   | 1   | 0.3               | 0.3       | 0.44    | 0.5067 | 0.0  | 0                     |
|         |     | <b>3531.79529</b> |           |         |        |      |                       |

Fuente: Elaboración propia

Para la variable rendimiento el clima presenta un alto impacto, con un 72%, seguido de la variedad con un 20%.

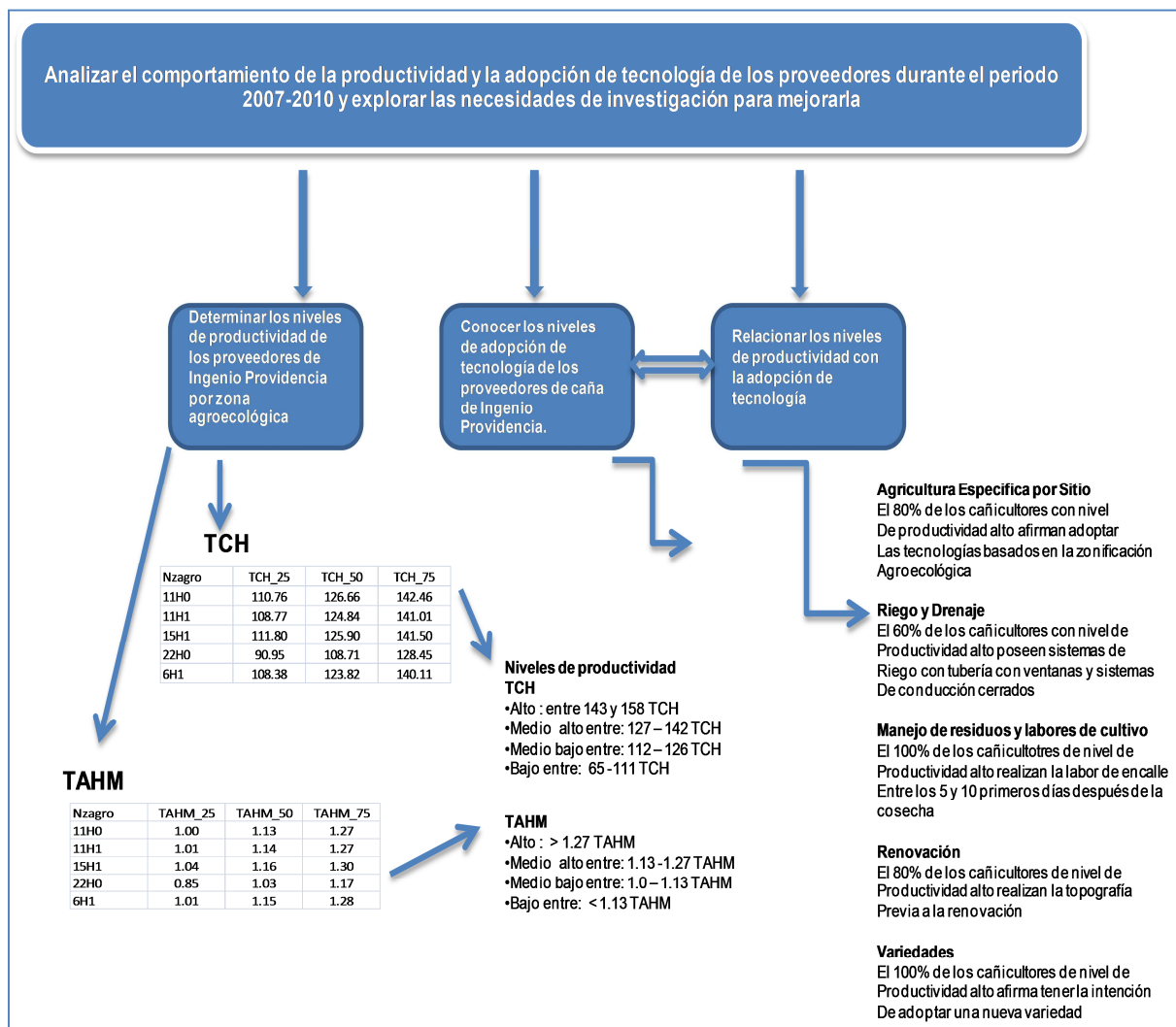
Comportamientos similares a los anteriores se encontraron para la variable TAHM como se observa en la tabla 14.

