

UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Capacidad adaptativa de los sistemas sociales ante la pérdida o deterioro de los servicios ecosistémicos**

**Sindy Milet Marsiglia Rivera**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas

Medellín, Colombia

2017



# **Capacidad adaptativa de los sistemas sociales ante la pérdida o deterioro de los servicios ecosistémicos**

**Sindy Milet Marsiglia Rivera**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Medio Ambiente y Desarrollo**

Directora:

Ph.D. Clara Inés Villegas Palacio

Codirectora:

MSc. Lina Berrouet Cadavid

Línea de Investigación:

Servicios ecosistémicos

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas

Medellín, Colombia

2017



*A Dios.*

*A mis padres por ser mi motor para seguir y a ti mi amor por cada palabra de aliento, amor y apoyo incondicional.*



## **Agradecimientos**

Mi mayor agradecimiento es a Dios, quien ha hecho que todo suceda conforme a su voluntad.

A mi directora, la profesora Clara Inés Villegas y codirectora, la profesora Lina María Berrouet por todo el acompañamiento, sus valiosos aportes, su direccionamiento y paciencia en este proceso de aprendizaje. Muchas gracias.

Al programa Gestión del Riesgo Asociado al Cambio Climático en Cuencas Hidrográficas, financiado por COLCIENCIAS, gracias a su apoyo hoy se presenta esta investigación.

A las compañeras de trabajo (Ingrid, Connie) por el apoyo mutuo en la recolección de la información en campo. A Jenny Machado por su colaboración con la cartografía de la zona.

A todas las personas en la cuenca de los Ríos Grande y Chico que hicieron posible que este proyecto fuera realidad, pues son la esencia de esta investigación. Gracias por su disponibilidad y amabilidad en todo el proceso de recolección de información.



## Resumen

La capacidad adaptativa incide en la vulnerabilidad del sistema social y se define como la capacidad de respuesta del sistema ante una amenaza como puede ser las alteraciones en la oferta y entrega de servicios ecosistémicos (SE). El presente estudio construye un índice de capacidad adaptativa (CA) frente a la pérdida o deterioro de SE. Para la estimación de la CA se evaluaron 16 variables sintetizadas en seis categorías que previamente fueron validadas con un grupo de expertos en el tema. Las variables fueron evaluadas en diez tipos de perfiles de beneficiarios identificados en relación con los SE provisión de agua y control de erosión en la cuenca de los Ríos Grande y Chico ubicada al norte de Antioquia, Colombia. El índice se construye con ponderación obtenida en la consulta a expertos y por análisis de componentes principales (ACP) con el fin de analizar su robustez. Se obtienen dos índices por ACP y uno por ponderación de expertos. En los tres índices las variables eficiencia institucional, distribución de la información, tecnología e innovación y conocimiento ecológico local fueron los principales factores que determinaron la CA de los beneficiarios de SE.

**Palabras clave:** Servicios ecosistémicos, capacidad adaptativa, beneficiarios, índice.

## Abstract

Adaptive capacity is a factor that affects the vulnerability of the social system and is defined as the system's capacity to respond to a threat such as alterations in the supply and delivery of ecosystem services (ES). The present study builds an adaptive capacity index (AC) against the loss or deterioration of ES. For the estimation of the AC, 16 variables synthesized in six categories that were previously validated with a group of experts in the subject were evaluated. The variables were evaluated in ten types of beneficiary profiles identified in relation to the ES water supply and erosion control in the Ríos Grande and Chico basin located north of Antioquia, Colombia. The index is constructed with weighting obtained in the consultation of experts and by analysis of main components (ACP) in order to analyze its robustness. Two indices are obtained by ACP and one by expert weighting. In all three indexes, the variables institutional efficiency, information distribution, technology and innovation and local ecological knowledge were the main factors that determined the AC of the ES beneficiaries.

