

**PROPUESTA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE UNA OPCIÓN  
SOCIAL, ECONÓMICA Y AMBIENTAL EN LA FORMULACIÓN DE  
POLÍTICAS PÚBLICAS DE ORDEN AMBIENTAL EN EL  
MUNICIPIO DE EL ESPINAL – TOLIMA, CON EL  
APROVECHAMIENTO DE LA CENIZA DE LA CASCARILLA DE  
ARROZ, COMO MATERIA PRIMA PARA LA MODIFICACIÓN DEL  
CONCRETO HIDRÁULICO.**

**LEYDY KATHERINE BARRETO LIZCANO  
YANIRI SHIRLEY SEQUEDA SIERRA**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
SECCIONAL GIRARDOT  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
GIRARDOT  
2018**

**PROPUESTA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE UNA OPCIÓN  
SOCIAL, ECONÓMICA Y AMBIENTAL EN LA FORMULACIÓN DE  
POLÍTICAS PÚBLICAS DE ORDEN AMBIENTAL EN EL  
MUNICIPIO DE EL ESPINAL – TOLIMA, CON EL  
APROVECHAMIENTO DE LA CENIZA DE LA CASCARILLA DE  
ARROZ, COMO MATERIA PRIMA PARA LA MODIFICACIÓN DEL  
CONCRETO HIDRÁULICO.**

**LEYDY KATHERINE BARRETO LIZCANO  
YANIRI SHIRLEY SEQUEDA SIERRA**

**Trabajo realizado para optar al título de Ingeniero Ambiental**

**Director  
Daniel Fernando Aguiar  
Magister en ordenamiento del territorio**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
SECCIONAL GIRARDOT  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
GIRARDOT  
2018**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Girardot, 14 de febrero de 2019

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	07
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	08
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. OBJETIVOS	11
3.1 OBJETIVO GENERAL	11
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
4.MARCO REFERENCIAL	112
4.1 MARCO TEORICO	112
4.1.1 ARROZ	122
4.1.2 Descripción del proceso de molienda de arroz	12
4.1.3 Cascarilla de arroz como materia prima	<b>¡Error! Marcador no definido.3</b>
4.1.3.1 Generación de Cascarilla de Arroz	144
4.1.3.2 Características Físicas y químicas de la Cascarilla de Arroz	<b>¡Error! Marcador no definido.6</b>
4.1.4.3 Problema ambiental derivado de la ceniza de la cascarilla de arroz	157
4.2 MARCO CONCEPTUAL	16
4.2.1 ECOLOGÍA INDUSTRIAL	1717
4.3 MARCO LEGAL	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5. METODOLOGIA	<b>¡Error! Marcador no definido.2</b>

5.1 Universo, población y muestra	¡Error! Marcador no definido.	
5.2 Técnicas o instrumentos para la recolección de datos	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
5.3 Método de análisis	¡Error! Marcador no definido.	
5.4 Infraestructura y Equipos		23
5.5 Ruta metodológica	¡Error! Marcador no definido.	4
5.6 Recursos Humanos	¡Error! Marcador no definido.	4
6. RESULTADOS DE LA PROPUESTA	¡Error! Marcador no definido.	6
6.1 Transformación del municipio de el espinal.	¡Error! Marcador no definido.	
6.2 Valoración ambiental, social y económica de la ceniza de la cascarilla de arroz	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
6.2.1 Identificación de los usos potenciales de la ceniza de la cascarilla de arroz		29
6.2.2 Construcción de indicadores	¡Error! Marcador no definido.	
6.2.2.1. Indicadores de presión	¡Error! Marcador no definido.	1
6.2.2.2 Indicadores de estado	¡Error! Marcador no definido.	
6.2.2.3 Indicadores de respuesta		22
6.2.3 Dimensión social	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
6.2.3.1 Tasa de desempleo	32 ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
6.2.3.2 Nivel de estudio		33
6.2.4 Dimensión económica	¡Error! Marcador no definido.	3
6.2.4.1 Ejecución del presupuesto anual	¡Error! Marcador no definido.	
6.2.4.2 Inversión en proyectos viales	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	

6.2.5 Dimensión ambiental	¡Error! Marcador no definido.
6.2.5.1 Calidad de los suelos	36
6.2.5.2 Disposición de residuos	36¡Error! Marcador no definido.
6.2.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO
6.2.7 Análisis multicriterio de los indicadores	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO
6.2.8 Modelo difuso para la integración de los resultados	¡Error! Marcador no de
6.2.8.1 Indicador fuerza de trabajo	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.2.8.2 Indicador desarrollo vial	¡Error! Marcador no definido.
6.2.8.3 Indicador aprovechamiento de residuos	¡Error! Marcador no definido.
6.2.8.4 Indicador factibilidad del proyecto	56
6.2.9 Análisis de los resultados de la simulación de indicadores por lógica difusa	26
6.2.9.1 Indicador fuerza de trabajo	59
6.2.9.2 Indicador desarrollo vial	59
6.2.9.3 Indicador aprovechamiento de residuos	60
6.2.9.4 Indicador factibilidad del proyecto	61
7. CONCLUSIONES	63
8.RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFIA	65
ANEXOS	67

## INTRODUCCIÓN

En la cuenca hidrográfica del río Coello parte baja, la producción de la molienda de arroz ha tenido un aumento significativo en los últimos años, por la instalación de la industria arrocera y la consolidación del proceso de producción de arroz Paddy, lo que ha generado cascarilla de arroz como subproducto de la molienda, propiciando la activación de las estrategias de intervención por parte de las autoridades ambientales, orientadas en la reducción del impacto de este subproducto, sin embargo la ceniza generada es enterrada como disposición final, lo que no deja ser un residuo que puede ser aprovechado como materia prima en otros procesos productivos como lo sugiere los modelos industriales con lineamientos ecológico (Ecología Industrial).

En razón a ello, el estudio se centra en evaluar y establecer las ventajas del uso de la ceniza en la modificación de concretos hidráulicos, empleando para ello el uso de indicadores y modelación de variables para la toma de decisiones frente a la propuesta de inclusión de este tipo de aprovechamientos en los documentos públicos de orden ambiental.

El enfoque de este proyecto se fundamenta en una metodología mixta orientada desde una dimensión técnica y social, que permita interpretar, la viabilidad ingenieril y ambiental del uso de la ceniza de la cascarilla de arroz a partir de la transformación de materias primas, con propiedades físicas que pueden aportar cambios significativos al diseño de concretos hidráulicos. Por lo tanto, el objetivo de esta propuesta se emplaza en el aprovechamiento de la ceniza de cascarilla de arroz, a partir de la toma de decisiones con el modelamiento de variables ambientales y su inclusión dentro de los documentos públicos, sobre el cual no se encuentran mayores antecedentes en la literatura.

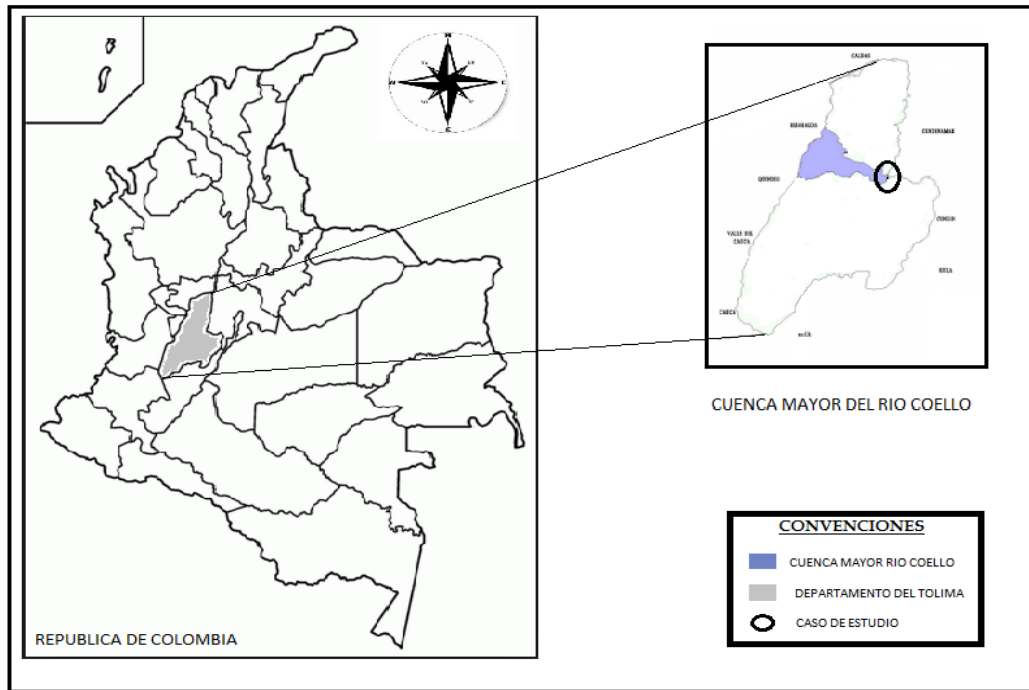
## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El caso particular del valle geográfico del río Coello (Ver figura 1), se ha visto amenazada por la instalación de procesos orientados a molienda del arroz, originando problemas en la calidad del aire y en la salud pública, así como tensiones crecientes a nivel ambiental y lo territorial (Fierro, 2012). La cascarilla como subproducto de la molienda se producen en superficies próximas al río Coello, a partir del monocultivo de arroz y los procesos asociados a la industria arrocera generando ceniza después de la incineración que actualmente presentan diferentes propuestas teóricas y experimentales para su incorporación al cemento para la fabricación de concreto hidráulico como sustancia cohesiva.

En concordancia con lo expuesto anteriormente, el modelo económico agroindustrial instaurado en la cuenca baja del río Coello interviene en las dinámicas propias de las comunidades de El Espinal y afectan las condiciones ambientales debido a los efectos nocivos derivados del tratamiento de la cascarilla de arroz en el proceso industrial. Ello acarrea, por tanto, consecuencias negativas a los pobladores, quienes ven afectada su salud y por ende, su calidad de vida.

En razón a estos aspectos, en el presente trabajo se aborda la propuesta del aprovechamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz como materia prima ya que en la actualidad se encuentran referencias asociadas a la modificación del concreto hidráulico; de tal forma que este proyecto busca generar la propuesta de aprovechamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz y proponer lineamientos para los documentos públicos de orden ambiental del municipio para dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

¿El aprovechamiento de la ceniza de cascarilla de arroz modifica significativamente los indicadores económicos, sociales y ambientales, mejorando las condiciones de las comunidades en lo referente a la calidad del aire y la salud pública?



**Figura 1. Localización del valle geográfico del río Coello.**

Adaptado de (CORTOLIMA, 2013)

## 2. JUSTIFICACIÓN

La producción de ceniza de la cascarilla de arroz proveniente en la molienda, se constituye en una alternativa importante para abordar como caso de estudio desde ingeniería Ambiental, debido a las propuestas de aprovechamiento como materia prima en la modificación de concreto hidráulico, lo que genera una estrecha relación entre la generación de subproductos y el deterioro de la salud pública. Elementos que permiten el diseño amigable de concretos hidráulicos que pueden llegar a mejores los indicadores ambientales, económicos y sociales propuestos en este proyecto desde el uso de lineamientos ecológicos que orienten a una dinámica armónica entre los flujos de materia y energía (Latorre, 2009); En razón a ello la modificación de las condiciones de producción, propenden por las variaciones del uso de materias primas, material reciclado y subproductos de procesos, que generan afecciones en la salud (OMAU, 2008).

En concordancia con lo expuesto anteriormente, la presente investigación, se centra en evaluar los lineamientos de documentos públicos frente al aprovechamiento de residuos como es la ceniza de la cascarilla de arroz. Asumiendo que las plantas de producción de la zona de estudio han implementado procesos de incineración de la cascarilla, de esta manera; la toma de decisiones frente al uso y aprovechamiento se orienta en la evaluación de indicadores ambientales, sociales y económicos, donde se establecerá las ventajas del uso de la ceniza como materia prima en procesos productivos.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Proponer lineamientos para los documentos públicos de orden ambiental del municipio del Espinal-Tolima, que incluyan el aprovechamiento de la ceniza de cascarilla de arroz como agente modificador de concretos hidráulicos.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Documentar los aspectos de la modificación de concretos hidráulicos con ceniza de cascarilla de arroz estableciendo los diferentes potenciales desde el orden ambiental e ingenieril
- ❖ Establecer indicadores ambientales, sociales y económicos para la toma de decisiones frente al uso de la ceniza de la cascarilla de arroz como agente modificador de concretos hidráulicos.
- ❖ Proponer el análisis integrado de los indicadores desde un método multicriterio bajo una lógica difusa que permita evaluar la factibilidad de incluir la ceniza de la cascarilla de arroz como materia prima de procesos productivos.

## 4. MARCO REFERENCIAL

El arroz, es importante en el consumo humano y es cultivado hace más de 7.000 años, se ha evidenciado haberse cultivado en años anteriores del año 5.000 ac. En el oriente de china, forma parte de una de las 19 especies de la familia Gramíneas, es uno de los alimentos más antiguos de la humanidad y hasta el momento no se ha tenido un dato exacto de la época en que apareció, ni cuánto tiempo se estimó para domesticarlo. Varios afirman que la semilla de arroz fue traída a Colombia por Cristóbal Colón en el segundo viaje realizado en el año 1493, donde trajo semillas, las cuales no germinaron (Sierra, 2009). El historiador Fray Pedro Simón, en 1561 afirma que en el valle del Magdalena en Colombia hubo siembras en 1580, en área de Mariquita (Tolima). También se evidencia que en el municipio de Prado (Tolima), la semilla de arroz se cultivó hace 300 años, al pasar de los años estos cultivos se fueron intensificando y ocupando mayor área para así dar transcendía al momento actual. Mediante la cascarilla de arroz se va generando usos, los cuales van al aprovechamiento en diferentes campos por medio de distintas técnicas, para lograr materiales que se utilicen de manera inmediata y den un uso óptimo de estos residuos pretratados, con fin de viabilizar su uso (Sierra, 2009).

### 4.1 MARCO TEORICO

#### 4.1.1 Arroz.

Es consumido principalmente por los seres humanos como un grano entero, es el segundo cereal más producido en el mundo y obtiene una quinta parte en de las calorías más consumidas.

#### 4.1.2 Descripción del proceso de molienda de arroz.

En esta fase del proceso, se obtienen diferentes etapas:

- ❖ **Secado:** Se realiza en forma lenta para no provocar fisuras (20 % CH inicial)
- ❖ **Limpieza:** Hace referencia a la separación de impurezas presentes en el grano y es realizada mediante aspiradores de polvo, separadores de piedra y separadores magnéticos.

- ❖ **Descascarillado:** La cascarilla es separada por el método de fricción entre discos de carburo de silicio, donde utilizan uno estacionario y el otro rotativo, o entre rodillos de caucho que giran a distintas velocidades.
- ❖ **Blanqueo o molienda:** Se realiza por medio de blanqueadoras de tipo horizontal o vertical, son las que blanquean el grano por abrasión y después son separados por medio de un aspirador para separar los granos que están enteros de los partidos.
- ❖ **Pulido:** Es realizado por proceso de fricción.
- ❖ **Clasificación:** Realizado mediante tamices para separar los granos enteros de los medianos y quebrados (Brumovsky, 2009).

Estos sistemas de producción son relacionados directamente del lugar donde se desarrollan, obteniendo gran parte de las condiciones y etapas de la realización. El estudio de un sistema productivo debe considerarlo si nos referimos al dominio agrícola o al dominio industrial. Sin embargo, los demás procesos se dan según un juego de factores que interesa a todas las otras fracciones del “espacio-temporal”. (Santos, 2009).

La cadena más productiva de arroz se desarrolla en tres actividades las cuales son: insumos, cosecha y procesado; representando el 64.5% del Valor Agregado Bruto de la producción total del municipio del Espinal (FEDEARROZ, 2010).

**4.1.3 Cascarilla de arroz como materia prima:** Durante la etapa de blanqueamiento del proceso de obtención de arroz blanco, se obtiene un subproducto el cual está formado de la almendra harinosa (Ver figura 2), la capa de aleurona y el germen, el salvado representa el 8% del total del grano (Torres, 2012), contiene alrededor de 15-20% de ácidos grasos, además 12-16% de proteínas, 23 a 28% de fibra dietética y 7-10% de cenizas; Aunado a ello el salvado, presenta un alto contenido de vitaminas del complejo B y E como el a-tocoferol (Carroll, 1990 citado por Pacheco, 2002). Un potente antioxidante, el oryzanol, se encuentra presente en el aceite extraído del salvado de arroz en un porcentaje de 1-3%, el oryzanol es conocido como el éster ferulato de los alcoholes insaturados triterpenoides (Tinarelli, 1989 citado por Pacheco, 2002). Es considerado el aceite del salvado de arroz como materia prima para

producción de gomas, grasas, aceites de frituras y aceites de encurtidos destilados es excelente para la fritura porque produce pocos peróxidos, espuma, ácidos grasos libres y polímeros; químicamente es muy estable debido al equilibrio de sus ácidos linoleico y oleico, al muy bajo contenido de linolénico y a la presencia de los antioxidantes (Torres, 2012), En la industria alimenticia el salvado de arroz y sus extractos tienen potencial como fuente de proteína, mejorador de productos alimenticios, potenciador de propiedades sensoriales y debido a su alto contenido en fibra dietarias es posible incluirlo en la formulación de alimentos y elaborar productos funcionales (INDUARROZ, 2010).