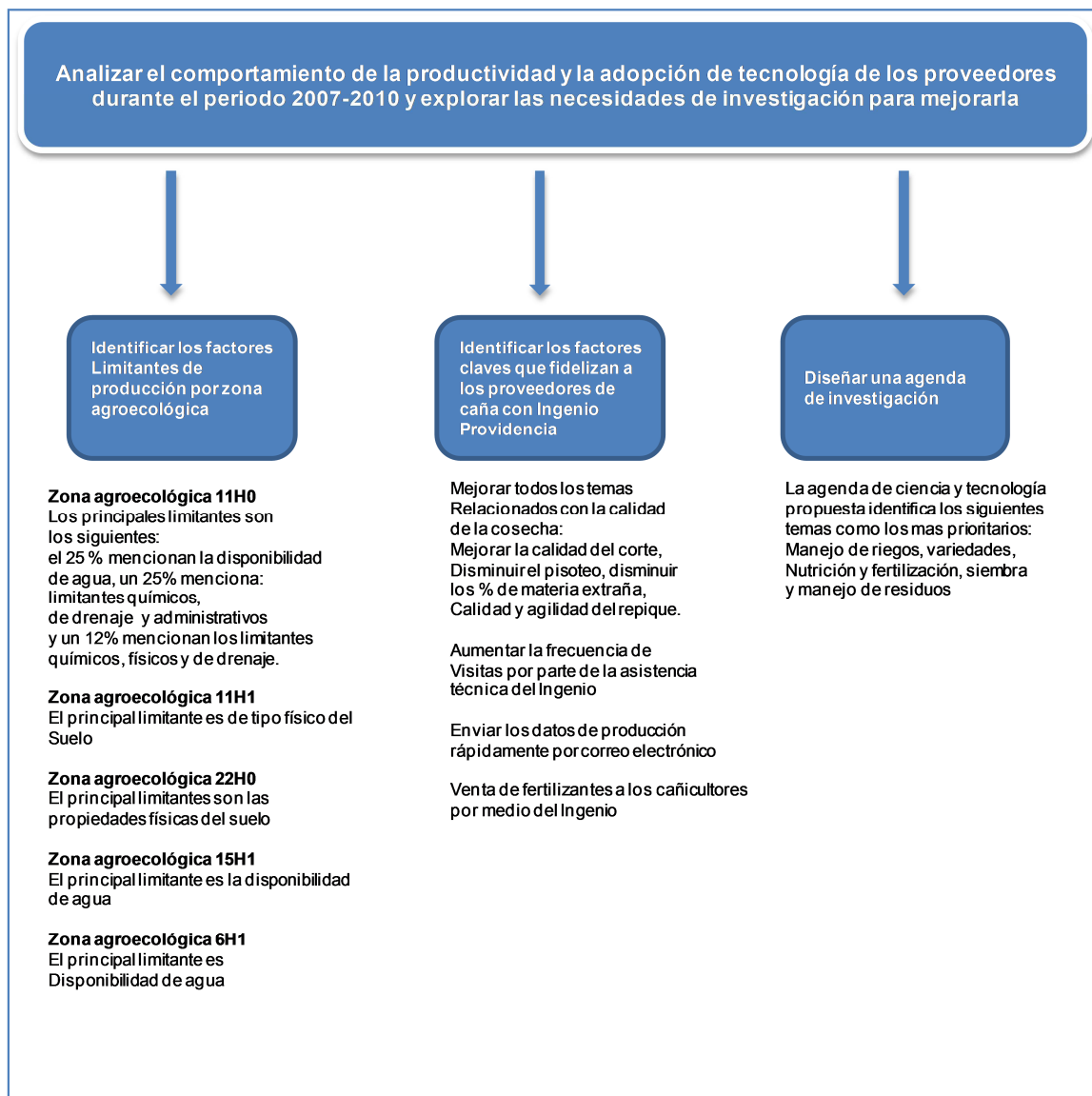
**Tabla 15. Análisis de varianza para la variable TAHM**

| Source  | DF  | Type III SS | Mean Squa | F Value | Pr > F |      | Peso de las variables |
|---------|-----|-------------|-----------|---------|--------|------|-----------------------|
| ano     | 21  | 12.2        | 0.6       | 14.8    | <.0001 | 15.6 |                       |
| mes     | 11  | 11.4        | 1.0       | 26.3    | <.0001 | 14.6 |                       |
| ano*mes | 220 | 22.1        | 0.1       | 2.6     | <.0001 | 28.2 | 58.5                  |
| Nzagro  | 4   | 5.9         | 1.5       | 37.7    | <.0001 | 7.6  | 7.6                   |
| varie   | 26  | 16.0        | 0.6       | 15.6    | <.0001 | 20.4 | 20.4                  |
| edad    | 1   | 9.6         | 9.6       | 243.1   | <.0001 | 12.3 | 12.3                  |
| corte   | 1   | 1.0         | 1.0       | 24.5    | <.0001 | 1.2  |                       |
|         |     | 78.19088    |           |         |        |      |                       |

Fuente: Elaboración propia

**Figura 84. Esquema de los objetivos**





Fuente: Elaboración propia

## **6.2 PLAN DE ACCIÓN**

### **Niveles de adopción de tecnología de los proveedores de caña de Ingenio Providencia por nivel de productividad**

### **Grado de escolarización de los mayordomos de las haciendas de proveedores de caña de Ingenio Providencia**

Es fundamental que los cañicultores se apoyen en personal cada vez más calificado, que puedan aportar, analizar, proponer, optimizar recursos, generar impactos positivos en producción y todas estas habilidades solo se adquieren apoyados en un proceso de escolarización de calidad.

Por tal motivo es esencial brindarle a los cañicultores la alternativa de capacitar a sus mayordomos desde el nivel de básica primaria hasta tecnología en administración de empresas agropecuarias, mejorando los niveles educativos se fortalecerá cada una de las haciendas de los cañicultores, facilitando la adopción de tecnologías que impactaran positivamente en la producción y en la rentabilidad de cada hacienda azucarera.

En el Centro de Formación de Ingenio Providencia se iniciaran los estudios de primaria y secundaria y también se dará inicio a la tecnología en administración de empresas agropecuarias mediante un convenio con el SENA.