**Keywords:** Ecosystem services, adaptive capacity, beneficiary, index.



# Contenido

	Pág.
<b>Resumen .....</b>	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>XVI</b>
<b>Lista de abreviaturas .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Marco teórico .....</b>	<b>5</b>
1.1 Servicios de los ecosistemas .....	5
1.2 Sistemas socio-ecológicos .....	6
1.3 Riesgo y Vulnerabilidad.....	8
1.3.1 Capacidad adaptativa.....	9
1.4 Índices ambientales.....	10
1.4.1 Índices de capacidad adaptativa en sistemas sociales.....	11
<b>2. Metodología.....</b>	<b>13</b>
2.1 Zona de estudio.....	13
2.2 Descripción de categorías y variables a incluir en el índice de CA.....	16
2.2.1 Categorías Identificadas.....	16
2.2.2 Variables identificadas.....	17
2.3 Estimación del índice de capacidad adaptativa en servicios ecosistémicos. .	31
2.3.1 Consulta a expertos.....	32
2.3.2 Definición de las ponderaciones en el índice. ....	33
2.3.3 Análisis de componentes principales.....	35
2.4 Recolección de la información y características de la muestra.....	36
2.4.1 Fase 1.....	36
2.4.2 Fase 2.....	38
2.4.3 Fase 3.....	40
2.5 Análisis.....	41
<b>3. Resultados .....</b>	<b>43</b>
3.1 Perfiles de beneficiarios identificados en la cuenca de los Ríos Grande y Chico	43
3.2 Identificación de las categorías y variables dentro del Índice de CA .....	45
3.3 Estadísticas descriptivas .....	47
3.3.1 Análisis de variables entre perfiles.....	48
3.3.2 Estadísticas en los municipios. ....	56

3.4	Ponderación de las categorías y variables en la construcción del índice ponderado por expertos. ....	61
3.5	Índice de Capacidad adaptativa en servicios ecosistémicos con ponderación de expertos .....	64
3.6	Índice de Capacidad adaptativa utilizando ACP en cada categoría .....	69
3.7	Índice de CA utilizando ACP sin categorías. ....	77
<b>4.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>83</b>
<b>5.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>87</b>
5.1	Conclusiones .....	87
5.2	Recomendaciones.....	88
<b>A.</b>	<b>Anexo 1: Encuesta a expertos.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>B.</b>	<b>Anexo 2: Descripción de los encuestados.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>C.</b>	<b>Anexo 3. Descripción taller de priorización de servicios ecosistémicos.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>D.</b>	<b>Anexo 4. Entrevista beneficiarios.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>E.</b>	<b>Anexo 5: Beneficiarios participantes en la investigación. ....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
	<b>Anexo 6: Distribución de frecuencia del <i>ICAse</i> – <i>expertos</i> por perfil de beneficiario.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>F.</b>	<b>Anexo 7: Distribución de los beneficiarios en el <i>ICAse</i> – <i>ACPcat</i> por perfil de beneficiario.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>G.</b>	<b>Anexo 8: Distribución de los beneficiarios en el <i>ICAse</i> – <i>ACP</i> por perfil de beneficiario. ¡Error! Marcador no definido.</b>	
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>91</b>

## Lista de figuras

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Mapa de la zona de estudio. ....	14
<b>Figura 2.</b> Núcleos y veredas seleccionadas por cada núcleo de trabajo. ....	40
<b>Figura 3.</b> Evaluación de la variable Mecanismos de conservación en los diez perfiles de beneficiarios identificados en la cuenca de los Ríos Grande y Chico. ....	48
<b>Figura 4.</b> Evaluación de la variable Acceso a servicios en los diez perfiles identificados. ....	49
<b>Figura 5.</b> Evaluación de la variable Nivel de educación en los diez perfiles identificados. ....	50
<b>Figura 6.</b> Evaluación de la variable Organización de la comunidad en los diez perfiles identificados. ....	50
<b>Figura 7.</b> Evaluación de la variable Nivel de ingresos en los diez perfiles identificados..	51
<b>Figura 8.</b> Evaluación de la variable Relación institución-Beneficiario en los diez perfiles. ....	52
<b>Figura 9.</b> Evaluación de la variable Conocimiento del fenómeno en los diez perfiles identificados. ....	52
<b>Figura 10.</b> Evaluación de la variable Conocimiento ecológico local en los diez perfiles identificados. ....	53
<b>Figura 11.</b> Evaluación de la variable Accesibilidad a recursos biológicos en los diez perfiles identificados. ....	54
<b>Figura 12.</b> Evaluación de la variable Tecnología e innovación en los diez perfiles identificados. ....	54
<b>Figura 13.</b> Evaluación de la variable Diversificación de actividades en los diez perfiles identificados. ....	55
<b>Figura 14.</b> Evaluación de la variable dependencia del SE en los diez perfiles. ....	56
<b>Figura 15.</b> Evaluación de las variables Eficiencia institucional y Distribución de la información en los cinco municipios de la zona de estudio. ....	57
<b>Figura 16.</b> Evaluación de la variable Infraestructura a nivel municipal. ....	58
<b>Figura 17.</b> Evaluación de la variable Nivel de educación a nivel municipal. ....	58
<b>Figura 18.</b> Evaluación de la variable Mecanismos de conservación a nivel municipal. ...	59
<b>Figura 19.</b> Evaluación de la variable Nivel de ingresos a nivel municipal. ....	60
<b>Figura 20.</b> Evaluación de la variable Conocimiento del fenómeno a nivel municipal. ....	60
<b>Figura 21.</b> Evaluación de la variable Conocimiento ecológico local a nivel municipal. ....	61
<b>Figura 22.</b> Distribución de frecuencia de los beneficiarios del perfil B4 en valores del índice. ....	66