**Figura 2. Cascarilla de Arroz como desecho en el proceso de molienda de arroz. (Castro, 2013)**



**4.1.3.1 Generación de Cascarilla de Arroz.** De acuerdo a las estadísticas realizadas por el DANE-FEDEARROZ 2016 La producción en el primer semestre alcanzó las 799.153 toneladas de cascarilla. Los molinos afiliados a la asociación de industrias arroceras INDUARROZ responden a un estimado del 80% de la producción de arroz en Colombia, con lo que se reconoce que son los mayores productores de cascarilla en el país, teniendo como referente que el 20 % del volumen de arroz paddy (arroz con cáscara) seco procesado se reconoce como subproducto conocido como cascarilla, No obstante los porcentajes de producción de la cascarilla son relativos en todos los meses del año, en relación al proceso de molienda donde no siempre es constante la

humedad del producto y por tanto las condiciones de secado de la materia prima fluctúan. Como se puede observar en la tabla 1

**Tabla 1. Generación Cascarilla de Arroz Primer Semestre 2016**

2012	Semestre (A) Ton.	Total (Ton/Año)
Meta	50.960	50.960
Casanare	88.172	88.172
Tolima	324.945	324.945
Huila	111.589	111.589
Restos Dptos.	223.487	223.487
Total	799.153	799.153

Fuente. DANE-FEDEARROZ 2016

La información de la producción de arroz en el departamento del Tolima corresponde a una tercera parte de la producción nacional por lo que se reconoce la importancia de este sector en la economía local, por otro lado, la industrialización del proceso de molienda de arroz en los últimos años se ha centrado en el municipio de El Espinal, con lo que se puede hacer la estimación sobre la producción de cascarilla de arroz para esta misma época es de 65000 toneladas aproximadamente.

**4.1.3.2 Características Físicas y químicas de la Cascarilla de Arroz.** La cascarilla de arroz presenta parámetros físicos y químicos que permiten la evaluación de los diferentes usos potenciales en procesos industriales emergentes, en algunas investigaciones de características científicas se reconoce las propiedades físicas (ver tabla 2) y propiedades químicas (ver tabla 3) de la cascarilla de arroz.

**Tabla 2. Propiedades y Características de la Cascarilla de Arroz.**

Propiedades	Características
Color	Amarilla
Forma	Ovalada – Cóncava
Tamaño Común	Largo-10 mm, Ancho-8 mm, Espesor-3 mm
Aspecto	Fibroso, Abrasivo
Densidad	0.120 Kg / dm <sup>3</sup> (Peso – Seco)
Peso Especifico	125 Kg/m <sup>3</sup>

Propiedades	Características
Poder Calorífico	Superior (PCS): (6000 Btu/Lbm, 3638.5 kcal/kg de cascarilla de arroz). Inferior (PCI): 4757 Btu/Lbm, 2883 kCal/kg de cascarilla de arroz.
Estructura Química	Estructura cerrada que dificulta la combustión
Contenido de sílice	Alto Contenido (20%)
Retención de Humedad	9% v/v (Baja Capacidad)
Capacidad de retención de agua a capacidad de campo	40% en peso, 11% en volumen.
Temperatura de ignición	367 °C
Temperatura máxima en quema parcial	“Condiciones ambientales – Sin exceso de aire – residuos; inquemados”.477°C

En los procesos de incineración de la cascarilla de arroz se modifica la composición de las sustancias, separándose por diferencias de punto de fusión elementos como el Carbono y permaneciendo constantes los compuestos que contienen sílice, cambios que se producen en tratamiento térmico que oscilan entre los 800 - 1500°C.

**Tabla 3. Análisis Químico de la ceniza de cascarilla de Arroz.**

Descripción	Elemento	Composición %
Cloro	Cl	0.05%
Oxido Titanio	TiO <sub>2</sub>	0.05%
Pentóxido de Dióxido	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.41%
Oxido de Silicio	SiO <sub>2</sub>	94.10%
Oxido de Aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.12%
Oxido de Calcio	CaO	0.85%
Oxido de Magnesio	MgO	0.95%
Oxido de Potasio	K <sub>2</sub> O	2.10%
Oxido de Sodio	Na <sub>2</sub> O	0.11%
Trióxido de Azufre	SO <sub>3</sub>	0.06%
	P.P.CaL	1.10%

**4.1.3.5 Problema ambiental derivado de la ceniza de la cascarilla de arroz.** La principal problemática es ocasionada por la quema de residuos de la cascarilla de arroz, ya que es generador de CO<sub>2</sub> el cual es un gas de efecto invernadero. La cascarilla de arroz contiene sílice el cual contamina las fuentes hídricas por medio de las corrientes de agua cercanas al lugar donde se realizar el proceso de incineración, dando paso a generar afectaciones a las especies acuáticas.

## **5.2. MARCO CONCEPTUAL**

**5.2.1 Ecología industrial.** Hace referencia a sistemas industriales mediante la relación entre un ecosistema y la industria, sustentando el flujo de materia y energía para la obtención de productos y subproductos; los subproductos van dirigidos a otro proceso como materia prima, para aprovechar ese subproducto y darle contribución al medio ambiente, para el mejoramiento en la calidad de vida de los seres humanos; (CARRILLO, 2000). Con el fin de idealizar a las organizaciones para la utilización de materias primas para generar un viabilidad y optimización en los procesos realizados en su interior y a sus recursos, para así contribuir y mostrar la parte ecológica para ser más amigable con el medio ambiente y dar una disminución de los impactos que son generados a partir de los procesos que son realizados por las organizaciones.

Concreto hidráulico modificado como producto en un sistema ecológico industrial

La molienda de la cascarilla de arroz es utilizada para la obtención de la ceniza (silicio), como materia prima, este método ha generado en los últimos años un impacto negativo en el ambiente ocasionado por la emisión de una gran variedad gases que contaminan el aire, principalmente compuestos orgánicos volátiles y gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, que en el año 2000 produjo una emisión de 173,28 Gg en todo el territorio nacional (IDEAM, 2009). Los compuestos orgánicos volátiles han ocasionado afecciones por inhalación prolongada de gases, principalmente durante la fabricación y colocación de mezcla asfáltica. Los efectos que puede producir la exposición frecuente a estos gases son: dolor de cabeza, erupciones en la piel, fatiga, reducción del apetito, irritación de ojos y garganta, y tos. Estos problemas se pueden producir con dosis superiores a 0.5 mg/m<sup>3</sup> (LOYO, 2004).

### 5.3. MARCO LEGAL

En la revisión de los documentos públicos de orden ambiental se indago acerca del aprovechamiento de residuos sólidos, en instrumentos como el plan de ordenamiento de cuenca POMCA, el Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT, Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS y El plan de desarrollo del municipio del Espinal, en donde se analizó la incidencia de la ceniza de la cascarilla de arroz en la política de aprovechamiento de residuos articulada a la política ambiental.

Dentro del Plan de Manejo y Ordenamiento de una Cuenca, POMCA, no se contempla el aprovechamiento de los residuos sólidos de los municipios que hacen parte de la cuenca como también específicamente del cisco.

Según el plan básico de ordenamiento territorial el aprovechamiento del sub producto de la molienda de arroz se orienta hacia la incineración como método de disposición final, con permiso de la administración municipal y CORTOLIMA, se delimita una zona de protección de 500 metros de ancho alrededor del perímetro urbano donde estará prohibido este procedimiento de acuerdo a las políticas de salud pública.

En el plan de gestión integral de residuos sólidos y el plan de desarrollo del municipio del espinal no contempla un tratamiento, ni recolección de las cenizas de la cascarilla de arroz ya que de este se puede obtener un aprovechamiento de los residuos, buscando alternativas que permitan una mejor utilización de este y así contribuir a la disminución de la contaminación del impacto ambiental.

Desde el marco normativo colombiano se estructura el aprovechamiento de residuos como se puede observar en la Tabla N° 6

**Tabla N° 4. Nomograma del aprovechamiento de residuos.**

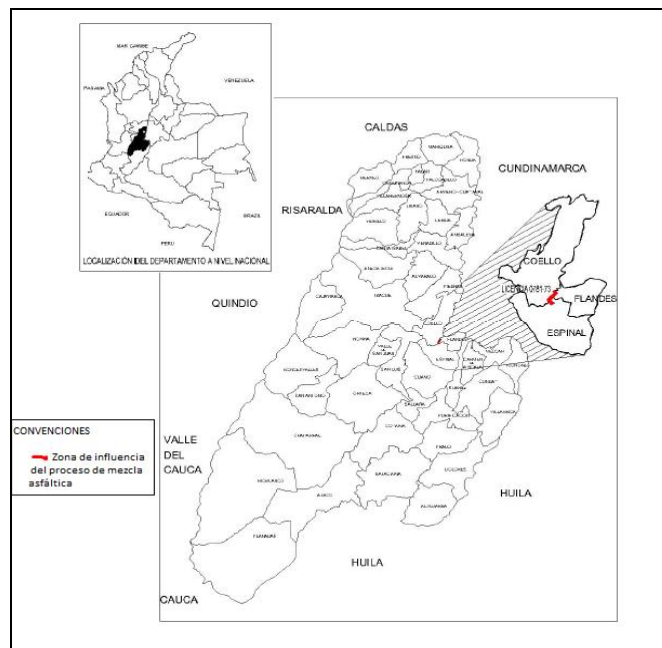
Norma	Fecha	Descripción
Constitución Política Colombiana, artículo 8	1991	Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación
Constitución Política Colombiana, artículo 49	1991	Saneamiento ambiental: La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud. Corresponde al Estado organizar, dirigir y reglamentar la prestación de servicios de salud a los habitantes y de saneamiento ambiental conforme a los principios de eficiencia, universalidad y solidaridad
Constitución Política Colombiana, artículo 58	1991	Función ecológica de la propiedad: Se garantizan la propiedad privada y los demás derechos adquiridos con arreglo a las leyes civiles, los cuales no pueden ser desconocidos ni vulnerados por leyes posteriores. Cuando de la aplicación de una ley expedida por motivo de utilidad pública o interés social, resultaren en conflicto los derechos de los particulares con la necesidad por ella reconocida, el interés privado deberá ceder al interés público o social. La propiedad es una función social que implica obligaciones. Como tal, le es inherente una función ecológica
Constitución Política Colombiana, artículo 67	1991	Educación ambiental: La educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social: con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura.

Norma	Fecha	Descripción
Constitución Política Colombiana, artículo 79	1991	Derecho a un ambiente sano: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo
Constitución Política Colombiana, artículo 80	1991	Desarrollo sostenible: El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución
Constitución Política Colombiana, artículo 82	1991	Espacio público: Es deber del Estado velar por la protección de la integridad del espacio público y por su destinación al uso común, el cual prevalece sobre el interés particular.
Constitución Política Colombiana, artículo 95	1991	Deberes ambientales de los ciudadanos: La calidad de colombiano enaltece a todos los miembros de la comunidad nacional. Todos están en el deber de engrandecerla y dignificarla. El ejercicio de los derechos y libertades reconocidos en esta Constitución implica responsabilidades. Toda persona está obligada a cumplir la Constitución y las leyes
Constitución Política Colombiana, artículo 226	1991	El Estado promoverá la internacionalización de las relaciones políticas, económicas, sociales y ecológicas sobre bases de equidad, reciprocidad y conveniencia nacional
Constitución Política Colombiana, artículo 332	1991	El Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a las leyes preexistentes
Constitución Política Colombiana, artículo 333	1991	La actividad económica y la iniciativa privada son libres, dentro de los límites del bien común. Para su

Norma	Fecha	Descripción
		ejercicio, nadie podrá exigir permisos previos ni requisitos, sin autorización de la ley
Constitución Política Colombiana, artículo 366	1991	El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable. Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la Nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación
Ley 99	22/12/1993	Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones
Decreto 1713	06/08/2002	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.
Resolución 0754	01/12/2014	por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos

## 5. METODOLOGÍA

Ubicación y Características agroclimatológicas: La zona de estudio de la investigación se establece en el municipio de El Espinal Tolima, donde se busca aprovechar la ceniza de la molienda de arroz integrando procesos de producción bajo lineamientos ecológicos, utilizando el subproducto que se produce en los molinos ubicados en la cabecera municipal (Ver figura 3).



**Figura 3. Mapa del valle geográfico del río Coello, con la zona de ubicación del proyecto. Adaptado de (Moreno, 2012)**

### 5.1. Universo, población y muestra:

- ❖ Universo: Comunidad rural del municipio de El Espinal –Tolima
- ❖ Población: Comunidad aledaña a los molinos de arroz

- ❖ Muestra: 55 personas escogidas aleatoriamente de acuerdo al cálculo del tamaño de muestra de un total de 56.000 habitantes del municipio de El Espinal.

**5.2 Técnicas o instrumentos para la recolección de datos.** Para la recolección de datos se usará la información de trabajos de grado y proyectos de investigación acerca del uso potencial de la ceniza en el diseño de concretos hidráulicos, también se realizarán la formulación de indicadores ambientales, sociales y económicos acerca del aprovechamiento de la ceniza como materia prima, finalmente la disertación frente a los documentos públicos de orden ambiental y la troncalidad del aprovechamiento de la ceniza y como desde el análisis realizado generar una propuesta para su formulación.

**5.3 Método de análisis.** Análisis de los datos donde se consultarán las bases de datos de las entidades públicas del municipio, posteriormente la recolección de la información se hará con los repositorios de las universidades donde se realizaron trabajos de modificación de concretos hidráulicos, se realizarán tratamientos estadísticos de los datos para mejor interpretación y se analizarán desarrollando fórmulas de mediana, varianza, coeficiente de variación y desviación para la formulación de indicadores ambientales, sociales y económicos con los que se desarrollara una simulación para la toma de decisiones.

#### **5.4. Infraestructura y Equipos:**

- ❖ Lugar para el desarrollo de casos de estudio
- ❖ Computador
- ❖ Impresora
- ❖ Transporte
- ❖ Metodología:
- ❖ Resma de papel
- ❖ Recursos:

**5.5. Ruta metodológica.** La ruta metodológica del trabajo de investigación se orientó en el análisis de los aspectos técnicos y sociales de la ceniza de la cascarilla de arroz teniendo como referente el uso como materia prima de concretos hidráulicos y los documentos públicos de orden ambiental. Esta ruta está integrada por tres fases de ejecución:

**Fase I.** Revisión bibliográfica que se orientó a la generación de un diagnóstico informativo de las condiciones ambientales y transformación del municipio de El Espinal, se realizó un análisis socio-demográfico de la población con el diseño y aplicación de un instrumento para la recolección de la información y se estableció el uso de la ceniza de la cascarilla en la modificación del concreto hidráulico, donde se recopiló la información con el instrumento diseñado para analizar diferentes variables que permiten su aplicación como materia prima en proyectos productivos.

**Fase II.** Se realizó la consolidación de la información a partir de la construcción de indicadores ambientales, sociales y económicos del uso de la ceniza de la cascarilla de arroz y se evaluarán de acuerdo al método PER propuesto por la OCDE para la toma de decisiones.

**Fase III.** Revisión bibliográfica que se orientó en la generación de un diagnóstico integrado de los indicadores ambientales, sociales y económicos acerca de la factibilidad del proyecto, orientado en un método multicriterio donde se empleó el software FISPRO 3.5 en la evaluación y análisis del comportamiento de los rangos de cada indicador bajo el criterio de lógica difusa.

#### **5.6. Recursos Humanos:**

- ❖ Comunidad: personas relacionadas con el tema de investigación que puede aportar en el desarrollo de la propuesta.
- ❖ Tesistas: Las personas que realizarán el proyecto
- ❖ Tutor. Ingeniero Civil con maestría en ordenamiento del territorio que nos brinde acompañamiento para el análisis, formulación y generación de resultados del proyecto.

- ❖ Institucionales: Apoyo en la logística y la autorización respectiva para el desarrollo de la propuesta.