El reto es continuar, motivando los mayordomos que no han iniciado sus estudios para que continúen o inicien su proceso de escolarización. Como se presento en los resultados el 75% de los mayordomos de rango de productividad bajo se encuentra en primaria, la meta es hacer que esa población inicie la secundaria.

Con los mayordomos de nivel de productividad bajo que respondieron no querer continuar con sus estudios, se propondrá hacer charlas de motivación, explicándoles la importancia de la continuidad de su proceso de escolarización. Invitando a los mayordomos que ya han asumido el reto para que socialicen sus experiencias.

### **Agricultura Específica por Sitio**

Aunque Cenicaña ha desarrollado una herramienta fundamental con respecto al conocimiento de las zonas agroecológicas de las haciendas del Valle Geográfico del Rio Cauca, apuntando a la adopción de la Agricultura Especifica por Sitio. No todos los cañicultores lo conocen, por lo tanto es fundamental darlo a conocer para facilitar su adopción.

El conocimiento de las zonas agroecológicas de cada hacienda por parte de los cañicultores, permite que ellos puedan tomar unas mejores decisiones tecnológicas en sus plantaciones. Decisiones que impactaran cada hacienda azucarera a nivel tecnológico, económico y ambiental.

Como se evidenció en los resultados, el 60% de los cañicultores de nivel de productividad bajo afirman no conocer las zonas agroecológicas de su hacienda, por lo tanto se programaran reuniones con grupos de trabajo pequeños (máximo 30 cañicultores) para realizar talleres de capacitación sobre el concepto de zonificación agroecológica y su uso de una manera práctica.

En los talleres se navegará de manera práctica en el sitio web de Cenicaña, donde se encuentra toda la información requerida sobre la zonificación agroecológica por hacienda. Los talleres se realizaran en la sala de sistemas del Ingenio, donde se tiene acceso a internet, para que cada participante siga cada paso de manera práctica.

Para aumentar la adopción de tecnologías basados en la zonificación agroecológica por parte de los cañicultores, el primer paso es que ellos las conozcan, que se convenzan de poderlas adoptar.

El reto es aumentar la adopción de las tecnologías basados en la zonificación agroecológica. Una de las más importantes es la selección de una adecuada variedad, para aumentar su adopción, se trabajara más en el acompañamiento del cañicultor al momento de decidir la variedad a sembrar por parte del Ingeniero agrónomo que los apoya técnicamente. El programa de variedades de Cenicaña ha desarrollado herramientas que permiten conocer con exactitud cuál es la mejor variedad por zona agroecológica.

### **Riego y drenaje**

El tema del agua en la actualidad ha tomado gran importancia a nivel ambiental, social y económico. En el cultivo de la caña, el riego representa un costo alto en la producción. El reto de nuestra industria es que los cañicultores adopten sistemas de riego más eficientes que permitan la disminución de los consumos de agua, generando un impacto en lo ambiental y en lo económico.

Como se evidenció en los resultados, solo una proporción de los cañicultores tiene sistemas de riego eficientes, por lo tanto se plantea un proyecto para aumentar la adopción de sistemas de riego más eficientes como lo es la tubería con ventanas, financiando y apoyando técnicamente a los cañicultores.

Por esta razón es fundamental apoyar a los proveedores de Ingenio providencia en la implementación de este tipo de tecnologías, por tal motivo se da inicio a este proyecto seleccionando unas haciendas claves para desarrollar la tecnología, El coordinador de proveedores realiza el acercamiento con el dueño de la hacienda, se propone la idea y con el profesional de Colpozos se realiza la visita de campo

respectiva para definir las necesidades del cañicultor en su sistema de riego. Con el aval del profesional del Ingenio, el profesional de Colpozos plantea el diseño y realiza el presupuesto el cual se le presenta al cañicultor y al gerente financiero para llegar a los acuerdos de pago.

En los resultados también se evidenció que los cañicultores no están llevando registros de medición de consumo de agua en los riegos. Por lo tanto se propone continuar con el trabajo que se ha venido adelantando de visitar cada una de las haciendas azucareras y hacerles un acompañamiento técnico en el tema, enseñándoles in situ como tomar los datos y posteriormente hacer un seguimiento periódico para saber si en realidad llevan los registros.

Se debe aumentar la adopción de tecnología de la programación de los riegos por medio del balance hídrico por parte de los cañicultores. Como plan de acción se propone continuar con el proyecto que estamos realizando de llevarle el programa a cada cañicultor, y por correo electrónico se envía la información de prioridad de riegos.

### **Manejo de residuos y labores de cultivo**

Con respecto a estas tecnologías se propone diseñar un manual técnico, donde el cañicultor encontrará de una manera sencilla cada labor (encalle, resiembra, subsuelo, aporque) con especificaciones técnicas de cada una. Podrá encontrar en el manual que factores de calidad evaluar para saber si las labores quedaron o no bien ejecutadas.

En los resultados de este capítulo se evidencio también que una alta proporción de los cañicultores (80%) nivel de productividad alto no contratan las labores, es decir, las realizan ellos mismos con sus equipos propios y se observa que los cañicultores de productividad baja recurren a la contratación de la labor y tal vez no tiene el suficiente control sobre la misma para realizar verificación de calidad.

Se propone realizar unas capacitaciones a los contratistas de nuestros cañicultores, dichas capacitaciones irán dirigidas a darles a conocer la importancia del control de calidad en las labores. En estas capacitaciones se les orientará acerca de cuáles son los aspectos técnicos de cada labor, y cuál es el control de calidad que se debe seguir.