<b>Figura 23.</b> Distribución de frecuencia de los beneficiarios del perfil B5 en valores del índice.....	67
<b>Figura 24.</b> Matriz de correlaciones de las variables de CA en la cuenca de los Ríos Grande y Chico. ....	70
<b>Figura 25.</b> Distribución de frecuencia de los beneficiarios del perfil B4 en los valores del <i>ICAse – ACPcat</i> .....	74
<b>Figura 26.</b> Distribución de frecuencia de los beneficiarios del perfil B5 en los valores del índice <i>ICAse – ACPcat</i> .....	75
<b>Figura 27.</b> Distribución de frecuencia de los beneficiarios del perfil B4 en los valores del <i>ICAse – ACP</i> .....	81
<b>Figura 28.</b> Distribución de frecuencias del <i>ICAse – expertos</i> para perfil PB6 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 29.</b> Distribución de frecuencias del índice <i>ICAse – expertos</i> para perfil PB16 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 30.</b> Distribución de frecuencias del <i>ICAse – expertos</i> para perfil PB24 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 31.</b> Distribución de frecuencias del <i>ICAse – expertos</i> para perfil PB29 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 32.</b> Distribución de frecuencias del <i>ICAse – expertos</i> para perfil PB30 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 33.</b> Distribución de frecuencias del <i>ICAse – expertos</i> para perfil PB31 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 34.</b> Distribución de frecuencias del <i>ICAse – expertos</i> para perfil PB32 .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 35.</b> Distribución de frecuencias del <i>ICAse – ACPcat</i> para perfil PB6.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 36.</b> Distribución de frecuencias del <i>ICAse – ACPcat</i> para perfil PB16.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 37.</b> Distribución de frecuencias del <i>ICAse – ACPcat</i> para perfil PB24.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 38.</b> Distribución de frecuencias del <i>ICAse – ACPcat</i> para perfil PB29.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 39.</b> Distribución de frecuencias del <i>ICAse – ACPcat</i> para perfil PB30.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 40.</b> Distribución de frecuencias del <i>ICAse – ACPcat</i> para perfil PB31.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 41.</b> Distribución de frecuencias del <i>ICAse – ACPcat</i> para perfil PB32.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 42.</b> Distribución de frecuencias del <i>ICAse – ACP</i> para perfil PB5 .	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figura 43.</b> Distribución de frecuencias del <i>ICAse – ACP</i> para perfil PB6 .	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

**Figura 44.** Distribución de frecuencias del ICAsE – ACP para perfil PB16 ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 45.** Distribución de frecuencias del ICAsE – ACP para perfil PB24 ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 46.** Distribución de frecuencias del ICAsE – ACP para perfil PB29 ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 47.** Distribución de frecuencias del ICAsE – ACP para perfil PB30 ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 48.** Distribución de frecuencias del ICAsE – ACP para perfil PB31 ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 49.** Distribución de frecuencias del ICAsE – ACP para perfil PB32 ¡Error! Marcador no definido.

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Clasificación de los Servicios Ecosistémicos según la MEA (2005).....	6
<b>Tabla 2.</b> Distribución de áreas por municipio dentro de la cuenca de los Ríos Grande y Chico. ....	15
<b>Tabla 3.</b> Escala de calificación de Mecanismos de conservación (MC) .....	17
<b>Tabla 4.</b> Escala de calificación de Infraestructura disponible (ID) .....	18
<b>Tabla 5.</b> Escala de calificación de Acceso a servicios (AS) .....	20
<b>Tabla 6.</b> Escala de calificación de educación. ....	20
<b>Tabla 7.</b> Escala de calificación de eficiencia institucional en la componente de eficacia. ....	21
<b>Tabla 8.</b> Componentes y categorías de la variable diversificación de actividades. ....	22
<b>Tabla 9.</b> Escala de calificación de Diversificación de actividades. ....	23
<b>Tabla 10.</b> Escala de calificación de tecnología e innovación. ....	24
<b>Tabla 11.</b> Escala de calificación de Nivel de ingresos. ....	25
<b>Tabla 12.</b> Escala de calificación de la relación institución beneficiario. ....	26
<b>Tabla 13.</b> Escala de calificación de Accesibilidad a recursos biológicos. ....	27
<b>Tabla 14.</b> Escala de calificación de conocimiento del fenómeno. ....	28
<b>Tabla 15.</b> Escala de calificación de conocimiento ecológico local. ....	28
<b>Tabla 16.</b> Escala de calificación de dependencia del SE. ....	29
<b>Tabla 17.</b> Definición y forma de medir las variables pre-identificadas. ....	29
<b>Tabla 18.</b> Servicios Ecosistémicos priorizados en cada taller. ....	37
<b>Tabla 19.</b> Núcleos y veredas seleccionadas por núcleo de trabajo. ....	39
<b>Tabla 20.</b> Perfiles de beneficiarios identificados en la cuenca de los Ríos Grande y Chico .....	44
<b>Tabla 21.</b> Categorías y variables seleccionadas en el índice de capacidad adaptativa en servicios ecosistémicos. ....	47
<b>Tabla 22.</b> Pesos final de expertos según experiencia en Servicios ecosistémicos y Riesgo y Vulnerabilidad. ....	62
<b>Tabla 23.</b> Ponderaciones de categorías y variables dentro del índice. ....	63
<b>Tabla 24.</b> Promedio del <i>ICAse – expertos</i> para cada perfil de beneficiario. ....	65
<b>Tabla 25.</b> Índice y categorías estimadas en cada municipio. ....	67
<b>Tabla 26.</b> Componentes principales seleccionados en cada categoría. ....	71
<b>Tabla 27.</b> Vectores propios de las variables en cada componente principal. ....	71
<b>Tabla 28.</b> Promedio del <i>ICAse – ACPcat</i> por perfil de beneficiario. ....	73
<b>Tabla 29.</b> Índice de CA en SE estimado por municipio, utilizando ACP por categoría. ....	76