## 6. RESULTADOS DE LA PROPUESTA

Los resultados de la propuesta se estructuraron desde dos momentos *transformación del municipio de El Espinal* y *Valoración ambiental, social y económica de la ceniza de la cascarilla de arroz* que permitieron el análisis e interpretación de cada fase del proyecto, con los que se dio respuesta a los objetivos planteados en la investigación

### 6.1 TRANSFORMACIÓN DEL MUNICIPIO DE EL ESPINAL.

La asociación del paisaje agrícola arrocero y como fue mudando en el tiempo, permite identificar la premuras de nuestros ancestros por satisfacer las necesidades y sobresalir a los retos que fueron marcados para la época, superar los problemas de comunicación, de asentamientos y suplir los requerimientos alimenticios, son algunos temas que se superaron en gran medida a partir de la transformación del espacio geográfico, puesto que se puede reconocer como el punto de origen del proceso social, donde la naturaleza es considerada meramente materia prima sobre la que operan las fuerzas productivas de diferentes sociedades (Lefebvre, 1974).

El holandés Robert Soeters describe El valle alto del río Magdalena como un paisaje de génesis volcánica formado en el "Holoceno" de acuerdo a los estudios geomorfológicos realizados en el año de 1975, en la región Ibagué - Espinal - Guamo - Girardot. En este estudio se estima que la actividad tectónica y volcánica de la cordillera central, y los cambios del régimen fluvial de la cuenca de Magdalena, son los eventos que contribuyeron respectivamente a la formación de las superficies de llanuras, de piedemonte (abánicos) y de terrazas aluviales (Castro, 1996).

La zona de estudio se caracteriza por el predominio de materiales arcillosos, nutrientes y una alta aptitud del suelo para el cultivo de algodón, arroz, sorgo y maíz (Castro, 1996). Históricamente este concepto de aptitud del suelo es relacionado con la transformación del espacio geográfico, pasando de un bosque seco tropical predominante en la

llanura y piedemonte (abanico) a un paisaje agrícola y pecuario, como lo propone Peet “el espacio es el entorno natural que permanentemente es transformado por el hombre” (Mahecha, 2003), consecuente a esta afirmación se puede reconocer diferentes sucesos que han marcado la transformación del espacio geográfico como fueron: el asentamientos de la cultura Pijao, los procesos colonizadores y el desarrollo del cultivos secanos.

1. Los indígenas Pijaos de características guerreristas y con vocación agrícola, implementaron procesos agrícolas para satisfacer la demanda de fibras de algodón para la confección de hamacas y maíz para consumo (Velez, 2005). El historiador Josué Bedoya estableció que en las tierras de lo que hoy se conoce como municipio del Espinal se encontraban en el territorio de los caciques Pijaos Talura y Titarno, donde el capitán Andrés López de Galarza conformo sus reales, en cercanías a la ciudad de Ibagué, dándole el nombre a ese espacio de Llano grande de Talura en el cual, describe a los nativos como cultivadores con grandes labranzas, poseedores de abundante fauna y flora y efectuaban sus mercados con los indígenas provenientes de diferentes lugares. (Cifuentes, 1996).
2. En el proceso de colonización, el río Magdalena fue una de las mayores arterias utilizadas para el desplazamiento en el interior del territorio colombiano; por sus aguas navegaron los grupos humanos que poblaron valles intermedios y cuencas hidrográficas. Por esta vía fluvial arribaron igualmente los conquistadores y durante la Colonia en ambas direcciones transitaron las mercancías hacia el Espinal (Cifuentes, 1996). La fundación del municipio del Espinal se da el 18 de septiembre de 1754, otorgándose la calificación de fundadores a los señores Antonio Vásquez Forero y Juan Manuel Moya, propietarios de la Hacienda Llano Grande (Gobernación del Tolima, 2014). Con la conformación del municipio se establecen procesos de expansión de sus límites reconociendo la distribución de haciendas con grandes extensiones de tierra como fueron: la hacienda Cártama, 1.100 hectáreas, propiedad de la familia Payan; la hacienda Guarumo, 1.486 hectáreas, propiedad de la familia Serrano; la hacienda Talura, 2.156 hectáreas, propiedad de la familia Reyes; la hacienda Las Mercedes, 1.000 hectáreas, propiedad de la familia Real; hasta principios de la década de los cincuenta, donde eran consideradas familias terratenientes (Meertens, 2003).

Durante los siglos XVIII y XIX, los historiadores describen las haciendas del espinal como un paisaje agrario y pecuario de grandes extensiones de tierra, que fue mudando a un paisaje parcelado, donde predominaba el cultivo de algodón, sorgo y arroz, pero también se establecían pasturas para los animales. La producción agrícola cubría las necesidades alimenticias de las comunidades y subministraba alimentación para el ganado; Además solían proporcionar igualmente un complemento alimenticio para el ganado ovino y caprino (Palacios, 1998).

De esta manera en la colonia el espacio geográfico se transformó de acuerdo a la necesidad de activar los sistemas productivos agrícolas donde el estado legislo en torno a los espacios económicos efectivamente ocupados, por medio de formas supra extensivas de explotación y la estructura agraria del país (Kalmanovitz, 1994).

3. El desarrollo de cultivos secos se establece en antiguas deposiciones del río Magdalena, con altos contenidos de arcillas, con un clima cálido y precipitaciones entre los 1200 y 1300 mm de agua anual (Castro, 1996), proceso productivo que no fue de interés para los tenedores de la tierra quienes estimaban no rentable la producción agrícola de cultivos como el arroz, por los bajos rendimientos que se obtenían de acuerdo al régimen de lluvias; por lo tanto esta actividad la desarrollaban los arrendatarios como beneficio por atender la conversión de las tierras de monte en cultivos de pancoger y luego en pastizales, ampliando así el espacio ganadero de la hacienda en beneficio del propietario (Meertens, 2003).

Por lo tanto los diferentes sucesos que marcaron la transformación del espacio geográfico a paisaje agrario y pecuario, sobrepone lo manifestado por Sack, la característica de los humanos como seres geográficos, permitiendo analizar y cuestionar como ha sido la evolución histórica del espacio geográfico, teniendo en cuenta que los humanos transforman la tierra para convertirla en su casa, pero al hacerlo se transforman ellos mismos, no sólo mediante la apropiación que implica esa transformación, sino también por los efectos que esa tierra transformada ocasiona sobre la especie y la sociedad humana (Delgado, 2001).

## **6.2 VALORACIÓN AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICA DE LA CENIZA DE LA CASCARILLA DE ARROZ**

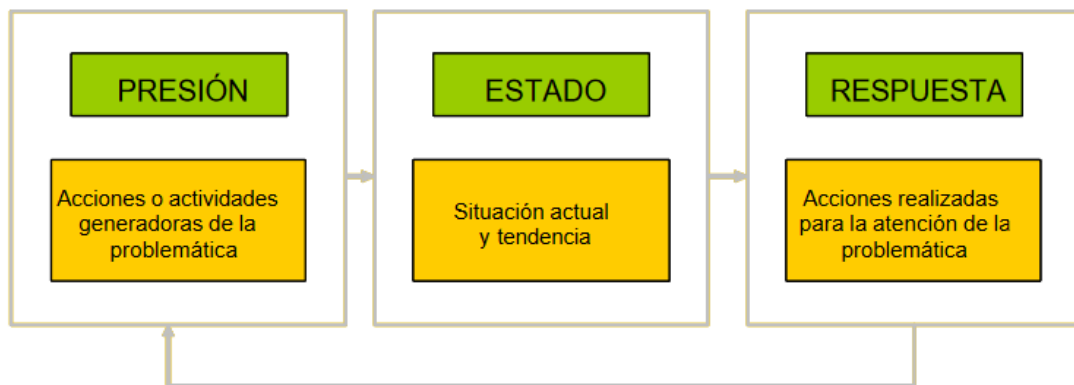
**6.2.1 Identificación de los usos potenciales de la ceniza de la cascarilla de arroz.** Para hablar de una correcta disposición final de la cascarilla de arroz, es necesario analizar cuáles son los posibles usos que se le pueden dar al residuo o el tratamiento de disposición final más benéfico, de esta manera, la adición de la ceniza de la cascarilla de arroz, en la fabricación de asfalto surge como una de las alternativas no solo más innovadoras, sino que también una de las mejores en cuanto a integración de residuos a procesos productivos, la revisión bibliográfica de diversas publicaciones nos dan a entender que esta actividad, no solo incorpora la ceniza como materia prima, sino que mejora algunos aspectos y propiedades del asfalto resultante, como lo menciona (Osorio Ortiz, Adriana Paola, Palma Huertas Erika Melissa y Rivera Bermúdez Lina Marcela, 2009) y (Gutierrez Ivonne y Ceballos Mayerli, 2007), al adicionar la ceniza, el comportamiento mecánico del asfalto cambia respecto a su elaboración convencional, por supuesto hay algunos otros trabajos relacionados a este uso de la ceniza de la cascarilla de arroz como el de (Molina Salinas Javier Eduardo, 2002) "ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ EN HORMIGÓN COMPACTADO CON RODILLO" o (Aguilar Jaider Sierra, 2009) quien presenta una monografía sobre las alternativas para el uso de la cascarilla.

La identificación, análisis y comparación de estudios previos sobre el uso de la ceniza en la fabricación de asfalto se pueden encontrar en la matriz correspondiente al anexo 2, presentado con este documento, que no solo analiza las metodologías propuestas, sino que presenta una comparación entre los resultados encontrados, arrojando las diversidades que se pueden presentar a la hora de aplicar esta alternativa de disposición.

**6.2.2 Construcción de indicadores.** Los Indicadores propuestos para esta investigación se establecieron a partir del manejo de información de las entidades públicas del municipio de El Espinal y la consolidación de información de la población en torno a las necesidades básicas insatisfechas, con lo que se adoptó el Sistema PER que es el sistema

“Presión –Estado - Respuesta”, propuesto por Environment Canadá y la OCDE (Alcaldía de Medellín, 2007)

El esquema de Presión – Estado - Respuesta (P-E-R), se basa el tratamiento de información desde una lógica de causalidad donde se reconoce la interacción de las relaciones acción y respuesta entre la dimensión economía, social y el ambiente, direccionados por los programas y la normatividad de los gobiernos locales, identificando las características típicas del sistema en tanto al grado de afectación, procesos que se definen desde las diferentes dimensiones y los planteamientos para la solución de las situaciones de orden ambiental. como se puede observar en la figura 4.



**Figura 4.** Relación de indicadores de presión, estado y respuesta en torno al uso de la ceniza de la cascarilla de arroz.

En la construcción de indicadores de presión, estado y de respuesta para a la dimensión social, económico y ambiental se tuvieron como referentes el plan de desarrollo del municipio de El Espinal 2016-2019, El plan básico de ordenamiento territorial, la agenda ambiental, el plan de manejo y ordenamiento de la cuenca del río Coello y la encuesta a pobladores, donde se estableció una mirada integradora de los documentos de gestión municipal y una relación directa con la necesidad básicas insatisfechas, datos que soportan la formulación y permitirán su evaluación en el tiempo; en razón a ello los indicadores son un aporte dinámico a la concepción de sistemas abiertos enunciados por la Teoría de Sistemas y se reconocen como base para identificar la viabilidad de proyectos productivos, donde el tema de investigación están directamente relacionado con el uso de la ceniza de la cascarilla

de arroz en la modificación de concretos hidráulicos, y como este proceso de innovación de la fabricación de concretos permitirá en el tiempo mejorar las condiciones de movilidad de los pobladores.

De esta manera una propuesta es la que establece el Ministerio del Ambiente de Canadá (*Environment Canada*) donde utiliza el modelo donde considerando las actividades humanas como presión indirecta, a las condiciones ambientales como estado y a los efectos como respuesta.

**6.2.2.1 Indicadores de presión.** Describen las presiones que ejercen las diferentes actividades humanas sobre el ambiente y los recursos naturales, considera las presiones directas sobre el ambiente, para el caso de este proyecto está orientado en la calidad del suelo, volúmenes de residuos de ceniza de la cascarilla, tasa de empleo, nivel de estudio, inversión y ejecución de proyectos viales, Por lo tanto; se denominados indicadores de presión indirecta y ofrecen elementos para pronosticar la evolución de la problemática; también son útiles para definir las acciones y políticas en materia ambiental que deben aplicar los sectores causantes para revertir el problema.

**6.2.2.2 Indicadores de estado.** Los indicadores de estado son diseñados para dar información sobre la situación del ambiente y sus cambios a través del tiempo. En este tipo de indicadores se consideran también los efectos a la salud de la población y a los ecosistemas causados por el deterioro del ambiente. Cabe mencionar que para el proyecto este indicador está relacionado con el aprovechamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz, desarrollo vial y fuerza de trabajo, variables que permites el análisis de los objetos de las políticas que pueden estar asociadas a la protección ambiental.

**6.2.2.3 Indicadores de respuesta:** Los indicadores de respuesta se relacionan con los esfuerzos que realiza la sociedad, las instituciones o gobiernos orientados a la reducción o mitigación de la degradación del ambiente. En general, las acciones de respuesta están dirigidas para el caso de este proyecto a la factibilidad de proyectos productivos que mitiguen impactos ambientales, donde la interacción de las necesidades básicas insatisfechas y la inversión del municipio frente a los procesos de mitigación de impactos ambientales.

**6.2.3 Dimensión social.** En esta dimensión se obtiene información que es relacionada con los temas que afectan a la sociedad, determinando y caracterizando así la calidad de vida de los habitantes del municipio de El Espinal – Tolima, donde el municipio tiene la responsabilidad y capacidad de intervenir para mejorar las condiciones de los habitantes generando una mejor calidad de vida y una mejora significativa en las condiciones de los diferentes grupos sociales que son afectados y garantizando así oportunidades donde se pueda visualizar los logros obtenidos. (Instituto SINCHI, 2018)

Por tanto, desde las nuevas situaciones sociales, se encuentra las dificultades que tienen los jóvenes para acceder a un trabajo estable, mayor peso demográfico que tienen las personas mayores, de igual forma el acceso de la mujer al mercado de trabajo, los cuales son retos a los que no se puede responder únicamente con información económica. Queda ya superada aquella época en la que se identificaba causalmente el crecimiento económico con el bienestar social. (López, 2010)

Para establecer los indicadores de tasa de desempleo y nivel de estudio se tuvo en cuenta los datos de la administración pública y el desarrollo de la encuesta que se puede observar en el anexo 1, en la que se estableció la condiciones socio-demográfica de una muestra representativa de habitantes del municipio de El espinal, donde se recolecto información necesaria para la construcción del indicador.

**6.2.3.1 Tasa de desempleo.** El indicador tasa de empleo (Ver tabla 5) demanda diferentes factores los cuales sirven para producir bienes o servicios, siendo calculado como un indicador de la evolución en el tiempo para tener relevancia entre la cantidad de empleo generado por el municipio de El Espinal - Tolima, por otro lado; también se define como el control que tiene la sostenibilidad de las familias, dando iniciativa para visualizar los planes de gobierno que tiene el municipio y el impacto social que este puede generar. (Banco de la Republica , 2013)

**Tabla 5.** Indicador tasa de desempleo acoplado a la dimensión social

	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	FORMULA
DIMENSIÓN SOCIAL	Generación de empleo en la industria arrocera	%	N° de empleos por actividad
	Tasa de desempleo	%	$(\text{Población económicamente activa} - \text{Población con empleo}) / \text{Población económicamente activa}$

**6.2.3.2 Nivel de estudio.** El indicador de nivel educativo (ver tabla 6) que tiene el municipio de El Espinal – Tolima, sirve para visualizar el grado de escolaridad presente en el mismo como educación inicial, primaria, secundaria y superior. Con el fin de conocer el sistema y funcionamiento que maneja para determinar los indicadores y la dimensión social que se está buscando.

**Tabla 6.** Indicador nivel de estudio acoplado a la dimensión social.

	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	FORMULA
DIMENSION SOCIAL	Niveles de educación (todos los ciclos) de la población por género	%	Población que ha terminado estudios en cada nivel de educación por género.

**6.2.4 Dimensión económica.** La dimensión Económica del municipio de El espinal La gran mayoría de las calles y carreras están pavimentadas. Tiene un magnífico parque, en la plaza principal, que lleva el nombre de Libertador Simón Bolívar, con fuente luminosa y una estatua del Mohán, que recoge en el bronce la tradición del personaje mitológico del Tolima, conocido como "la

divinidad de las aguas". Tiene una plaza de mercado cubierta, en la antigua plaza "Caballero y Góngora". Hay buen servicio bancario En la rama de la Educación, Espinal Tiene 23 escuelas rurales, escuelas urbanas y concentraciones en los diferentes barrios de la ciudad, para un total de 15. 2 núcleos escolares, además diez colegios. (MINTIC, 2010)

El indicador económico radica en la predicción de tendencias de la situación de la región o el municipio en lo referente a la inversión en proyectos viales y la ejecución del presupuesto público que son necesarios para valorar el desempeño de cada uno de los programas del gobierno, encaminados a lograr el cumplimiento de las metas y objetivos fijados en las políticas públicas.