Además también se realizaran capacitaciones a los cañicultores para que se concienticen de la importancia del control de calidad, y se realizaran demostraciones en campo para que los cañicultores y sus mayordomos observen como se debe realizar el control de calidad de cada labor.

### **Renovación**

Como se evidencia en los resultados se debe aumentar la adopción de los cañicultores de nivel de productividad bajo con respecto a la toma de la topografía y a la decisión de nivelación de los terrenos que van a renovar.

La topografía es fundamental a la hora de renovar una plantación ya que ayuda a la toma de decisiones de nivelación si es necesario, la nivelación de los suelos consiste en el establecimiento de pendientes longitudinales y transversales uniformes, que facilitan la distribución y el control del agua de riego y benefician al mismo tiempo el drenaje superficial y las labores mecanizadas.

Como plan de acción se propone realizar unas charlas informativas alrededor del tema mostrándole a los cañicultores datos prácticos y económicos de la importancia de las dos actividades para un adecuado desarrollo de la plantación.

También se propone que el Ingenio contrate un supervisor en el tema de nivelación. Cuando un cañicultor va a renovar una plantación el Ingenio le toma la

topografía y le recomienda un contratista para que realice la nivelación, pero es fundamental contar con un personal del Ingenio que pueda verificar el control de calidad de las labores realizadas por el contratista.

Los resultados demostraron que los cañicultores en una gran proporción utilizan la semilla procedente de semilleros de Ingenio Providencia, por lo tanto es vital que nuestro material cumpla con todas las características de calidad para que nuestros cañicultores tengan la tranquilidad de contar con el mejor material para la siembra. Por lo tanto se propone realizar una ficha técnica que permita evaluar la calidad de los semilleros y que se genere una garantía de la sanidad de la semilla.

Los requisitos para obtener semilla de alta calidad son: libre de patógenos, baja o ninguna incidencia de *Diatraea*, proveniente de semilleros tratados térmicamente, semilleros de primero o segundo corte, edad entre 7-9 meses de edad.

Cada semillero antes de ser vendido al cañicultor debe someterse al control de calidad si cumple con los requisitos puede ser despachado al cañicultor que lo solicite.

## **Variedades**

Con el objetivo de aumentar la adopción de las nuevas variedades y disminuir el temor de sembrarlas, se propone realizar frecuentemente giras técnicas con los cañicultores para visitar los ensayos que tiene el Ingenio y los cañicultores innovadores con Cenicaña, donde los cultivadores puedan observar in situ las nuevas variedades, durante el crecimiento del cultivo y al final de la cosecha realizar un día de campo darles a conocer las producciones obtenidas en los experimentos.

## **Fertilización**

Se propone realizar análisis de suelos en las hacienda que dicen tener problemas químicos de los suelos ya sean alcalinos, sódicos, salino-sódicos o magnésicos y elaborar planes específicos de recuperación de suelos utilizando vinaza, yeso y materia orgánica dependiendo de cada caso.

Se debe trabajar en enmiendas que ayuden a lavar el exceso de estos elementos negativos para la plantación, se deben proponer mejoras en los sistemas de drenaje para ayudar a la evacuación de estos elementos nocivos.

Como se evidencia en los resultados existen frecuentes problemas de suelos magnésicos, situación que afecta la productividad, por lo tanto se deben implementar los respectivos planes de manejo.

En cuanto al uso de materia orgánica en los resultados se evidencia que solo el 20% de los cañicultores de nivel de productividad bajo incorporan materia orgánica al suelo, es necesario realizar una campaña de concientización de la importancia de la materia orgánica para la sostenibilidad del suelo. Se realizarán conferencias con expositores que dominen el tema para que den a conocer a los cañicultores la relevancia de la materia orgánica en el suelo.

## **Control de malezas**

Para este tema la propuesta es realizar charlas técnicas a los cañicultores y a sus mayordomos con aplicación práctica en campo referente al momento de control de las malezas, la calibración de los equipos de aplicación, la decisión de la dosis a aplicar.

## **Plagas**

Es fundamental mejorar la adopción por parte de los cañicultores de nivel de productividad bajo de la liberación de parasitoides que posibiliten la disminución de *Diatraea* en sus plantaciones, por lo tanto se propone continuar con las campañas constantes que se vienen realizando de concientización mediante charlas técnicas a los cañicultores y a sus mayordomos. Además el Ingenio realiza la liberación de los parasitoides a los cañicultores que lo permitan, razón por la cual hay que convencerlos de la importancia de esta práctica.

## **Aspectos ambientales**

Como se evidencia en la figura 56 en general se necesitan esfuerzos para que los cañicultores le den mayor importancia al tema ambiental. El ambiente es un compromiso de todos los actores de una sociedad, por lo tanto se propone realizar charlas de concientización frente a todos los temas ambientales, estas charlas se realizaran a los cañicultores y a sus mayordomos

## **Costos**

Como se comentó en el diagnostico, los cañicultores no tienen suficiente conocimiento sobre sus costos de cultivo, situación que no es conveniente porque si no saben cómo están en costos, no sabrán si son rentables o no. Además si tienen conocimiento de sus costos sabrán en que aspectos deben mejorar y podrán implementar planes de acción.