---

<b>Tabla 30.</b> Importancia de componentes principales y porcentaje de varianza explicada.	77
<b>Tabla 31.</b> Valores propios de las variables dentro de cada componente. ....	79
<b>Tabla 32.</b> Promedio del <i>ICAse – ACP</i> por perfil de beneficiario. ....	80
<b>Tabla 33.</b> Promedio del <i>ICAse – ACP</i> a nivel municipal. ....	82
<b>Tabla 34.</b> Selección de categorías y variables .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 35.</b> Categorías y variables adicionadas.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 36.</b> Descripción de variables identificadas. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 37.</b> Nivel de estudio, experticia y ámbito de trabajo del grupo de expertos. ...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 38.</b> Beneficiarios participantes en cada taller realizado. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## Lista de abreviaturas

### Abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Término</b>
<i>AccRB</i>	Accesibilidad a recursos biológicos
<i>AS</i>	Accesos a servicios
<i>CA</i>	Capacidad Adaptativa
<i>CF</i>	Conocimiento del fenómeno
<i>CEL</i>	Conocimiento ecológico local
<i>DA</i>	Diversificación de actividades
<i>DS</i>	Dependencia del servicio ecosistémico
<i>Edu</i>	Educación
<i>Efi</i>	Eficiencia institucional
<i>Eq</i>	Equidad
<i>Ha</i>	Hectárea
<i>ICAse</i>	índice de capacidad adaptativa en servicios ecosistémicos
<i>ID</i>	Infraestructura disponible
<i>MC</i>	Mecanismos de conservación
<i>NI</i>	Nivel de ingresos
<i>OC</i>	Organización de la comunidad
<i>RIB</i>	Relación institución beneficiario
<i>R y V</i>	Riesgo y vulnerabilidad
<i>SE</i>	Servicios Ecosistémicos
<i>SSE</i>	Sistemas Socio Ecológicos
<i>Tecno</i>	Tecnología e innovación
<i>ZHE</i>	Zona homogénea económica
<i>ZHF</i>	Zona homogénea física





# Introducción

Los ecosistemas ofrecen servicios a la sociedad basados en sus propiedades biofísicas y funciones ecológicas (Egoh et al., 2008; Felipe-Lucia et al., 2015); que al ser utilizados de forma activa o pasiva generan bienestar humano al suplir necesidades y deseos (Gómez-Baggethun et al., 2010). A este concepto se le llama servicios ecosistémicos (SE). Este concepto en las últimas dos décadas ha tomado relevancia en varios ámbitos (económico, político, de conservación y planificación.) después de que diferentes investigaciones han alertado sobre la degradación de los diferentes ecosistemas en el mundo y como podría afectarse el bienestar humano tras presentarse cambios en el suministro de SE (MEA, 2005).

La degradación de los ecosistemas puede presentarse por diferentes factores, de escala global, como el cambio climático, y de escala local, como la intensificación de la agricultura y los cambios en el uso del suelo (Haines-Young et al., 2012; Burkhard et al., 2012; Bryan, 2013). Los cambios en el uso del suelo están fuertemente influenciados por los desarrollos ambientales, socioeconómicos y políticos. (Foley et al., 2005, Turner et al., 2007; Brunner et al., 2015). Los impactos de los cambios en la oferta de SE son inciertos y varían en el tiempo y el espacio (Tolessa et al., 2016), mientras que en la demanda, pueden ser de tipo económico, políticos, dinámicas de población, normas culturales y de gobernabilidad, entre otras (Burkhard et al., 2012).