Para establecer los indicadores de ejecución de presupuesto anual y nivel de estudio se tuvo en cuenta los datos de la administración pública e inversión en proyecto viales en la que se estableció las partidas y porcentajes de ejecución información relevante para la construcción del indicador.

**6.2.4.1 Ejecución del presupuesto anual.** En el indicador de la ejecución del presupuesto (ver tabla 7) se realiza desde un análisis comparativo entre un año y otro de los porcentajes de ejecución lo cual refleja claramente cuál es el comportamiento de las principales variables económicas, financieras y monetarias, que afectan directamente a la inversión en el municipio, donde las mismas pueden definir como es la situación ambiental del territorio a partir de la participación de la ejecución del presupuesto en la mitigación de impactos.

**Tabla 7.** Indicador ejecución del presupuesto anual acoplado a la dimensión económica

	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	FORMULA
DIMENSION ECONOMICA	Porcentaje de ejecución del presupuesto	%	Presupuesto ejecutado destinado a proyectos viales/Presupuesto destinado a proyectos viales.

**6.2.4.2 Inversión en proyectos viales:** El indicador de inversión en proyectos viales (ver tabla 8) tiene una importancia del capital en la economía actual del municipio de El Espinal de cierto modo es uno de los principales motores de la actividad productiva y económica en general. La importancia de la inversión se basa fundamentalmente en el porcentaje de inversión que asigna el gobierno local para desarrollar su programa de gobierno y tiene importancia dentro del gasto en inversión total de la economía local.

**Tabla 8.** Indicador de la inversión en proyectos viales acoplado a la dimensión económica

	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	FORMULA
DIMENSION ECONOMICA	Inversión en proyectos viales	%	Presupuesto de proyectos viales vigencia actual/ presupuesto de proyectos viales vigencia futura.

**6.2.5 Dimensión ambiental.** La dimensión ambiental se direcciona al conjunto de valores, actitudes y motivaciones que rigen las relaciones entre la Sociedad y la Naturaleza y las formas como dichas relaciones se traducen en los sistemas de producción y apropiación de los recursos productivos, así como en el manejo individual y colectivo de los recursos naturales, el equilibrio ecológico, la preservación de los ecosistemas y calidad de la vida de la población, (CEPAL, 1986) desde la planificación e incorporación del conjunto de enfoques conceptuales y metodológicos destinados a mitigar impactos y mejorar la eficiencia de los procesos productivos en el municipio de El Espinal.

Para establecer los indicadores de calidad del suelo y volúmenes de residuos ceniza de cascarilla de arroz se recopilaron datos de proyectos de investigación donde se reconoce el problema ambiental que genera la quema de la cascarilla de arroz y se establecieron estimaciones anuales

de la producción de ceniza información que permitió estimar la construcción del indicador.

**6.2.5.1 Calidad de los suelos.** para la determinación del indicador de la calidad del suelo (ver tabla 9) se tiene como referencia las condiciones químicas que afectan las relaciones suelo-planta y la disponibilidad de nutrimentos, el pH, la conductividad eléctrica, la capacidad de absorción de fosfatos, la capacidad de intercambio de cationes, y el nitrógeno mineralizable. (García, 2012)

En investigaciones realizadas por el centro internacional de agricultura tropical (CIAT) establece la hipótesis que el silicio amorfo presente en las cenizas de cascarilla de arroz podría reaccionar con formas solubles del aluminio presente en el suelo disminuyendo el AL3+ activo, también El silicio amorfo adicionado disminuye la fijación del fósforo-agregado por el suelo, se debe reconocer que el incremento en el contenido de nutrientes del suelo podría ocurrir con la adición de ceniza de cascarilla de arroz, y que el silicio amorfo podría formar diferentes tipos de arcilla. (Mesa, 1991)

**Tabla 9.** Indicador de la calidad del suelo acoplado a la dimensión ambiental

	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	FORMULA
DIMENSION ECONOMICA	Calidad del suelo	%	Suelos degradados por la disposición final de la ceniza/ suelos usados por la industria arrocera.

**6.2.5.2 Disposición de residuos:** El indicador de disposición de residuos de ceniza de cascarilla de arroz (ver tabla 10) se establece de acuerdo a los problemas ambientales de la actividad sobre los suelos que está directamente relacionados por los cambios en las propiedades químicas de la matriz por la acción directa de la ceniza sobre los minerales presentes en el suelo. En razón a ello; La cascarilla de arroz es un residuo el cual se acumula o se incinera, ocasionando gran

afectación a las fuentes hídricas cercanas, obtenemos la ceniza que es originada de la quema de la cascarilla de arroz, la cual está compuesta principalmente de sílice, tiene un alto grado de toxicidad afectando la salud humana, siempre y cuando esta sea ceniza cristalina que se da mediante la quema a cielo abierto. Generando contaminación en el aire el cual puede ser causante de silicosis, modificaciones en el genoma y cáncer (Legrand, 1998).

**Tabla 10.** Indicador de disposición de residuos acoplado a la dimensión ambiental

	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	FORMULA
DIMENSION ECONOMICA	Disposición de residuos	%	Producción de ceniza de cascarilla de arroz en toneladas/ disposición final a cielo abierto de ceniza de cascarilla de arroz en toneladas.

**6.2.6 Análisis de los resultados de las Encuestas.** En la consolidación de la información sociodemográfica del municipio de El Espinal, se generó una encuesta, con el fin de recolectar la información de las personas, tanto hombres como mujeres, cuyo trabajo, se encuentra relacionado a la industria arrocera, formal e informalmente. Esta encuesta fue realizada a 55 personas del municipio, utilizando un muestreo aleatorio, seleccionando este número de individuos, por ser una muestra representativa según el siguiente cálculo del tamaño de la muestra, conociendo el tamaño de la población:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra permitido

e= Error muestral deseado,

N= Tamaño de la población de confianza

z= constante que depende del nivel

p= Proporción de individuos que poseen la característica de estudio

q= Proporción de individuos que no poseen la característica en la población la

característica (q= 1-p)

$$n = \frac{55000 * 1.28^2 * 0.4 * 0.6}{8^2 * (55000 - 1) + 1.28^2 * 0.4 * 0.6} = 55$$

**Tabla 11.** constante z, según el nivel de confianza

Z	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%

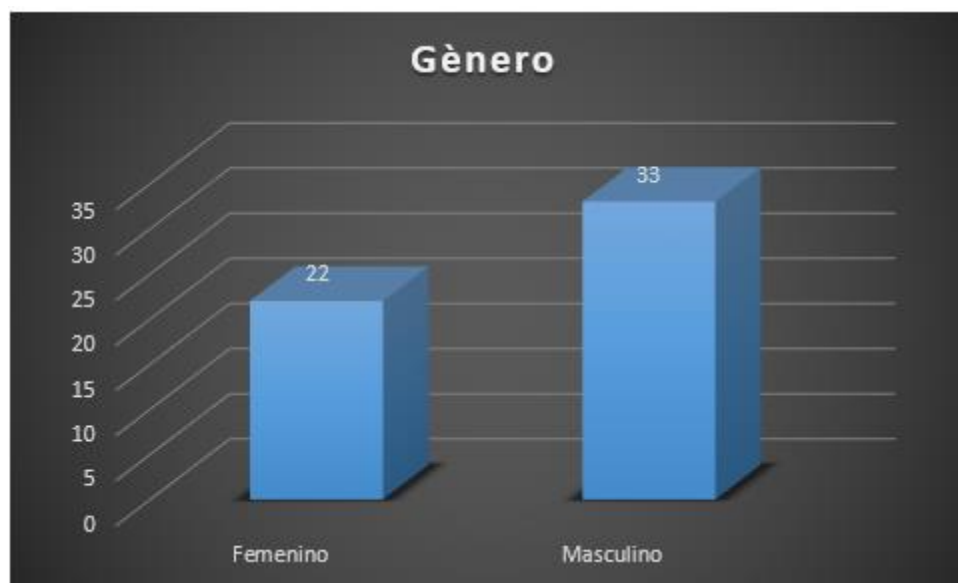
Teniendo como nivel de confianza escogido el 80%, así como un error muestral del 8% y escogiendo el valor de p y q, en proporción a las personas que puedan trabajar en el sector arrocero en El Espinal.

A continuación, se muestran los resultados y análisis respectivos de las preguntas de la encuesta implementada.

### 1. Género

**Tabla 12.** Resultados de la pregunta 1, encuesta sociodemográfica

	Género	Número individuos
1	Femenino	22
2	Masculino	33
	<b>TOTAL</b>	<b>55</b>



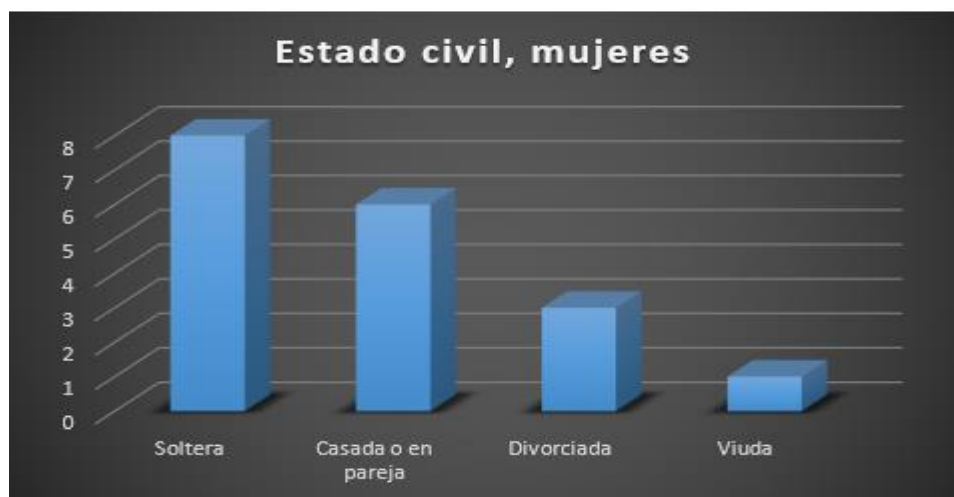
**Figura 5.** grafica de la tabla 12

En la encuesta realizada en el Municipio del Espinal-Tolima, se encuestaron 55 personas, de las cuales se obtuvo el siguiente resultado de género: 22 mujeres y 33 hombres, encontrando una dominancia en cuanto que es mayor el número de hombres, respecto al de mujeres.

## 2. Estado civil

**Tabla 13.** Resultados de la pregunta 2, mujeres, encuesta sociodemográfica

	<b>Estado civil Mujeres</b>	<b>Número individuos</b>
<b>1</b>	Soltera	8
<b>2</b>	Casada o en pareja	6
<b>4</b>	Divorciada	7
<b>5</b>	Viuda	1
	<b>TOTAL</b>	<b>22</b>

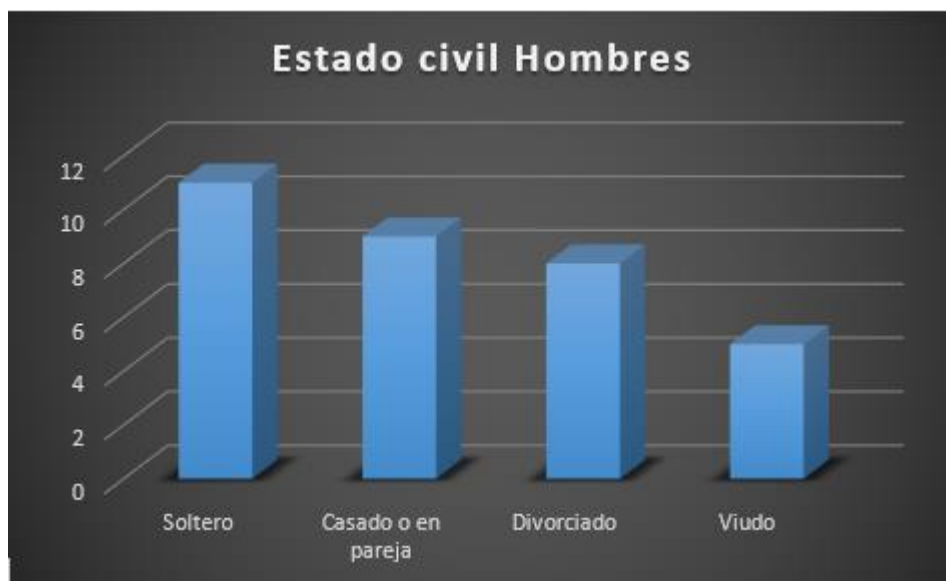


**Figura 6.** grafica de la tabla 13

En la encuesta realizada en el Municipio del Espinal-Tolima, se encuestaron 22 mujeres, el estado civil que arrojó fue 8 solteras, 6 casadas o en pareja, 7 divorciadas y 1 viuda.

**Tabla 14.** Resultados de la pregunta 2, Hombres, encuesta sociodemográfica

	<b>Estado civil Hombres</b>	<b>Número individuos</b>
<b>1</b>	Soltero	11
<b>2</b>	Casado o en pareja	9
<b>4</b>	Divorciado	8
<b>5</b>	Viudo	5
	<b>TOTAL</b>	<b>33</b>



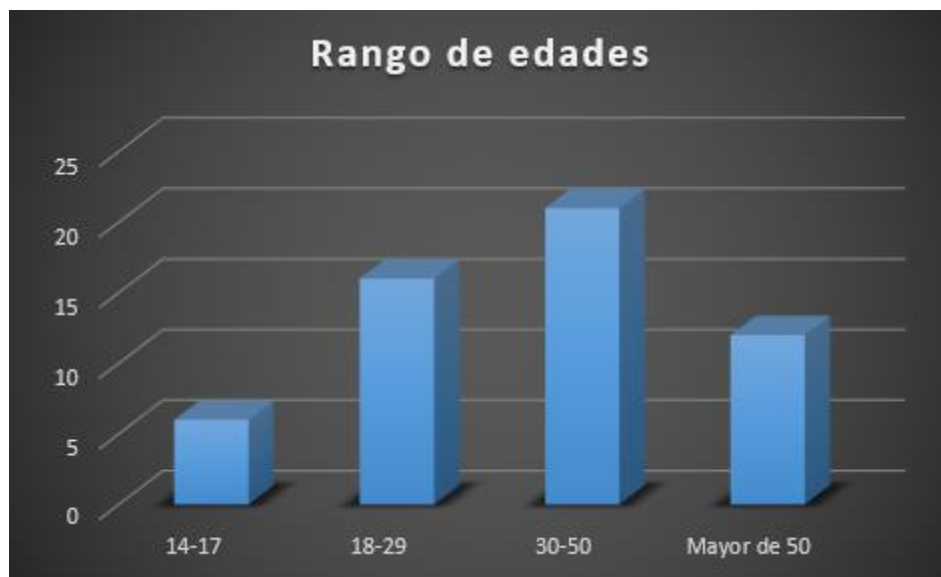
**Figura 7.** grafica de la tabla 14

En la encuesta realizada en el Municipio del Espinal-Tolima, se encuestaron 33 Hombres, el estado civil que arrojo fue 11 solteros, 9 casados o en pareja, 8 divorciados y 5 viudos.

3. ¿Qué edad tiene?

**Tabla 15.** Resultados de la pregunta 3, Hombres, encuesta rango de edad

	Rango de edad (años)	Número individuos
1	14-17	6
2	18-29	16
3	30-50	21
4	Mayor de 50	12
	<b>TOTAL</b>	<b>55</b>



**Figura 8.** grafica de la tabla 15

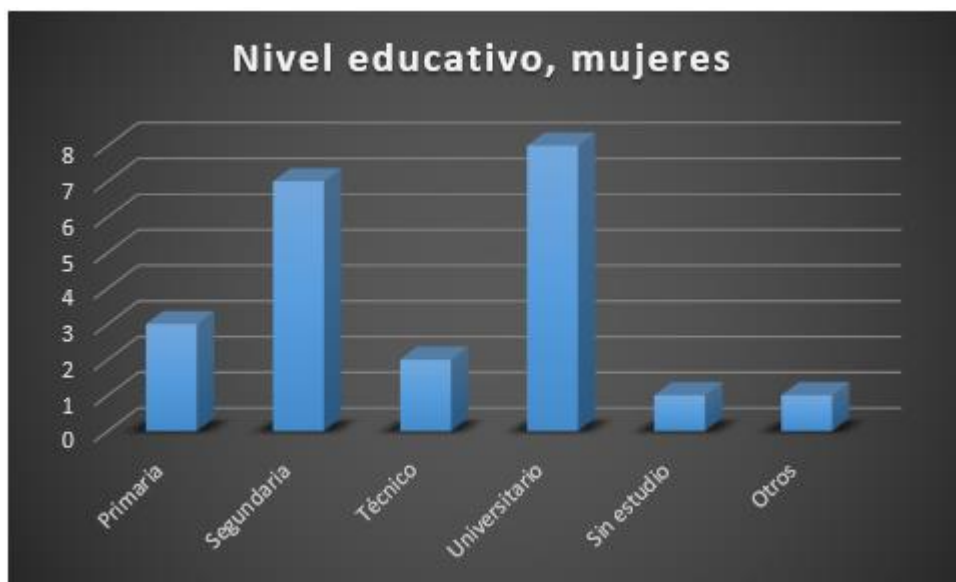
Como se puede observar, en los resultados obtenidos en esta pregunta, la mayoría de las personas encuestadas, se posicionan en el rango de edad de 30 a 50 años y el menor número de individuos se encuentra en el rango de menores de 18 años, que es un resultado obvio si se tiene en cuenta que los jóvenes en ese rango de edad se dedican a los estudios.