Se propone buscar una herramienta, un software para que ellos puedan llevar el registro de sus labores y de sus costos de una manera organizada. Encontrar la herramienta y capacitarlos para su manejo.

## **Plan de acción general**

De una manera práctica se pretende integrar todas las tecnologías que se requieren en el cultivo de la caña, para ello se propone realizar unos eventos con los mayordomos que se llamara: Mayordomos innovadores Ingenio –Proveedores (MIIP) en cada hacienda por zonas agroecológicas y zonas cercana. Con los siguientes objetivos: Intercambiar tecnologías y prácticas innovadoras entre los mayordomos de Ingenio Providencia y mayordomos de proveedores del Ingenio, facilitar de una manera práctica el proceso de adopción de tecnologías entre los mayordomos, contribuir al mejoramiento de la producción de las haciendas involucradas en el proyecto MIIP. Generar un valor agregado al portafolio de servicios suministrado a los proveedores del Ingenio y fortalecer los lazos de comunicación entre el proveedor y el ingenio.

### **6.2.1 Plan de acción en limitantes de producción por zona agroecológica:**

Para favorecer el tema de limitantes de disponibilidad de agua se propone trabajar acompañados del balance hídrico para dar al cultivo el numero de riegos necesarios y además analizar los sistemas de riego establecidos revisando su eficiencia.

Con el objetivo de mejorar las propiedades físicas de los suelos se sugiere proponer a los cañicultores el aporte de materia orgánica al suelo como lo hemos mencionado en esta tesis, la materia orgánica es fundamental para mejorar las características físicas de los suelos.

Con el propósito de mejorar los limitantes químicos se propone trabajar en enmiendas que posibiliten minimizar los problemas asociados a suelos con alcalinidad.

## **6.2.2 Plan de acción para favorecer la satisfacción del cliente**

### **Cosecha**

La percepción por el 64.3% de nuestros cañicultores es que debemos mejorar la calidad de la cosecha mecánica, en varios aspectos. Este tema es fundamental para el Ingenio, debemos mejorar el servicio de cosecha mecanizada para que los clientes estén conformes, además el porcentaje de área con cosecha mecánica se aumentará, por lo tanto es fundamental realizar esta labor con una excelente calidad.

Para ello se plantea lo siguiente:

Se debe crear un grupo de coordinadores de control de calidad constante en la labor de cosecha, se plantea una comisión de evaluación de entrega de haciendas cosechadas manual y mecánicamente. Cada formato de debe tener los siguientes aspectos a evaluar:

#### **Para cosecha manual:**

- Calidad del corte
- Tiempos de permanencia
- Porcentaje de materia extraña

#### **Para cosecha mecánica:**

- Calidad del corte
- Presencia de daños
- Pisoteo
- % de materia extraña
- Calidad del repique
- Rapidez en efectuar el repique

- Cantidad de caña dejada en campo
- Tiempos de permanencia

Para todos estos indicadores se deben fijar unas metas que se evaluarán lo más ágilmente posible con el objetivo de poder corregir los indicadores que estén mostrando datos que no sean los adecuados. Esta información se le enviara al departamento de cosecha para que se realicen las correcciones respectivas.

### **Otros aspectos a mejorar**

El 63% de los cañicultores desean un acceso rápido a los datos de producción por lo tanto se propone lo siguiente: Cuando se tengan los tonelajes por hacienda inmediatamente enviar los resultados a los cañicultores por correo electrónico y a su vez colocar los datos en la página web de Ingenio Providencia

En el tema de sugerencias puntuales para que Ingenio Providencia mejore, los cañicultores solicitan mayor frecuencia en las visitas por parte de las Ingenieras agrónomas que los asisten técnicamente. Por lo tanto se propone la contratación de otro Ingeniero agrónomo para aumentar dicha frecuencia en las visitas.

En los resultados se observa que existe una proporción de los entrevistados les gustaría que el Ingenio les vendiera los fertilizantes. El 17.6% desearían que el Ingenio les facilitara personal calificado para realizar labores en sus haciendas. El 11.8% desearían que el Ingenio les prestara el servicio de aplicación mecánica de compost.

Se propone desarrollar un proyecto estructurado para analizar la factibilidad de que el Ingenio pueda venderles fertilizantes a sus cañicultores.

Se propone realizar unas reuniones con el departamento de campo para analizar

en qué estado se encuentra la maquina que aplica compost, y se propondrá un proyecto para posibilitar la aplicación de mecánica de compost a los cañicultores.

### **Pagina web de Ingenio Providencia**

En los resultados se observa que los cañicultores no conocen ni consultan la página web de Ingenio Providencia y además los que las consultan desearían encontrar otros temas de interés.

Por lo tanto se propone estructurar una nueva página web que contenga los siguientes aspectos: Tonelaje diario de producción, enlaces con paginas de interés, temas de interés del negocio, boletines técnicos mensuales, programación de madurantes y liquidaciones de caña.

Se realizará el planteamiento al departamento de sistemas de Ingenio Providencia para que con colaboración de ellos se estructure una nueva página más amigable y con mayor interés para los cañicultores.

Cuando la página este estructurada se realizará un lanzamiento de la nueva página de Ingenio Providencia para el uso de sus cañicultores y se realizara una demostración on line de sus ventajas y usos.