El cambio en el bienestar sufrido por los grupos sociales como consecuencia de alteraciones en el suministro de SE está en función de la vulnerabilidad de los primeros (Schroter et al., 2005). La vulnerabilidad es el grado en el cual los sistemas sociales pueden experimentar daño debido a una amenaza (Luers et al., 2003; Turner et al., 2003). La vulnerabilidad reside en la condición y operación del sistema socio-ecológico (SSE) (Li et al., 2003) y se caracteriza por presentar variaciones para cada población o individuo que

se encuentra bajo distintas condiciones ambientales e interacciones políticas, económicas y sociales (Adger, 1999).

La vulnerabilidad se explica por tres parámetros: la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación (CA) (Eakin & Luers, 2006; Smit & Wandel, 2006). La exposición es el grado o duración en que el sistema está en contacto con la amenaza; la sensibilidad informa sobre el grado en el que dicho sistema es modificado o afectado y la CA es la capacidad de ajustarse ante dicha amenaza, aprovechar las oportunidades y hacer frente a las consecuencias de una posible transformación del sistema (Adger, 2006; Gallopín, 2006). La CA es un atributo del sistema que existe antes de que se presente la amenaza.

En los últimos años se ha evidenciado en la literatura un creciente interés en estudiar y entender la CA de los sistemas sociales frente a la degradación o pérdida de SE (Bakkour et al., 2015; Nhuan et al., 2016; Vincent, 2007). La CA es considerada una variable fundamental en la vulnerabilidad puesto que incide en la disminución de la exposición y la sensibilidad (Engle, 2011) además, puede ser un punto para entender y abordar los procesos que causan dicha vulnerabilidad (Vincent, 2007). La CA ha sido evaluada en los enfoques frente fenómenos naturales y cambio climático, sin embargo, frente a pérdida de SE ha sido menos el desarrollo.

La CA es una respuesta que implementa el sistema social ante perturbaciones o amenazas que se presentan en sus dinámicas de vida. Esta respuesta es una combinación de elementos individuales y genéricos. Los elementos genéricos de la CA se relacionan con factores externos que median el acceso a los recursos económicos, información, tecnología entre otros que ayudan a afrontar la amenaza (Vincent, 2007; Smit & Wandel, 2006).

La CA se ha establecido principalmente a través de variables de acceso a infraestructura, tecnología disponible, la educación y recursos económicos (Bakkour et al., 2015), pero en el contexto de SE, se plantean algunas variables adicionales como son el conocimiento sobre el fenómeno o amenaza, la capacidad institucional en términos del manejo de SE, y la dependencia sobre el SE (Metzger et al., 2006). Dichas variables inciden en la respuesta de los sistemas, frente a los cambios que se presentan en el tiempo (Li et al., 2003).

Una forma de evaluar esta CA es a través de índices e indicadores. Estas herramientas son utilizadas para sintetizar complejas interrelaciones, permiten comparaciones entre diferentes sistemas, y presentan información relevante a los tomadores de decisiones para focalizar iniciativas de adaptación o la focalización de recursos en las áreas con menor CA (Vincent, 2007; Smit & Wandel, 2006).

En las últimas dos décadas se han publicado investigaciones con propuestas de índices para estimar la CA en los contextos de cambio climático y fenómenos naturales principalmente. Sin embargo, en el contexto de SE ha sido poca la investigación. En este contexto se deben tener en cuenta las relaciones que presenta el sistema social con el

sistema ecológico, las diferencias de beneficios entre los individuos o beneficiarios de los SE y las futuras consecuencias de las estrategias adaptativas para el SSE, para entender sus comportamientos, identificar amenazas que nacen dentro y fuera del sistema y poder implementar estrategias de vida sostenibles y obtener información relevante para la implementación de políticas sobre uso y conservación de recursos.

Bajo este contexto se plantea la pregunta: ¿Cómo se combinan las variables que determinan la capacidad adaptativa en el contexto de pérdida o deterioro de servicios ecosistémicos, para la construcción de un índice de CA?. La presente investigación propone un índice de capacidad adaptativa de grupos sociales frente al deterioro o pérdida de servicios ecosistémicos, que considera variables socioeconómicas como, participación a través de organizaciones comunitarias, nivel de ingreso, nivel educativo, nivel de conocimiento tanto de la amenaza como de su entorno, la dependencia con el SE, la diversificación de actividades económicas y la accesibilidad al recurso agua; y considera variables de tipo institucional como, la distribución de información, la infraestructura, la eficiencia de las instituciones y su relación con el beneficiario y los mecanismos institucionales para conservar el servicio. Este índice permitirá identificar cuáles variables determinan la CA y cuáles están menos desarrolladas en las diferentes comunidades y así enfocar la gestión donde haya mayor necesidad.