4. ¿Indique con una “X” el Nivel educativo con el que cuenta?

**Tabla 16.** Resultados de la pregunta 4, mujeres, encuesta sociodemográfica

	Nivel Educativo Mujeres	Número individuos
1	Primaria	3
2	Secundaria	7
3	Técnico	2
4	Universitario	8
5	Sin estudio	1
6	Otros	1

	<b>TOTAL</b>	<b>22</b>
--	--------------	-----------

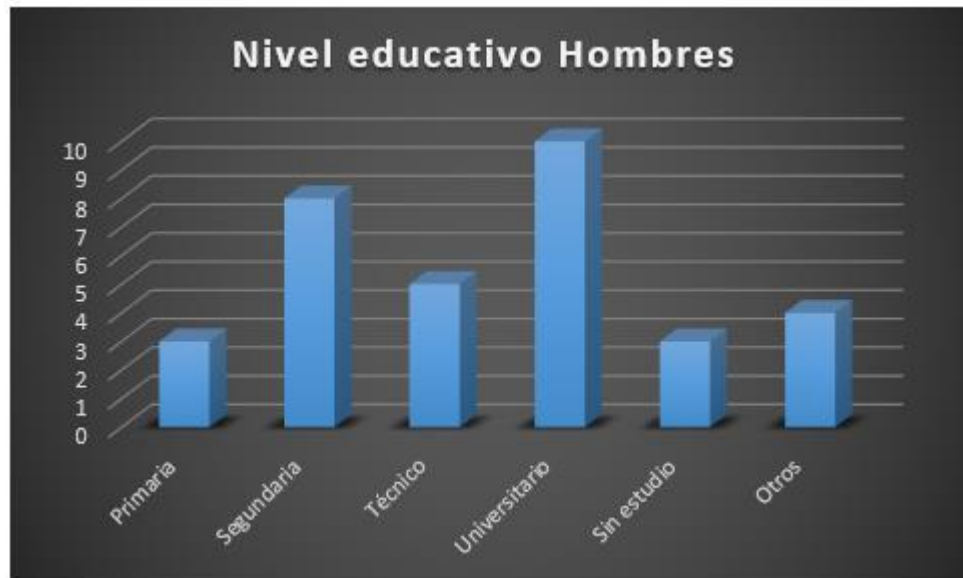


**Figura 9.** grafica de la tabla 16

En la encuesta realizada en el Municipio del Espinal-Tolima, se encuestaron 22 Mujeres, donde encontramos el nivel educativo con un valor de 3 con el nivel de primaria, 7 con el nivel de secundaria, 2 con técnicos, 8 con nivel universitario, 1 sin estudio y 1 con otro tipo de estudios.

**Tabla 17.** Resultados de la pregunta 4, hombres, encuesta sociodemográfica

	<b>Nivel Educativo Hombres</b>	<b>Número individuos</b>
<b>1</b>	Primaria	3
<b>2</b>	Secundaria	8
<b>3</b>	Técnico	5
<b>4</b>	Universitario	10
<b>5</b>	Sin estudio	3
<b>6</b>	Otros	4
	<b>TOTAL</b>	<b>33</b>



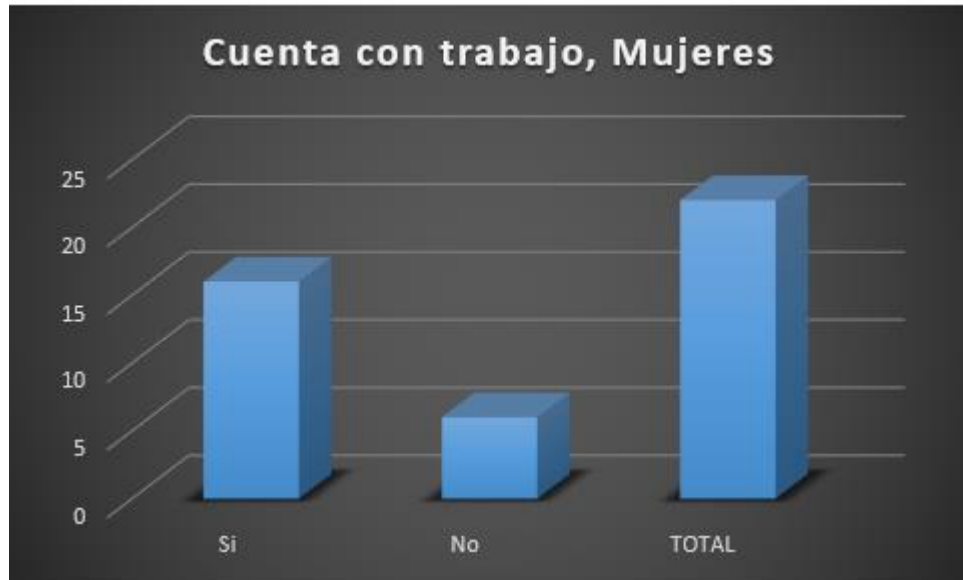
**Figura 10.** grafica de la tabla 17

De acuerdo a la encuesta realizada en el Municipio del Espinal-Tolima, se encuestaron 33 Hombres, donde encontramos el nivel educativo con un valor de 3 con el nivel de primaria, 8 con el nivel de secundaria, 5 con técnicos, 10 con nivel universitario, 3 sin estudio y 4 con otro tipo de estudios.

5. ¿Indique con una “X” actualmente usted está trabajando?

**Tabla 18.** Resultados de la pregunta 5, mujeres, encuesta sociodemográfica

	<b>Mujeres Que Trabajan</b>	<b>Número individuos</b>
<b>1</b>	Si	16
<b>2</b>	No	6
	<b>TOTAL</b>	<b>22</b>

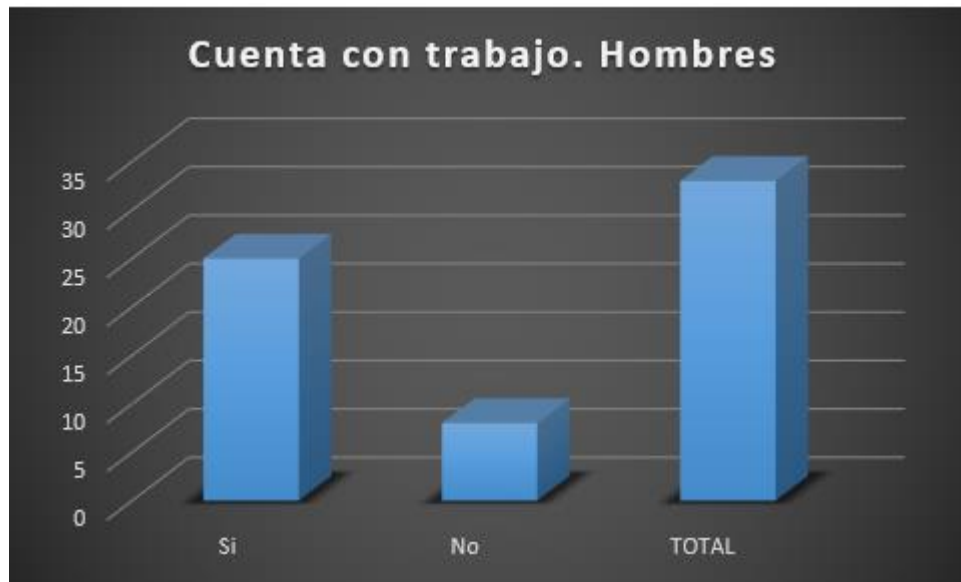


**Figura 11.** grafica de la tabla 18

De acuerdo a la encuesta realizada en el Municipio del Espinal-Tolima, se encuestaron 22 Mujeres, donde encontramos 16 que trabajan actualmente y 6 que no tienen trabajo.

**Tabla 19.** Resultados de la pregunta 5, hombres, encuesta sociodemográfica

	<b>Hombres Que Trabajan</b>	<b>Número individuos</b>
<b>1</b>	Si	25
<b>2</b>	No	8
	<b>TOTAL</b>	<b>33</b>



**Figura 12.** grafica de la tabla 19

De acuerdo a la encuesta realizada en el Municipio del Espinal-Tolima, se encuestaron 33 Hombres, donde encontramos 25 que trabajan actualmente y 8 que no tienen trabajo. Esto muestra un nivel grande de desempleo pues representa casi un tercio de la muestra poblacional masculina, por supuesto, se debe tener en cuenta, que una parte de estos son jóvenes que pueden estar estudiando actualmente.

**6.** Indique con una “X” Si Actualmente, su trabajo está relacionado en la industria arrocera

**Tabla 20.** Resultados de la pregunta 6, mujeres, encuesta sociodemográfica

	<b>Mujeres en la Industria Arrocera</b>	<b>Número individuos</b>
<b>1</b>	Si	6
<b>2</b>	No	10
	<b>TOTAL</b>	<b>16</b>



**Figura 13.** grafica de la tabla 20

De acuerdo a la encuesta realizada en el Municipio del Espinal-Tolima, se encuestaron 22 Mujeres, donde encontramos que 16 mujeres trabajan, pero solo 6 trabajan con la industria arrocera y 10 tienen otro tipo de trabajo. De esto se puede notar que más de un tercio de las mujeres trabajan en la industria arrocera.

**Tabla 21.** Resultados de la pregunta 6, hombres, encuesta sociodemográfica

	Hombres en la Industria Arrocera	Número individuos
1	Si	18
2	No	7
	<b>TOTAL</b>	<b>25</b>

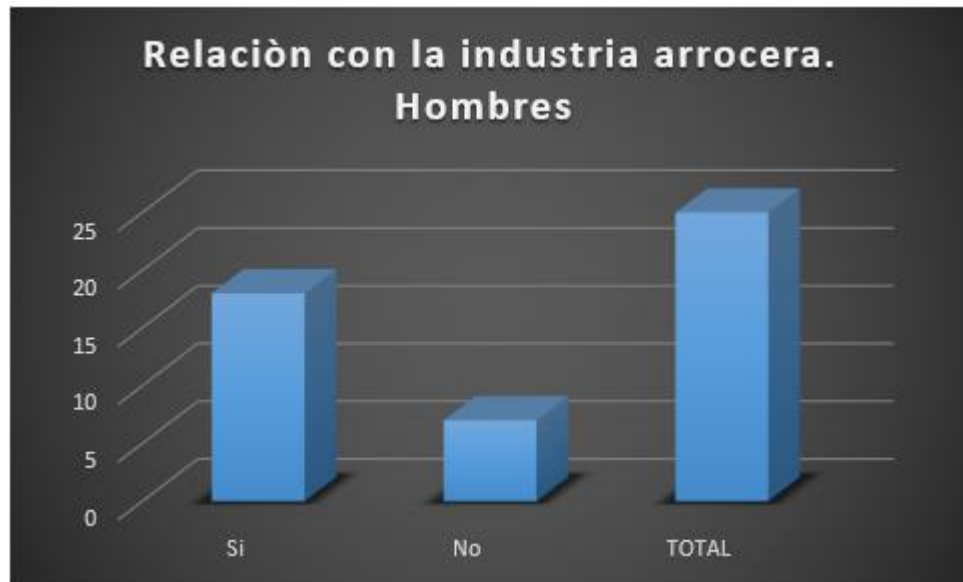


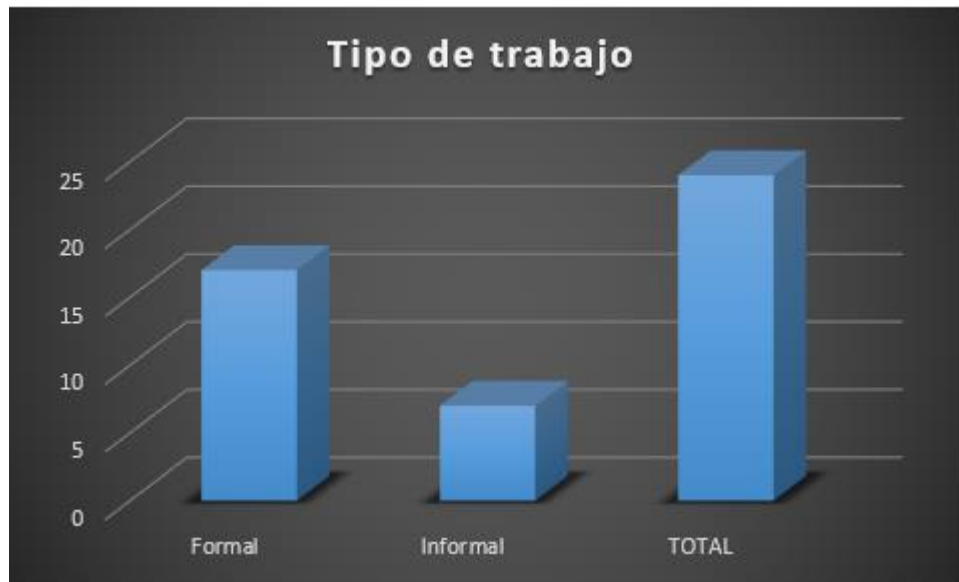
Figura 14. grafica de la tabla x

Se encuestaron 33 Hombres, encontrando que 25 Hombres trabajan, pero solo 18 trabajan con la industria arrocera y 7 tienen otro tipo de empleo. sin embargo, esto refleja que gran parte de la población concentra su sustento de esta industria, la cual muestra ser de gran importancia para el desarrollo y funcionamiento económico, esto sumado al resultado de las mujeres nos da a entender que la mayoría de los trabajos en el municipio están relacionados a la producción de arroz y actividades derivadas, esto también se debe a la naturaleza agrícola del municipio.

#### 7. ¿Qué tipo de trabajo tiene?

Tabla 22. Resultados de la pregunta 7, encuesta sociodemográfica

	Tipo de trabajo que tienen en la industria arrocera	Número individuos
1	Formal	17
2	Informal	7
	<b>TOTAL</b>	<b>24</b>



**Figura 15.** grafica de la tabla 22

De acuerdo a la encuesta realizada en el Municipio del Espinal-Tolima, se encuestaron 55 personas entre las cuales 22 son mujeres y 33 hombres, se pudo establecer que de 22 mujeres solo 6 trabajan en la industria arrocera y 18 hombres trabajan con la industria arrocera, teniendo en cuenta esta información se obtuvo que 17 personas tienen un trabajo formal y 7 tienen un trabajo informal.

8. ¿Indique con una “X que tipo de contrato maneja?