### **6.3 INDICADORES ESTRATÉGICOS**

La siguiente tabla presenta los indicadores y metas que se fijan para cada una de las variables elegidas. Se han colocado las metas correspondientes al año 2012-2013 pero cuyo seguimiento y revisión es de periodicidad mensual. Las metas a fijar para los siguientes años se ajustarán acorde con la estrategia definida y los resultados obtenidos en cada año precedente.

**Tabla 16 . Indicadores estratégicos**

| Perspectivas              | Variable                                                         | Indicador                                     | Meta  |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------|
| Aprendizaje y crecimiento | Escolarización de los mayordomos                                 | # de mayordomos graduados                     | 80    |
|                           | Conocimiento del concepto de AEPS                                | # de cañicultores capacitados                 | 130   |
|                           | Capacitación a contratistas                                      | # de contratistas capacitados                 | 10    |
|                           | Conferencias sobre la importancia de la nivelación               | # de conferencias                             | 4     |
|                           | Giras técnicas en sitios con nuevas variedades                   | # de giras técnicas                           | 3     |
|                           | Conferencias sobre la importancia del uso de la Materia orgánica | # de conferencias                             | 3     |
|                           | Conferencias sobre control de malezas                            | # de conferencias                             | 2     |
|                           | Conferencias sobre control de <i>Diatraea</i>                    | # de conferencias                             | 2     |
|                           | Costos del cultivo                                               | # de capacitaciones en manejo de costos       | 3     |
| Tecnológica               | Renovación de áreas con nuevas variedades                        | area (Hectáreas) sembrada con nuevas variedad | 6000  |
|                           | Adopción de tubería con ventanas                                 | area (Hectáreas) con tubería de ventanas      | 2000  |
|                           | Adopción del Balance hídrico                                     | area con balance hídrico                      | 8000  |
|                           | Control administrativo del riego                                 | area con control administrativo de riego      | 8000  |
|                           | Análisis de suelos                                               | % de area con análisis de suelos              | 80    |
|                           | Control biológico                                                | area liberada con parasitoides                | 10000 |
|                           | Página web Ingenio                                               | % de cañicultores que usen la web del Ingenio | 80    |
| Procesos internos         | Cosecha manual                                                   | Calidad del corte                             |       |
|                           |                                                                  | Tiempos de permanencia en horas               | < 70  |
|                           |                                                                  | % de materia extraña                          | 5     |
|                           | Cosecha mecánica                                                 | % de materia extraña                          | 7     |
|                           |                                                                  | # de días en efectuar el repique              | 1     |
| Ambiental                 | Uso racional del Recurso hídrico                                 | # de conferencias                             | 7     |
|                           | Cumplimiento de normas de quemas y requemas                      | # de conferencias                             | 1     |
|                           | Manejo de aguas residuales                                       | # de conferencias                             | 1     |
|                           | Protección de aguas superficiales                                | # de conferencias                             | 1     |
|                           | Reforestación                                                    | # de conferencias                             | 1     |
|                           | Manejo seguro de plaguicidas                                     | # de conferencias                             | 1     |

Fuente: Elaboración propia

## 7. CONCLUSIONES

- Se encontró que los niveles de productividad en toneladas de caña por hectárea por zona agroecológica de los cañicultores de Ingenio Providencia, no difieren mucho, para las zonas agroecológicas 11HO, 11H1, 15H1 y 6H1. El TCH es similar en el nivel de productividad alto, a diferencia de la zona agroecológica 22H0 donde se obtuvo según el análisis el menor tonelaje.
- Se observa un comportamiento similar para la variable TAHM y se evidencia que los niveles de productividad por zonas agroecológica en el rango alto tienen similares datos en las TAHM a excepción de la zona agroecológica 22HO
- Se encontró en las TCH un potencial de mejoramiento de producir más de 142 toneladas de caña por hectárea y más de 1.27 TAHM con una probabilidad del 25%.
- Las haciendas más productivas cuentan con personal de mayor nivel educativo; por lo tanto es fundamental generar procesos educativos que impacten positivamente cada hacienda azucarera generando personal cada vez mas calificado que cuente con conocimientos destrezas y habilidades que los permitan actuar productivamente, que puedan integrarse a los flujos de informacion característicos de las sociedades actuales y que puedan aprovechar las tecnologías crecientes que son la base para el funcionamiento efectivo de las organizaciones.

- Se encontró un mayor grado de innovación y aceptación al cambio y a nuevos retos por parte de los mayordomos de las haciendas más productivas.
- Existe mayor información y conocimiento tecnológico puntual por parte de los cañicultores de haciendas más productivas
- Los cañicultores de nivel de productividad alto tienen un mayor grado de adopción de tecnologías recomendadas y las realizan a tiempo, es decir en la época más apropiada y con verificación de la calidad de cada labor.
- Los cañicultores de productividad alto, realicen las labores con equipos propios de buenas características. Los cañicultores de productividad bajo recurren a la contratación de la labor y tal vez no tiene el suficiente control sobre la misma para realizar verificación de calidad de la labor.
- Se observó que los cañicultores de nivel de productividad alto realizan capacitaciones a sus colaboradores, en contraste con los de nivel de productividad bajo, los cuales no realizan capacitaciones a sus colaboradores. Resultados que muestran como los de nivel de productividad alto son más proactivos y más interesados en la capacitación de sus mayordomos.
- Se encontró que los cañicultores de nivel de productividad alto, asisten a los GTT (Grupos de Transferencia de Tecnología), donde mejoran sus conocimientos de temas técnicos de interés, se actualizan y se vuelven más proactivos a la hora de desarrollar buenas prácticas en el cultivo, lo cual se ve reflejado en sus buenas producciones.
- En términos de costos se encontró que los cañicultores de nivel de productividad alto invierten más en el levantamiento del cultivo, tanto para plantilla como para soca.