Esta tesis se enmarca en el proyecto “Amenaza y vulnerabilidad de los sistemas socio-económicos a partir del riesgo físico-biótico por la pérdida de la función ecosistémica de control de la erosión, causada por los diferentes tipos de degradación de los suelos en una cuenca hidrográfica de montaña media” perteneciente al programa de investigación en “Gestión del Riesgo Asociado con Cambio Climático y Ambiental en Cuencas Hidrográficas” financiado por COLCIENCIAS.

El presente documento está estructurado de la siguiente manera. Inicialmente se desarrolla un marco teórico donde se presentan los conceptos, los antecedentes y las bases teóricas en las que se fundamenta esta investigación. En segundo lugar, se presenta la metodología implementada para el desarrollo y evaluación del índice propuesto. En este capítulo se describe la zona de estudio, las categorías y variables estimadas, la consulta a expertos, las ponderaciones y los análisis estadísticos realizados en la construcción del índice. El tercer capítulo muestra los resultados de los tres índices construidos por análisis de componentes principales y consulta a expertos y se analizan las diferencias entre ellos. En el capítulo cuatro se realiza una discusión de los resultados. Y por último se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas para futuras investigaciones en el contexto de SE

Dentro de la investigación se plantea los siguientes objetivos.

- **Objetivo General:** Construir un índice de capacidad adaptativa de los sistemas sociales, frente a la pérdida o deterioro de servicios ecosistémicos.

- **Objetivos Específicos:** (i) Identificar las categorías en las que se asocian las variables que determinan la capacidad adaptativa en sistemas sociales, frente a la pérdida o deterioro de servicios ecosistémicos. (ii) Identificar para cada categoría, las variables que determinan la capacidad adaptativa de los sistemas sociales frente a la pérdida o deterioro de servicios ecosistémicos. (iii) Proponer una combinación de variables posibles, para la construcción de un índice de capacidad adaptativa de los sistemas sociales a la pérdida o deterioro de servicios ecosistémicos.

# 1. Marco teórico

## 1.1 Servicios de los ecosistemas

Los ecosistemas son sistemas complejos y dinámicos de comunidades vegetales, animales, microorganismos y su entorno abiótico que interactúan como una unidad funcional (United Nations, 1992). Los seres humanos y sus actividades son parte de los ecosistemas (Díaz et al., 2015). Los Servicios ecosistémicos (SE) se producen a través de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas. Los SE fueron denominados así con el fin de llamar la atención de la humanidad hacia un uso sostenible de los ecosistemas en el mundo (Fisher et al., 2009; Gómez-Baggethun et al., 2010).

El concepto de SE tomó relevancia después de la publicación del informe del Millennium Ecosystem Assessment (MEA) en el 2005 (MEA, 2005; Fisher et al., 2009). Este documento enuncia la preocupación frente a la degradación de una gran cantidad de ecosistemas del mundo, de gran importancia para la biodiversidad y sostenibilidad. En este documento los servicios son clasificados en cuatro categorías: servicios de soporte, de provisión, de regulación y culturales (MEA, 2005). En la tabla 1 se describen las categorías y los servicios que las conforman.

El concepto de SE plantea la relación inherente de los aspectos ecológicos o naturales con el ser humano, dado que las funciones o procesos se convierten en servicios si hay humanos que se benefician de ellos, ratificando el aspecto antropocéntrico del concepto. De ahí la preocupación por la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, base del bienestar humano (Díaz et al., 2015).

Hay numerosas iniciativas de diferentes países y organizaciones para identificar, valorar y conservar su biodiversidad con el fin de prevenir y controlar la degradación a la que está siendo sometida (Díaz et al., 2015; Bennett et al., 2015; MEA, 2005). En Colombia desde el año 2012, se cuenta con la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), cuyo objetivo es enmarcar y orientar los instrumentos de gestión ambiental como políticas, normas, planes y proyectos, para la conservación de la biodiversidad del país, debido a que dicha biodiversidad genera SE que resultan indispensables para el desarrollo y bienestar de la sociedad, para hacer frente al cambio ambiental de origen antrópico y mantener la resiliencia de los sistemas socio

ecológicos (SSE) (PNGIBSE, 2012). Esta política debe articularse a los programas, políticas y planes de carácter nacional, regional, departamental y municipal, como los planes de acción cuatrienal de la autoridad ambiental (PAC), los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), entre otros (PNGIBSE, 2012).