**Tabla 23. Resultados de la pregunta 8, encuesta sociodemográfica**

	<b>Tipo de contrato que manejan en la industria arrocera</b>	<b>Número individuos</b>
<b>1</b>	Fijo	5
<b>2</b>	Indefinido	8
<b>3</b>	Prestación de servicios	4
	<b>TOTAL</b>	<b>17</b>



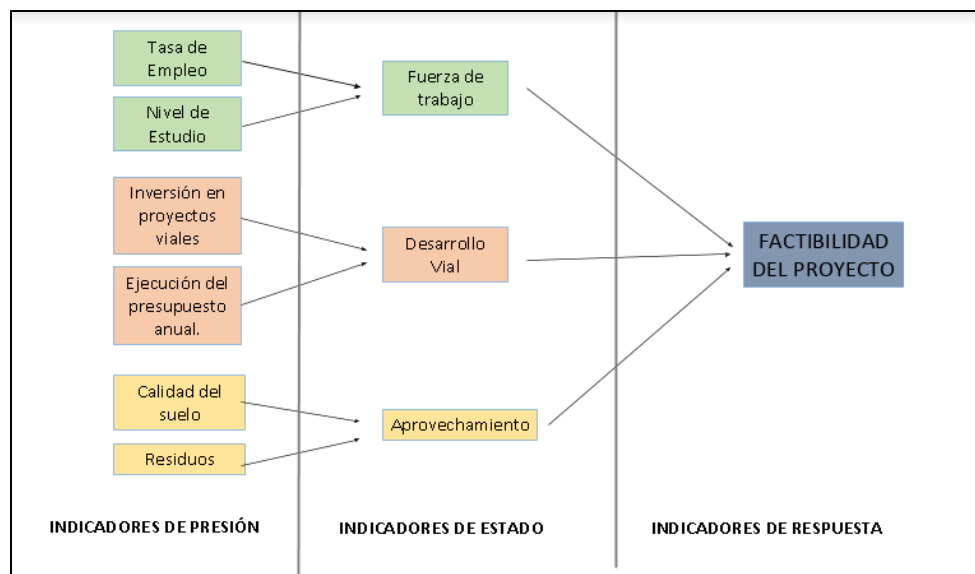
**Figura 16.** grafica de la tabla 23

De acuerdo a la encuesta realizada en el Municipio del Espinal-Tolima, se encuestaron 55 personas de las cuales, 22 son mujeres y 33 hombres, donde se estableció que de 22 mujeres solo 6 trabajan en la industria arrocera y de esos 33, solo 18 hombres trabajan con la industria arrocera. De estas 24 personas que trabajan con la industria arrocera, 17 personas cuentan con un trabajo formal, aunque solamente 5 tienen un contrato a término fijo, 8 ha término indefinido y 4 por prestación de servicios.

**6.2.7 Análisis multicriterio de los indicadores.** Las técnicas de Análisis Multi-Criterio (AMC en adelante) se establecen para dar soporte a la toma de decisiones de los gobiernos locales, donde la técnica ha sido objeto de investigaciones en diferentes áreas de conocimiento comparando alternativas, las cuales pueden ser cualitativas o cuantitativas, por medio de puntuaciones de éstas, frente a diferentes criterios (Galarza, 2011) , para efectos del proyecto se tomaran como criterios los indicadores propuestos bajo el sistema PER.

Una de las características principales de las metodologías multicriterio es la diversidad de factores que se logran integrar en el proceso de evaluación. La particularidad de cada metodología multicriterio, está en la forma de transformar las mediciones y percepciones en una escala única, de modo, de poder comparar los elementos y establecer ordenes de prioridad.

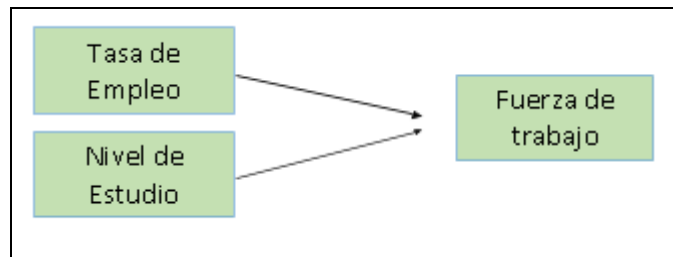
La “teoría de evaluación multicriterio” comprende en realidad un conjunto de teorías, modelos y herramientas de apoyo a la toma de decisiones, aplicable no sólo al análisis de inversiones sino a una amplia gama de problemas en la gestión pública (Arancibia , 2018) como es el modelo, la integración de los indicadores propuesto bajo lineamientos de lógica difusa con la que se establecieron simulaciones para predecir el comportamiento del indicador respuesta a partir de indicadores de presión y estado. (Ver figura 17)



**Figura 17.** Metodología propuesta de análisis multicriterio para el análisis de los indicadores de presión, estado y respuesta.

**6.2.8 Modelo difuso para la integración de los resultados.** Básicamente la Lógica Difusa es una lógica multi-evaluada que permite representar matemáticamente la incertidumbre y la vaguedad, proporcionando herramientas formales para su tratamiento. Básicamente, la identificación de la factibilidad del proyecto productivo, de esta manera se puede evaluar con un conjunto de variables de entrada (espacio de entrada), obtener un valor adecuado de variables de salida (espacio de salida). La lógica difusa permite establecer este mapeo de una forma adecuada, atendiendo a criterios de significado (y no de precisión) (González, 2010), como herramienta de apoyo, se usó el software libre FISPRO 3.5 para modelar las variables de entrada y salida para la evaluación de la factibilidad del proyecto productivo tenemos:

**6.2.8.1 Indicador Fuerza de trabajo.** La determinación de fuerza de trabajo bajo lógica difusa, se establece como, variable de salida y las variables de entrada, tasa de empleo y nivel de estudio son los datos que alimentan el conjunto de variables como se puede observar en la figura 18.



**Figura 18.** Modelo de entradas y salidas para la determinación de la fuerza de trabajo bajo el método de lógica difusa.

Para la asignación de valoraciones cualitativa y cuantitativas de las variables de entrada se tuvo en cuenta los datos obtenidos en la encuesta de los pobladores y datos del gobierno local, por lo que se establecieron rango para los tres niveles de interacción como se puede observar en la figura 19.

TASA DE EMPLEO	
Descripción	Rango
Baja	0 - 33 %
Media	27-65%
Alta	60-100%

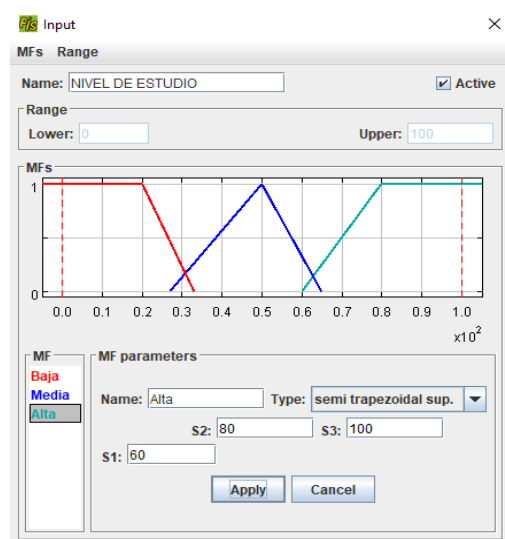
  

NIVEL DE ESTUDIO	
Descripción	Rango
Baja	0 - 33 %
Media	27-65%
Alta	60-100%

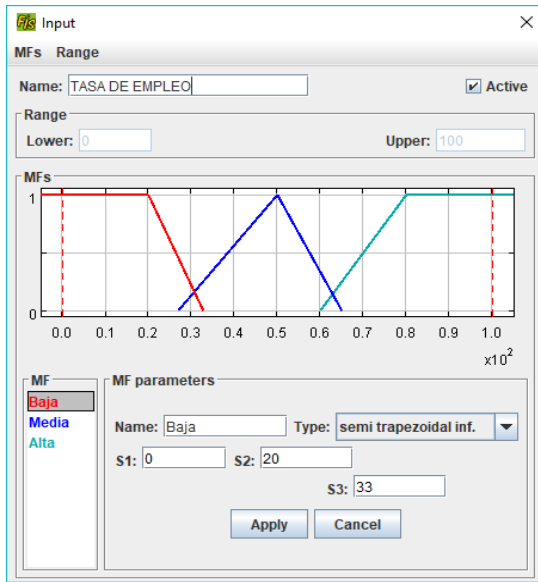
  

FUERZA DE TRABAJO	
Descripción	Rango
No calificada	0 - 33 %
Promedio	27-65%
Calificada	60-100%

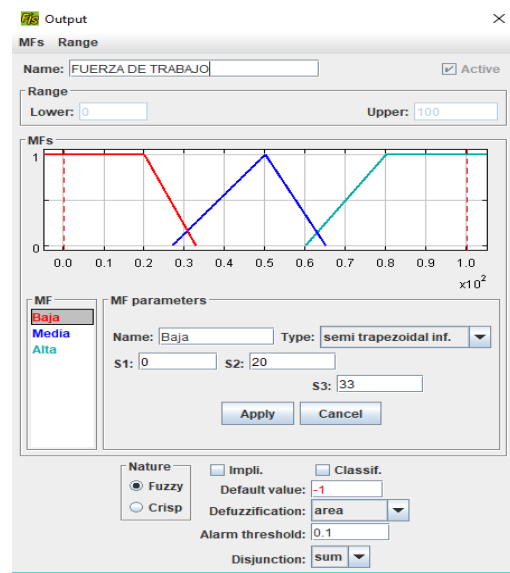
a)



b)



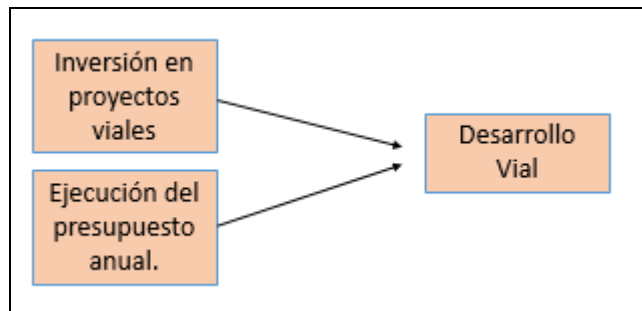
c)



d)

**Figura 19.** a) Rangos de las variables de entrada y salidas del indicador fuerza de trabajo, b) pantallazo variable nivel de estudio usando el software fispro 3.5, c) pantallazo variable de entrada tasa de empleo usando el software fispro 3.5, d) pantallazo variable salida fuerza de trabajo usando el software fispro 3.5.

**6.2.8.2 Indicador desarrollo vial.** La determinación del indicador de desarrollo vial bajo lógica difusa se establece como variable de salida y las variables de entrada inversión en proyectos viales y ejecución del presupuesto anual, son los datos que alimentan el conjunto de variables como se pueden observar en la figura 20



**Figura 20.** Modelo de entradas y salidas para la determinación del desarrollo vial bajo el método de lógica difusa.

Para la asignación de valoraciones cualitativa y cuantitativas de las variables de entrada, se tuvo en cuenta los datos del gobierno local, por

lo que se establecieron rangos para los tres niveles de interacción como se puede observar en la figura 21.

INVERSION EN PROYECTOS VIALES	
Descripcion	Rango
Minima	0 - 33 %
Proyectada	27-65%
Superior	60-100%

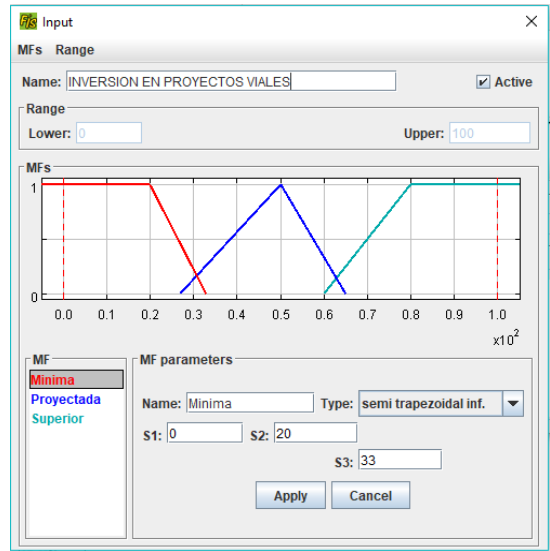
  

EJECUCION DEL PRESUPUESTO	
Descripcion	Rango
Baja	0 - 33 %
Media	27-65%
Alta	60-100%

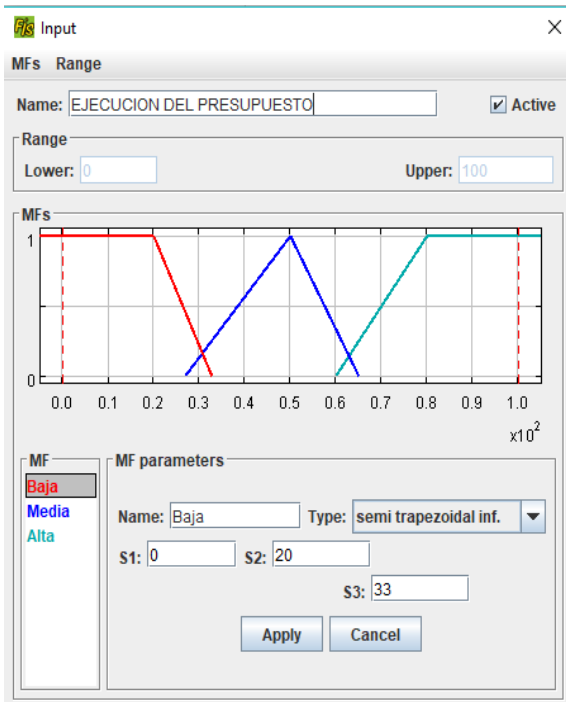
  

DESARROLLO VIAL	
Descripcion	Rango
No Acorde	0 - 33 %
Estimada	27-65%
Superior	60-100%

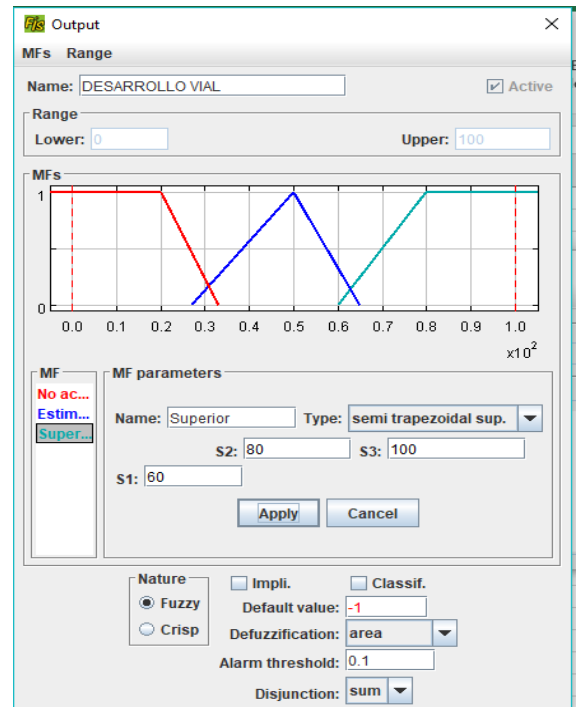
a)



b)



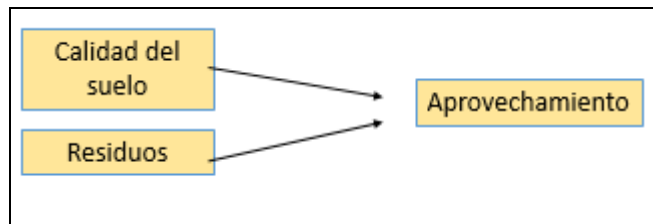
c)



d)

Figura 21. a) Rangos de las variables de entrada y salidas del indicador desarrollo vial, b) pantallazo variable inversión en proyectos viales usando el software fispro 3.5, c) pantallazo variable de entrada ejecución de proyectos usando el software fispro 3.5, d) pantallazo variable salida desarrollo vial usando el software fispro 3.5.

**6.2.8.3 Indicador aprovechamiento de residuos.** La determinación del indicador aprovechamiento de residuos bajo lógica difusa se establece como variable de salida y las variables de entrada calidad de suelo y volúmenes de residuos, son los datos que alimentan el conjunto de variables como se pueden observar en la figura 22.



**Figura 22.** Modelo de entradas y salidas para la determinación del aprovechamiento de residuos bajo el método de lógica difusa.

Para la asignación de valoraciones cualitativa y cuantitativas de las variables de entrada se tuvo en cuenta los datos del gobierno local, por lo que se establecieron rangos para los tres niveles de interacción como se puede observar en la figura 23.