- Para los cañicultores de la zona agroecológica 11H0 los principales limitantes son los siguientes: disponibilidad de agua, limitantes químicos, de drenaje y administrativos.
- Para los de la zona agroecológica 11H1, el principal limitante es de tipo físico del suelo. Para los de la zona agroecológica 15H0 el principal limitante era la disponibilidad de agua. Para los de la zona agroecológica 22H0, el principal limitante de producción identificado son las propiedades físicas del suelo y limitantes administrativos.
- Los principales factores que se deben mejorar para fidelizar a los proveedores de caña con Ingenio Providencia son los relacionados con la calidad de la cosecha. Los cañicultores sugieren que se mejore en los siguientes aspectos: mejorar la calidad del corte, disminuir el pisoteo, disminuir los porcentajes de materia extraña, mejorar la calidad y agilidad del repique, disminuir los tiempos de permanencia.
- La agenda de ciencia y tecnología propuesta identifica los siguientes temas como los más prioritarios: Manejo de riegos, variedades, nutrición y fertilización, siembra y manejo de residuos.
- Según el modelo empleado para analizar variaciones en la productividad el clima, la edad y la variedad influyen en orden de mención sobre el TCH, el rendimiento y las TAHM. Es importante anotar que el clima es un factor no controlable de producción, por lo tanto los esfuerzos para ser más productivos deben concentrarse en los factores controlables como los son en este modelo: la variedad y la edad de corte. Seleccionar una adecuada variedad por zona agroecología es un primer paso para asegurar unas óptimas producciones y en lo posible tratar de mantener unas edades de corte adecuadas.

## **8. RECOMENDACIONES**

- Continuar promoviendo el tema de escolarización de los mayordomos de los cañicultores de Ingenio Providencia.
- Promover la transferencia de tecnología de manera insistente, para aumentar los niveles de adopción de las diversas tecnologías por parte de los cañicultores de nivel de productividad bajo y medio bajo.
- Dar continuidad a las capacitaciones constantes tanto a los mayordomos como a los cañicultores, con el objetivo de aumentar sus conocimientos en los diferentes temas tecnológicos.
- Mantener los GTT (Grupos de Transferencia de Tecnología) con la participación activa de los cañicultores y mayordomos.
- Iniciar capacitación a los contratistas de los cañicultores, sobre la importancia del control de calidad en las labores.
- Mejorar la calidad de la cosecha mecánica para que los cañicultores estén más satisfechos con los servicios prestados por el Ingenio.
- En lo posible tratar de mantener unas adecuadas edades de corte.
- Sería conveniente atender la siguiente solicitud de los cañicultores sugieren que los datos de producción se envíen por correo electrónico y se coloquen en la página web.
- Igualmente atender la siguiente sugerencia: mayor frecuencia en las visitas por parte de la asistencia técnica.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Albicette, M.M. Brasesco, R., Hegedus, P (1999). Evaluación del impacto de un proyecto de difusión y transferencia de tecnología. Fortalecimiento de la Unidad Experimental y Demostrativa de Young, Uruguay.

ASOCAÑA (2011). Informe Especial. Sector azucarero Colombiano.

ASOCAÑA (2011 a). Informe anual del sector azucarero.

ASOCAÑA (2011b) Informe Especial. Área económica. Sector azucarero Colombiano.

ASOCAÑA (2010). Informe Anual 2010 Visión estratégica del sector azucarero colombiano, Colombia.

ASOCAÑA (2002). Análisis estructural 2001-2002.

Betancourt, B (2010). Análisis sectorial y competitividad. 211p.

Bisang, R y Gutman G.E. (2005). Revista de la CEPAL. Acumulación y Tramas agroalimentarias en América Latina. 2005.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. (1995). Estudio del cliente de la nueva tecnología de Cenicaña. Cali. 57p.

\_\_\_\_\_ (1998). Censo y tipificación de productores de caña de azúcar de la industria azucarera colombiana. Serie técnica N. 27. Isaacs, C.H, Carrillo, V.E., Caicedo, G.H., Paz, H.J., Palma, A.E.

\_\_\_\_\_ (2010). El reto de la adopción de tecnología de riego. Acción de capacitación y transferencia del conocimiento técnico. Carta Trimestral 1y 2.

\_\_\_\_\_ (2011a). Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el Valle del rio Cauca (cuarta aproximación) principios metodológicos y aplicaciones. Serie técnica N. 27.

\_\_\_\_\_ (2011 b).  
Extraído el 1 de septiembre ,2011 del sitio web de Cenicaña: [www.cenicana.org](http://www.cenicana.org).

Castellanos, O.F., Torres, L.M, Fonseca, S.L., Montañez, V.M., Sanchez, A. (2007). Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de Cacao-Chocolate en Colombia. (Proyecto transición de la agricultura). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Grupo de investigación y desarrollo en gestión, productividad y competitividad Biogestión.