**Tabla 1.** Clasificación de los Servicios Ecosistémicos según la MEA (2005)

Categoría	Definición	Servicios
Provisión	Conjunto de bienes y productos que se obtienen del ecosistema	Alimentos, fibra, combustible, recursos genéticos, medicinas naturales y productos farmacéuticos, recursos ornamentales. Agua dulce y suministro de agua dulce
Regulación	Beneficios resultantes de la regulación de los procesos ecosistémicos.	Regulación de la calidad de aire, del clima, de erosión, de agua, purificación de agua y tratamiento de residuos, polinización.
Soporte	Servicios y procesos ecológicos necesarios para el aprovisionamiento y la existencia de los demás servicios ecosistémicos.	Formación de suelo, fotosíntesis, ciclo de nutrientes, ciclo del agua, producción primaria
Culturales	Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas.	Diversidad cultural, espiritual y religiosa, sistemas de conocimiento, valores educacionales, valores estéticos, relaciones sociales, valores de herencia cultural, recreación y ecoturismo.

## 1.2 Sistemas socio-ecológicos

Recientemente el análisis de la vulnerabilidad, resiliencia, sostenibilidad y capacidad adaptativa en el contexto de los sistemas socio-ecológicos (SSE), ha tomado relevancia en diferentes estudios pues permite la integración de los sistemas sociales y ecológicos (Gallopín, 2006). Un sistema socio-ecológico, se puede definir como un sistema integrado por un sistema social y un sistema ecológico en donde se presentan unas interacciones complejas y unas relaciones en una escala espacial (Anderies et al., 2004). Para Berkes et al. (1998), los sistemas naturales se refieren a los procesos biológicos y biofísicos, mientras que los sistemas sociales hacen referencia a las reglas e instituciones que median el uso humano de los recursos, así como el conocimiento y ética con la que se interpreta el sistema natural desde una perspectiva humana.

Las interacciones existentes entre los atributos del sistema biofísico, garantizan la provisión de unos servicios a los sistemas sociales, e igualmente los cambios o alteración

de esta estructura ecológica inciden en la capacidad de estos ecosistemas para mantener la oferta y satisfacer la demanda futura de SE, estas interacciones en conjunto tienden hacia sistemas vulnerables o sostenibles (Burkhard et al., 2012; Collins et al., 2011; Pandey & Bardsley, 2015).

La demanda de SE es ejercida por el sistema social de acuerdo a sus necesidades y preferencias de uso (Schirpke et al., 2014) y es este, el sistema social quien de forma directa o indirecta afecta el funcionamiento del sistema ecológico, mediante aspectos como, intensificación de los sistemas agrícolas, transformaciones de usos de suelo, implementación de políticas, entre otros (Collins et al., 2011; Van Oudenhoven et al., 2012; Haines-Young et al., 2012; Martín-López et al., 2012; Bryan, 2013). Las afectaciones que se tengan en los ecosistemas que ofertan servicios influyen, por tanto, en la demanda del servicio (beneficiarios) y el bienestar del sistema social que se basa en los beneficios obtenidos del uso o disfrute de los SE (Burkhard et al., 2012; Iniesta-Arandia et al., 2014).

Aunque se ha avanzado en la integración de los sistemas sociales y ecológicos para la comprensión del funcionamiento de los SSE, aún hay retos en el estudio de los mismos tales como (i) el análisis de la influencia que la multiplicidad de perfiles de los beneficiarios puede tener sobre la generación de conflictos de uso por el SE donde las personas cuyo bienestar es más dependiente de la capacidad de un ecosistema para suministrar SE a menudo tienden a ser mayormente vulnerables (Iniesta-Arandia et al., 2014), (ii) el análisis de diferencia entre las escalas a la que los recursos naturales son gestionados por los seres humanos y las escalas a los que los procesos naturales operan realmente y su implicación para el diseño de políticas públicas y de gestión, (iii) la comprensión de los flujos de SE donde a menudo las áreas donde se produce el servicio no coincide con el área donde se producen los beneficios de este y el uso de herramientas que integren los SE en la planificación del territorio y la toma de decisiones (Koschke et al., 2012; Ferrara et al., 2016; Fisher et al., 2009; Serna-Chavez et al., 2014).

Esta investigación, en la que se identifican características de la CA de los sistemas sociales ante el riesgo de pérdida o disminución del nivel de provisión de SE, está sustentada en el enfoque conceptual de los SSE. Esta investigación centra su análisis de los sistemas sociales en los hogares que incorporan elementos socioculturales, económicos, tecnológicos y físicos en sus medios de subsistencia (Pandey & Bardsley, 2015) y el sistema natural comprende un conjunto de vegetación de bosque natural, plantaciones forestales y otras coberturas vegetales que albergan especies de animales, siembra de cultivos y recurso hídrico que es aprovechado por las diferentes especies que allí habitan. Los grupos humanos hacen uso del suelo y del agua para la implementación de cultivos y pastoreo de ganado, a la vez que en algunas zonas se implementan políticas de conservación.