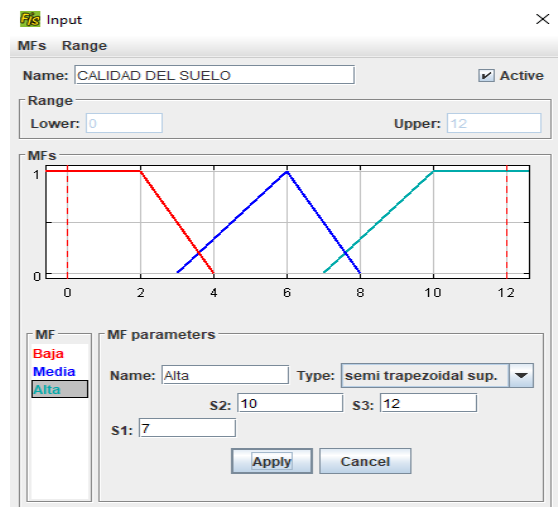
Calidad del Suelo	
Descripcion	Rango
Baja	0 -4 TON
Media	3-8 TON
Alta	7-12 TON

Residuos	
Descripcion	Rango
Baja	0 - 33 %
Media	27-65%
Alta	60-100%

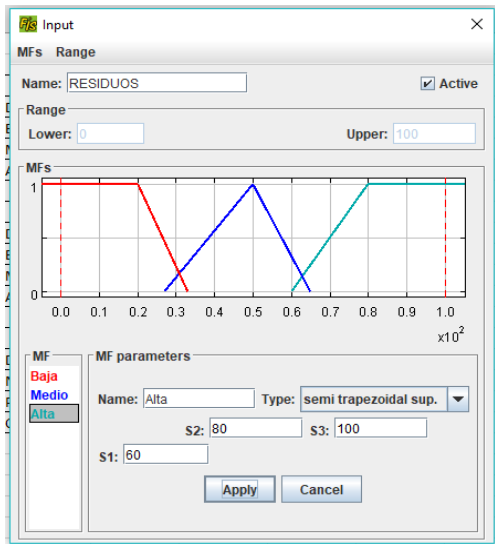
  

Aprovechamiento	
Descripcion	Rango
No óptimo	0 - 33 %
Promedio	27-65%
Óptimo	60-100%

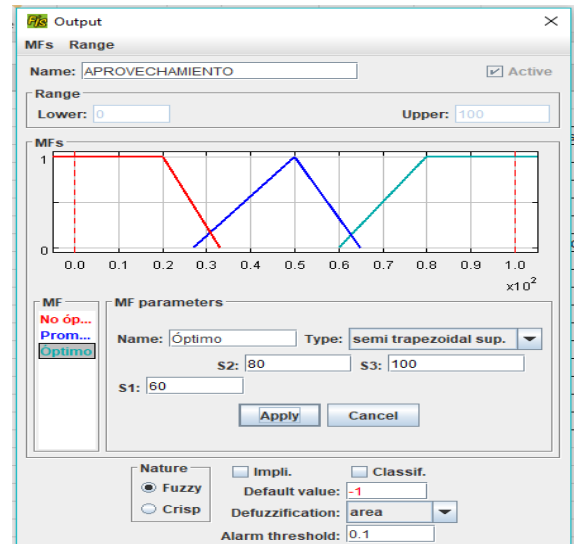


a)

b)



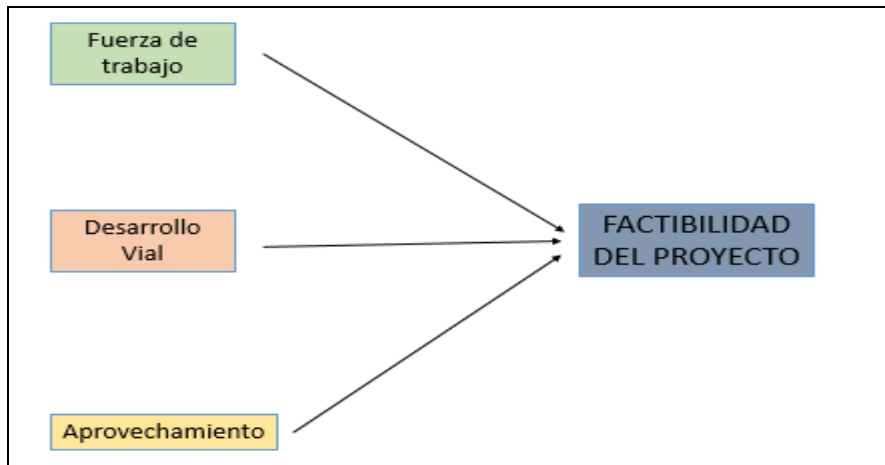
c)



d)

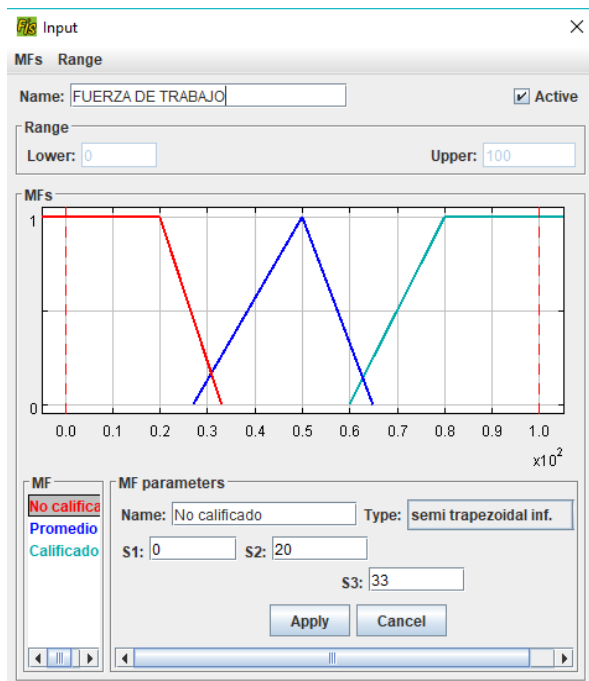
**Figura 23.** a) Rangos de las variables de entrada y salidas del indicador aprovechamiento de residuos, b) pantallazo variable de entrada calidad del suelo usando el software fispro 3.5, c) pantallazo variable de entrada residuos usando el software fispro 3.5, d) pantallazo variable salida aprovechamiento de residuos usando el software fispro 3.5.

**6.2.8.4. Indicador factibilidad del proyecto.** La determinación del indicador factibilidad del proyecto bajo lógica difusa se establece como variable de salida y las variables de entrada fuerza de trabajo, desarrollo vial y aprovechamiento de residuos, son los datos que alimentan el conjunto de variables como se puede observar en la figura 24.

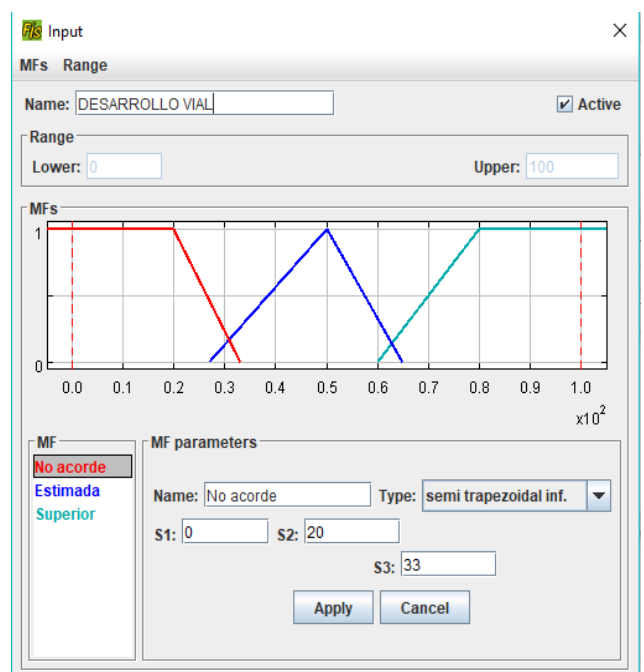


**Figura 24.** Modelo de entradas y salidas para la determinación de la factibilidad del proyecto bajo el método de lógica difusa.

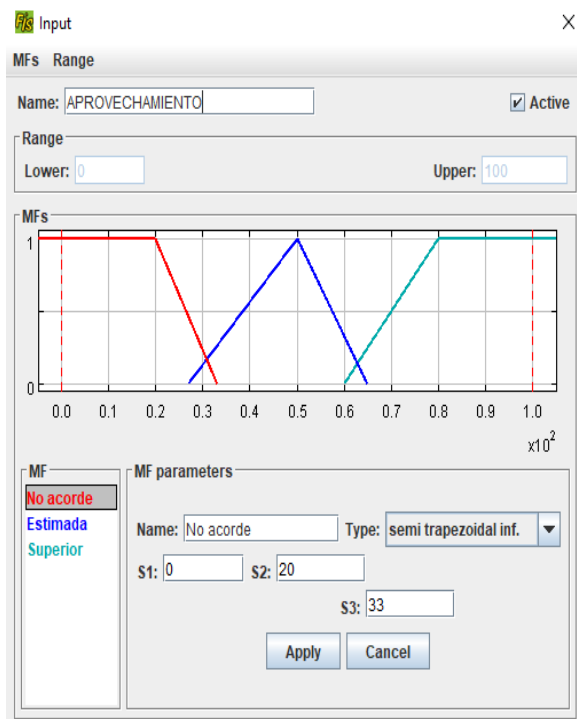
Para la asignación de valoraciones cualitativa y cuantitativas de las variables de entrada se tuvo en cuenta los datos del gobierno local, por lo que se establecieron rangos para los tres niveles de interacción como se puede observar en la figura 25.



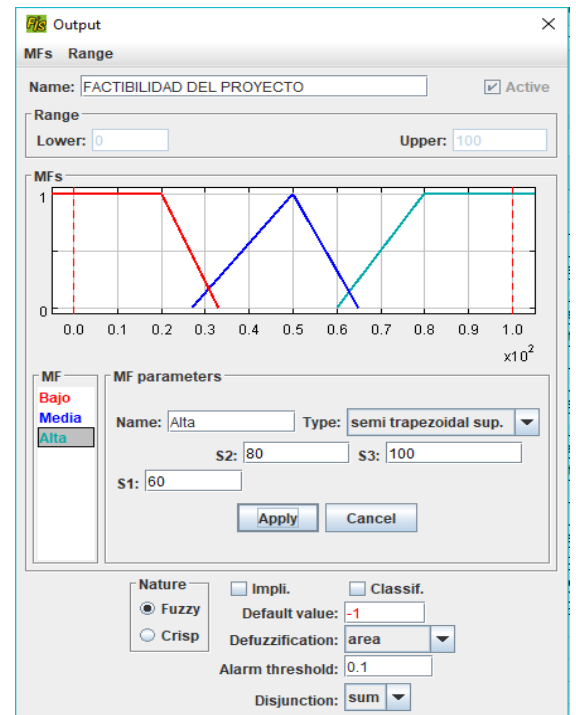
a)



b)



c)

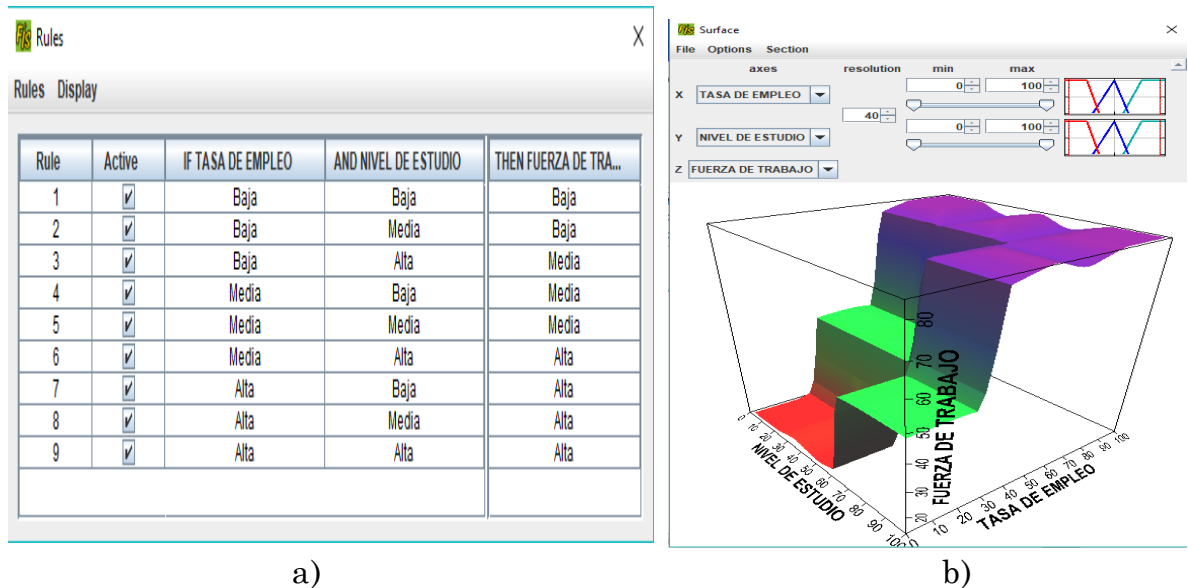


d)

**Figura 25.** a) pantallazo variable de entrada fuerza de trabajo usando el software fispro 3.5, b) pantallazo variable de entrada desarrollo vial usando el software fispro 3.5, c) pantallazo variable aprovechamiento de residuos usando el software fispro 3.5, d) pantallazo variable salida factibilidad del proyecto usando el software fispro 3.5.

**6.2.9 Análisis de los resultados de la simulación de indicadores por lógica difusa.** La condición propuesta para cada simulación de los indicadores de presión, estado y respuesta por lógica difusa permitió estructurar una serie de reglas de predicción de las variables de salidas, de las cuales se generó grafica en tres dimensiones, para una mejor interpretación de los resultados, en los indicadores de presión y estado se propusieron 2 variables de entrada que corresponden a la información recolectada para las dimensiones sociales, económicas y ambientales relacionadas con el uso potencial de la ceniza de la cascarilla de arroz en proyectos productivos; a su vez, las condiciones propuestas para el indicador de respuesta, factibilidad del proyecto presento tres variables de entrada los que permitió generar reglas de una relación 3X3X3 con una interpretación integrada de las variables que fueron relacionadas durante el desarrollo de la simulación y posibles escenarios calculados para la toma de decisiones.

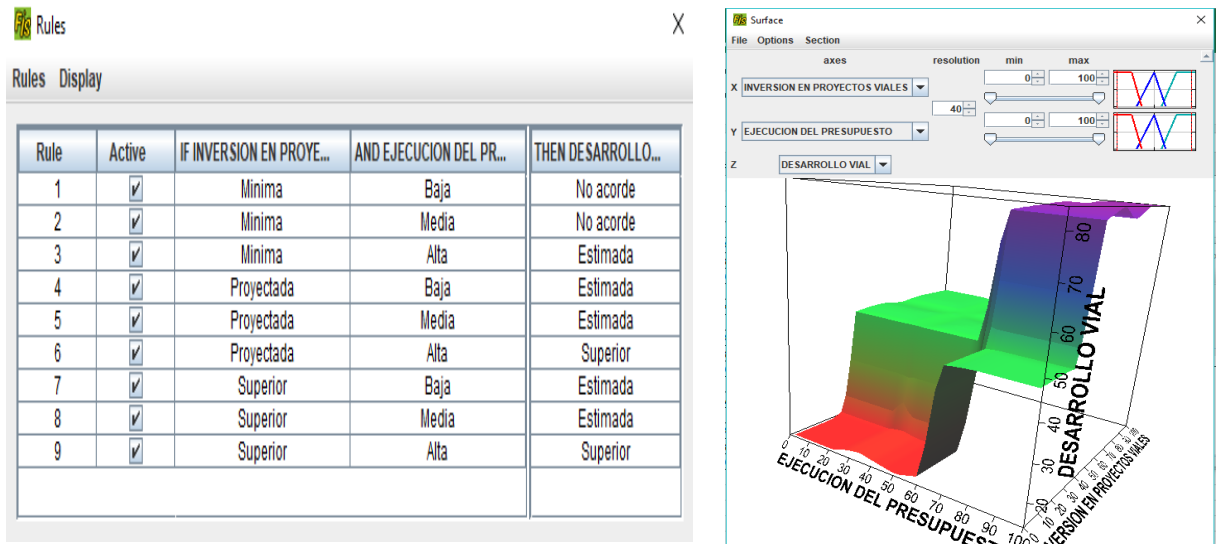
**6.2.9.1 Indicador fuerza de trabajo.** En el indicador fuerza de trabajo se establecen 9 reglas (ver figura 26 (a)) de interacción entre las variables de entrada y variables de salida con las que se reconoce el comportamiento del indicador, a partir de los rangos propuestos para cada variable de entrada y se generó la gráfica con la que se puede dar una mejor interpretación a los resultados obtenidos (ver figura 26 (b)) en esta se puede interpretar que a mayor tasa de empleo y mayor nivel de estudio se genera una relación directamente proporcional a una alta fuerza de trabajo que podría asociarse a un capital de trabajo idóneo para el desarrollo de los proyectos productivos permitiendo un alcance de las metas del programa de desarrollo del gobierno local en un tiempo significativo lo que repercute en la inclusión social de los pobladores y un aporte significativo al poder adquisitivo de la población.



**Figura 26.** a) pantallazo reglas del comportamiento difuso para la interpretación del indicador fuerza de trabajo usando el software fispro 3.5, b) grafica en 3d para la interpretación del indicador fuerza de trabajo usando el software fispro 3.5.