Castellanos, O.F. Gestión Tecnológica de un Enfoque Tradicional a la Inteligencia. (2007). Universidad Nacional de Colombia.

Castellanos, O.F. Retos y Nuevos Enfoques en la Gestión de la Tecnología y del Conocimiento. (2008). Programa interdisciplinario de investigación y desarrollo en gestión, productividad y competitividad- Biogestión. Universidad Nacional de Colombia.

Centro Nacional de Productividad CNP (2002). Serie Desarrollo productivo 134. El conglomerado del azúcar del Valle del Cauca. Chile: Millán, F.

Departamento Nacional de Planeación (2007). Agenda Interna para la productividad y competitividad. Documento regional Valle del Cauca., Colombia.

Departamento Nacional de Planeación (2011a). Boletín de Prensa. Cierre de Foro Innovación.

\_\_\_\_\_ (2011b). Capital humano, ciencia y emprendimiento, claves para la innovación. Bogotá, Colombia

\_\_\_\_\_ (2011c). Boletín de Prensa. Bancoldex anunció estrategias de la Unidad de desarrollo e innovación. Bogotá, Colombia

\_\_\_\_\_ (2011d). Ciencia y tecnología en regiones para darle más velocidad a la locomotora de innovación. Bogotá, Colombia

EMBRAPA (2010). Novedades en la organización y el financiamiento de la Investigación agropecuaria publica. Cuaderno de país, Brasil.

\_\_\_\_\_ (2012). Extraído en mayo 5 de 2012 de <http://www.embrapa.com>, Brasil.

Fedesarrollo. Centro de investigación económica y social (2010). Impacto socioeconómico en el sector azucarero Colombiano en la economía Nacional y Regional. Numero 31.

---

\_\_\_\_\_ (2009). Impacto socioeconómico del sector azucarero Colombiano en la economía nacional y regional. Colombia.

Gea, D.; Romero (2003). Marketing Relacional e CRM. ICEMD.

Gonzales, X. y Tansini, R. (1999). I+D e importación de tecnología: Un análisis comprobado en la industria manufacturera Uruguay y española. Versión electrónica.

Huaman, R.R, (2006). La fidelización del cliente mediante la Gestión del conocimiento en las empresas comercializadoras VOLVO S.A. en Lima Metropolitana.

Kaplan, R.S.; Norton, D.P. (2004). Mapas estratégicos. Editorial. Sponsor.

Martínez, H.J (2005). Agroindustria y Competitividad: Estructura y dinámica Colombia 1992-2005. Observatorio Agrocadenas Colombia.

Mendizabal, G.A. (2002). Las estrategias para la innovación tecnológica en Castilla y Leon. Tesis de doctorado. Universidad de Valladolid. Facultad de Ciencias económicas y empresariales.

Mosquera, M., Bernal, P. y Silva, A. (2009). Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena de oleaginosas, grasas y aceites en Colombia con énfasis en la oleagina roja. (Proyecto transición de la agricultura). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia- Centro de Investigación en Palma de Aceite y Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite.

Nonaka, I, Takeuchi, H. (2000). La organización creadora del conocimiento. Oxford.

Orozco, P.Y y Isaacs E, C.H. (2007). Informe Final. Convenio Joven Investigador COLCIENCIAS-CENICAÑA. Evaluación de la adopción y el impacto de la nueva tecnología de Cenicaña en el sector azucarero colombiano. (Caso

piloto Ingenio Providencia) Cali: CENICAÑA, 109 p.

Orozco, C.S; Ramírez, V.B. Ariza, F.R; Jiménez, S.L; Estrella Ch. E; Peña O.B. (2009). Impacto del conocimiento tecnológico sobre la adopción de tecnología agrícola en campesinos indígenas de México. *Interciencia*. 34 (8), 551-555.

Piquer, I.B. (1991). Innovación tecnológica e intervención pública: Panorama y evidencia empírica, Facultad de ciencias económicas y empresariales, departamento de economía aplicada. Tesis doctoral.

Rivera, N.A. y Romero, H.O. (2003). Evaluación del nivel de transferencia y adopción de tecnología en el cultivo de la caña de azúcar en Córdoba, Veracruz, México. *Caña de azúcar* Vol.21 (2); 20-40. Versión electrónica.

Rodríguez, G.A. y Gottret, V. (1999). Evaluación de la adopción y el impacto de la tecnología panelera." En: Costa Rica. Evento: Taller Internacional de Pobreza Rural Ponencia: Libro.

Romanch, L.M. Gice, J. Wegener, M.K. y Morris, S.E. (2007). Knowledge and attitudes about GM crops among the general public and canegrowers in Queensland. *Sugar cane technology* ,29 267-275.

United Nations Conference on Trade and Development UNCTAD The least Developed Countries. Report (2007). Knowledge Technological Learning and Innovation for Development UNCTAD. New York, 2007- 1Vol, 189 pp.

Uribe,C.P., Fonseca, S.L., Bernal, G.E., Contreras, C.A., Castellanos, O.F., (2011). Sembrando innovación para la Competitividad del sector agropecuario Colombiano. Ministerio de Agricultura y desarrollo rural. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Wayagari, J,W. Misari, S.M y Busari, L.C. (2000). Adoption of new package on industrial sugarcane production released in Jigawa State – Nigueria, *Sugar Tech*, 2(4:1-5).