**6.2.9.2 Indicador Desarrollo Vial.** En el indicador desarrollo vial se establecen 9 reglas (ver figura 27 (a)) de interacción entre las variables de entrada ( inversión en proyectos viales y ejecución del presupuesto) y salida (desarrollo vial) con la que se reconoce el comportamiento del indicador a partir de los rangos propuestos para cada variable de entrada y se generó la gráfica con la que se puede dar una mejor interpretación a los resultados obtenidos, (ver figura 27 (b)) en esta se

puede interpretar que a menor inversión en proyectos viales y menor ejecución del presupuesto genera una relación directamente proporcional al indicador de desarrollo vial que podría asociarse a un escenario donde las vías y la movilidad tendrían serios inconvenientes para los alcances en las metas del programa de desarrollo del gobierno local frente a la competitividad del municipios con la zona centro del país, lo que repercute en una desaceleración de la economía local y una disminución significativa de variables sociales con tasa de empleo y una reducción significativa del poder adquisitivo de la población.



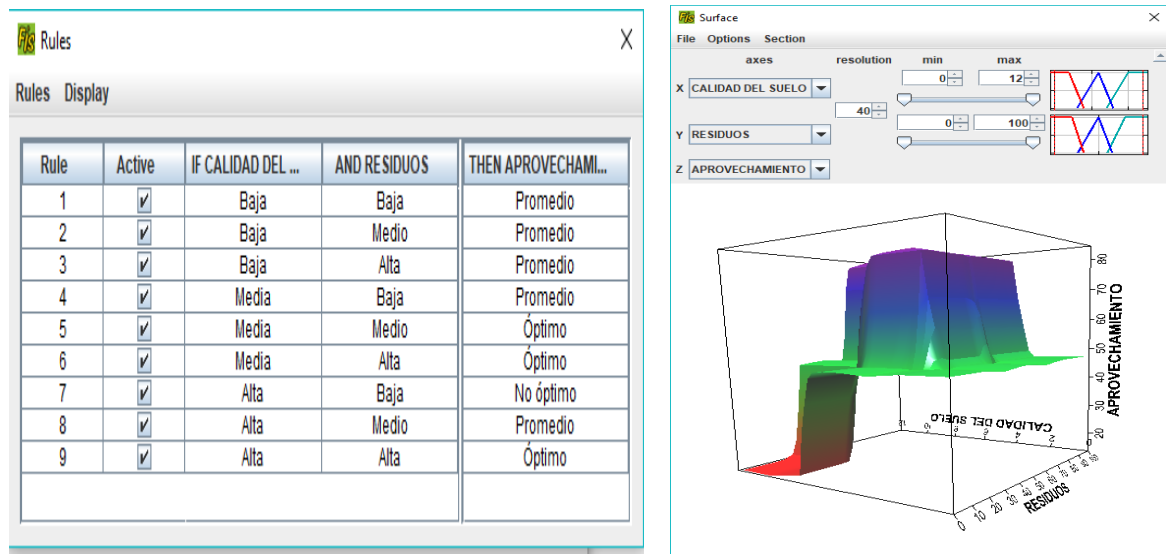
a)

b)

**Figura 27.** a) pantallazo reglas del comportamiento difuso para la interpretación del indicador desarrollo vial usando el software fispro 3.5, b) grafica en 3d para la interpretación del indicador desarrollo vial usando el software fispro 3.5.

**6.2.9.3 Indicador aprovechamiento de residuos.** En el indicador aprovechamiento de residuos se establecen 9 reglas (ver figura 28 (a)) de interacción entre las variables de entrada ( calidad de suelo y disposición de residuo) y salida (aprovechamiento de residuos) con la que se reconoce el comportamiento del indicador a partir de los rangos propuestos para cada variable de entrada y se generó la gráfica con la que se puede dar una mejor interpretación a los resultados obtenidos (ver figura 28 (b)) en esta se puede interpretar que a menor calidad del suelo y mayor disposición de residuos genera una relación inversamente proporcional al indicador de aprovechamiento de residuos que podría asociarse a un escenario donde el problema ambiental de la disposición final de la ceniza de la cascarilla de arroz genera cambios

en la calidad de suelo asociados a los cambios en las propiedades químicas, limitando la relación suelo-planta y la producción del municipio.



**Figura 28.** a) pantallazo reglas del comportamiento difuso para la interpretación del indicador aprovechamiento de residuos usando el software fispro 3.5, b) grafica en 3d para la interpretación del indicador aprovechamiento usando el software fispro 3.5

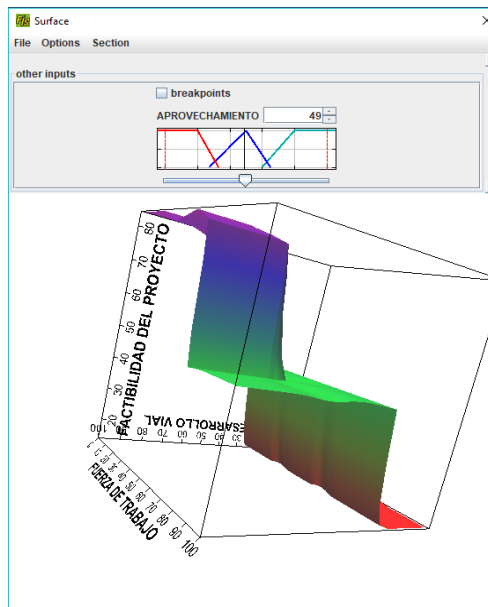
**6.2.9.4 Indicador factibilidad del proyecto.** En el indicador de factibilidad del proyecto se establecen con 27 reglas (ver figura 29 (a)) de interacción entre las variables de entrada (Fuerza de trabajo, desarrollo vial y aprovechamiento de residuos) y salida (factibilidad del proyecto) con la que se reconoce el comportamiento del indicador a partir de los rangos propuestos para cada variable de entrada y se generó la gráfica con la que se puede dar una mejor interpretación a los resultados obtenidos (ver figura 29 (b)) en esta se puede interpretar que existe una relación directamente proporcional de las variables de entrada al indicador de factibilidad del proyecto que podría asociarse a un escenario donde los problemas ambientales, el desarrollo de proyectos viales y la fuerza de trabajo podrían ser beneficiados por el uso de la ceniza de cascarilla de arroz en la modificación de concretos hidráulicos, como se puede observar en la diferentes simulaciones, donde el componentes de aprovechamiento de residuos estaría directamente ligado con la inversión estatal en los proyectos viales y la fuerza de trabajo estaría acompañando estos procesos generando un aumento de empleo en el municipio, mejorando significativamente los

indicadores para el alcance en las metas del programa de desarrollo del gobierno local frente a la competitividad, aspectos ambientales y socioeconómicos.

Rules Display

Rule	Active	IF FUERZA DE TRABAJO	AND DE SARROLLO VI...	AND APROVECHAMIE...	THEN FACTIBILIDAD DE...
1	<input checked="" type="checkbox"/>	No calificado	No acorde	No acorde	Bajo
2	<input checked="" type="checkbox"/>	No calificado	No acorde	Estimada	Bajo
3	<input checked="" type="checkbox"/>	No calificado	No acorde	Superior	Bajo
4	<input checked="" type="checkbox"/>	No calificado	Estimada	No acorde	Media
5	<input checked="" type="checkbox"/>	No calificado	Estimada	Estimada	Media
6	<input checked="" type="checkbox"/>	No calificado	Estimada	Superior	Media
7	<input checked="" type="checkbox"/>	No calificado	Superior	No acorde	Alta
8	<input checked="" type="checkbox"/>	No calificado	Superior	Estimada	Alta
9	<input checked="" type="checkbox"/>	No calificado	Superior	Superior	Alta
10	<input checked="" type="checkbox"/>	Promedio	No acorde	No acorde	Bajo
11	<input checked="" type="checkbox"/>	Promedio	No acorde	Estimada	Bajo
12	<input checked="" type="checkbox"/>	Promedio	No acorde	Superior	Media
13	<input checked="" type="checkbox"/>	Promedio	Estimada	No acorde	Media
14	<input checked="" type="checkbox"/>	Promedio	Estimada	Estimada	Media
15	<input checked="" type="checkbox"/>	Promedio	Estimada	Superior	Alta
16	<input checked="" type="checkbox"/>	Promedio	Superior	No acorde	Alta
17	<input checked="" type="checkbox"/>	Promedio	Superior	Estimada	Alta
18	<input checked="" type="checkbox"/>	Promedio	Superior	Superior	Alta
19	<input checked="" type="checkbox"/>	Calificado	No acorde	No acorde	Bajo
20	<input checked="" type="checkbox"/>	Calificado	No acorde	Estimada	Bajo
21	<input checked="" type="checkbox"/>	Calificado	No acorde	Superior	Bajo
22	<input checked="" type="checkbox"/>	Calificado	Estimada	No acorde	Media
23	<input checked="" type="checkbox"/>	Calificado	Estimada	Estimada	Media
24	<input checked="" type="checkbox"/>	Calificado	Estimada	Superior	Alta
25	<input checked="" type="checkbox"/>	Calificado	Superior	No acorde	Media
26	<input checked="" type="checkbox"/>	Calificado	Superior	Estimada	Media
27	<input checked="" type="checkbox"/>	Calificado	Superior	Superior	Alta

a)



b)

Figura 29. a) pantallazo reglas del comportamiento difuso para la interpretación del indicador factibilidad del proyecto usando el software fispro 3.5, b) grafica en 3d para la interpretación del indicador factibilidad del proyecto usando el software fispro 3.5

## 7. CONCLUSIONES

En la consolidación de los resultados de los diferentes documentos de revisión trabajo de grado y artículos relacionados con la modificación de concretos hidráulicos con ceniza proveniente de la cascarilla de arroz, se puede inferir que la adición en promedio del 1% en volumen con relación a los agregados generan un aumento en promedio del 10% de la resistencia a compresión, proceso que puede estar asociado a la composición química de la ceniza, donde el silicio es uno de los elementos abundantes y es considerando como una sustancia cohesiva de los conglomerados, de tal manera que puede ser importante en los cambios que presenta el concreto modificado con relación al convencional.

La cascarilla de arroz es un residuo el cual se acumula o se incinera, ocasionando gran afectación a las fuentes hídricas cercanas, y cambios en las propiedades del suelo por lo que se hace necesario promover el uso de la ceniza en proyectos productivos, lo que genera un impacto directo frente a los indicadores sociales y económicos de la población y lo que es un aporte significativo al plan de desarrollo propuesto por el gobierno local.

El análisis multicriterio a partir de la lógica difusa permite dimensionar de forma integrada los indicadores sociales, económicos y ambientales, para la toma de decisiones frente al uso de la ceniza de la cascarilla de arroz; en razón a ello, se pudo inferir que existe una relación directamente proporcional de las variables fuerza de trabajo, desarrollo vial y aprovechamiento de residuos en la factibilidad del desarrollo del proyecto que podría asociarse a un escenario donde su promoción reduce significativamente los impactos ambientales de la disposición final, a su vez; el gobierno local puede generar incentivos para la producción de concreto hidráulicos modificados de acuerdo a las estimaciones de producción en toneladas que fueron objeto de esta investigación.

## 8. RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar la evaluación periódica de los indicadores ambientales, económicos y sociales generados en la presente investigación, lo que permitiría alimentar el análisis multicriterio con lógica difusa, en relación a la complejidad que existe para integrar los indicadores desde su linealidad.
  
- ❖ Promover con el gobierno local incentivos que permitan el uso masivo de la ceniza de cascarilla de arroz como agente modificador de concretos hidráulicos, orientando los proyectos de obras civiles público al uso de concretos modificado, lo que reduciría significativamente la disposición final de la ceniza en relación al proceso que se viene dando actualmente en el municipio.
  
- ❖ Proponer la inclusión del uso de la ceniza de cascarilla de arroz en los documentos públicos de orden ambiental, promoviendo la ecología industrial y desarrollo sostenible del municipio, ya que, durante el desarrollo de esta investigación, documentos como el plan básico de ordenamiento territorial, agenda ambiental y plan de desarrollo, en ninguno de sus apartados establecen este tipo de propuestas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía del Espinal. (2001). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial*. Obtenido de [www.elespinal-tolima.gov.co/Nuestros\\_planes.shtml+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=co](http://www.elespinal-tolima.gov.co/Nuestros_planes.shtml+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=co)
- Alcaldía de Medellín. (2007). *Gestión de implementación y seguimiento Sistema de indicadores*. Obtenido de <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Plan%20de%20Desarrollo/Secciones/Información%20General/Documentos/POT/sistemaDeIndicadoresPOT.pdf>
- Banco de la República. (2013). *Tasas de empleo y Desempleo*. Obtenido de <http://www.banrep.gov.co/es/tasas-empleo-y-desempleo>
- Castro, H. (1996). *Bases técnicas para el conocimiento y manejo de los suelos del Valle cálido del Alto Magdalena*. Tunja, Boyacá: Corpoica.
- CEPAL. (1986). *La Dimensión Ambiental del Desarrollo y su Planificación*. Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/28257/S30131%20U92\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/28257/S30131%20U92_es.pdf)
- Cifuentes, A. (1996). *Boletín de Arqueología*. Santafé de Bogotá: Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales.
- Delgado, O. (2001). *Espacio y Territorios: Razón, Pasión e Imaginarios*. Bogotá: Unilibros.
- FEDEARROZ. (2010). *Evaluación socioeconómica de la cadena productiva del arroz en Colombia*. produmedios: Bogotá.
- García, Y. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 125-138.
- Gobernación del Tolima. (2014). *Observatorio de turismo del Tolima*. Obtenido de [http://tolimaturismo.gov.co/observatorio/images/municipios\\_pdf/ESPINAL.pdf](http://tolimaturismo.gov.co/observatorio/images/municipios_pdf/ESPINAL.pdf)
- Instituto SINCHI. (2018). *Procesos de Análisis Considerados en la Dimensión Social*. Obtenido de <https://www.sinchi.org.co/inirida/dimension-social>
- Kalmanovitz, S. (1994). *Transformación en la estructura agraria*. Santafé de Bogotá: Tercer mundo editores.

- Lefebvre, H. (1974). *La producción del espacio*. Madrid: Capitán Swing.
- López, M. (2010). Sistema de indicadores económicos y sociales: la importancia del análisis integrado . *Centro de Investigación, Seguimiento y Monitoreo del Desarrollo* , 1-21.
- Mahecha, D. (2003). *Debates sobre el espacio en la geografía contemporánea*. Bogotá: Unilibros.
- Meertens, D. (2003). *Ensayos sobre tierras, violencia y género*. Bogotá: CES.
- Mesa, L. (1991). Efectos de la aplicación de ceniza pe cascarilla de arroz en la composición química y mineralógica de dos Oxisoles de Colombia. *Agronomía Colombiana*, 322-335.
- MINTIC. (2010). *El espinal*. Obtenido de Observatorio del Tolima: <http://www.observatoriosocialdeltolima.gov.co/index.php?content=noticias>
- Montero, A. (2014). Una aproximación a los cambios en el paisaje en el Valle Central de Costa Rica (1820-1900). *HALAC. , III(2)*, 276-309.
- Palacios, F. (1998). Modelos explicativos del espacio geografico latinoamericano: el caso del departamento del Tolima en Colombia. *Logos*, 165-182.
- Velez, A. (2005). *Biblioteca del Banco de la Republica*. Pereira: Papiro. Obtenido de Cartago, Pereira, manizales: cruce de caminos historicos.

## ANEXO 1

### ENCUESTA A POBLADORES DEL MUNICIPIO DE EL ESPINAL

**ENCUESTA SOCIAL EN EL MUNICIPIO DE EL ESPINAL- TOLIMA**

- Esta encuesta se realizó a \_\_\_\_\_.  
Marque con una X

1. Sexo.  
Femenino \_\_\_\_ Masculino \_\_\_\_
2. ¿Indique con una "X" Estado civil?  
Soltero \_\_\_\_ Casado \_\_\_\_ Divorciado/a o separado/a \_\_\_\_  
Casado/a o en pareja \_\_\_\_ Viudo \_\_\_\_
3. ¿Edad?  
\_\_\_\_ Años.
4. ¿Indique con una "X" el Nivel educativo con el que cuenta?  
Primaria \_\_\_\_ secundaria \_\_\_\_ Técnico \_\_\_\_ Universitario \_\_\_\_  
Sin estudios \_\_\_\_ Otros \_\_\_\_
5. ¿Indique con una "X" actualmente usted está trabajando?  
Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
6. ¿Indique con una "X" Si Actualmente está relacionado en la industria arrocera?  
Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_
7. ¿Qué tipo de trabajo tiene?  
Formal \_\_\_\_ Informal \_\_\_\_
8. ¿Indique con una "X" que tipo de contrato maneja?  
Fijo \_\_\_\_ Indefinido \_\_\_\_ Prestación de servicios \_\_\_\_

Gracias por la atención prestada durante la realización de esta encuesta de orden social.