### 1.3 Riesgo y Vulnerabilidad

El riesgo es definido como la probabilidad de ocurrencia de un peligro y se explica en términos de la amenaza y la vulnerabilidad (Adger et al., 2004). El enfoque de riesgo se desarrolló en la literatura frente a fenómenos naturales. Las amenazas en este enfoque son de orden físico y discreto como, por ejemplo, movimientos en masa, tsunamis, huracanes, inundaciones, entre otros. En las últimas décadas el riesgo se ha vinculado a los estudios de cambios ambientales. En este enfoque las amenazas, son de carácter continuo, pueden estar asociadas a la implementación de políticas, las actividades humanas, el cambio climático, la pérdida de recursos ambientales, entre otros, que pueden ocasionar daños a la propiedad, trastornos sociales, económicos y la degradación ambiental (IPCC, 2014; Narayanan & Sahu, 2016.; Adger, 2006). El riesgo puede aumentar o disminuir, esto dependerá de la magnitud de la amenaza que enfrenta el sistema y de la vulnerabilidad del mismo.

La vulnerabilidad de cualquier sistema es un reflejo de la exposición y la sensibilidad de dicho sistema a condiciones peligrosas y la habilidad o capacidad del sistema para hacer frente, adaptarse o recuperarse de los efectos de esas condiciones (Smit & Wandel, 2006). La vulnerabilidad se determina en función de la exposición, que da cuenta del grado en que un sistema está expuesto a la amenaza; la sensibilidad que da cuenta cómo un sistema puede ser afectado ante dicha amenaza y la capacidad de adaptación (CA) que representa la capacidad del sistema para prepararse y adaptarse tras una amenaza, principalmente para disminuir los impactos negativos y aprovechar las oportunidades (Engle, 2011; Smith et al., 1999; Adger, 2006; Gallopin, 2006)

La vulnerabilidad de una comunidad o sociedad particular, que se conoce como vulnerabilidad social (Adger et al., 2004), es el resultado de las interacciones de sus características sociales, económicas, políticas, ambientales que permiten de alguna manera mejorar o empeorar las condiciones de bienestar. La vulnerabilidad ha sido una poderosa herramienta para guiar el análisis normativo de las acciones para mejorar el bienestar a través de la reducción del riesgo (Adger, 2006).

Trabajos como el de Metzger et al., (2006) exponen el riesgo de pérdida de SE y analizan la vulnerabilidad de las diferentes regiones de Europa mediante el enfoque de sensibilidad, exposición y CA.

### 1.3.1 Capacidad adaptativa

El concepto de capacidad adaptativa (CA) tiene numerosas definiciones en la literatura de acuerdo al enfoque que se trabaje. En el enfoque de cambio climático el IPCC (2001, p. 982) define a la CA como “la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad climática y los extremos), para moderar los daños potenciales, aprovechar las oportunidades, o para hacer frente a las consecuencias” (IPCC, 2001b).

En contextos sociales, la CA se define como la capacidad de los actores (colectiva o individualmente) para responder ante la amenaza y crear cambios favorables en su estado (Clarvis & Allan, 2014; Ensor et al., 2015). La CA también llamada respuesta, es un componente clave de la vulnerabilidad que informa a los tomadores de decisiones sobre el comportamiento del sistema (Smit & Wandel, 2006; Gallopín, 2006; Engle, 2011). El sistema al implementar la CA, presenta una transición a un estado diferente y deseable, mejorando el bienestar propio y los recursos ecológicos con que cuenta (Clarvis & Allan, 2014).

El concepto de capacidad de adaptación tuvo sus inicios en la sociología y la gestión organizacional y de negocios, posteriormente este concepto ha sido vinculado a los estudios de cambio climático, donde ha obtenido mayor relevancia al ser una variable que explica la mejora frente a los cambios y variabilidad climática (Engle, 2011; IPCC, 2001; Smit & Wandel, 2006). Robinson & Berkes (2011), sugieren la importancia de la CA, al ser una propiedad del sistema socio-ecológico, que permite evidenciar las estrategias de los actores sociales para hacer frente a los efectos adversos e igualmente entender como estas respuestas se traducen en presiones sobre el sistema ecológico, sin embargo ha sido poco el desarrollo de estos estudios en este contexto.

La literatura se centra en la identificación de las características, elementos o determinantes de la CA, donde la interacción entre los diferentes tipos de elementos que actúan simultáneamente en un contexto dinámico reflejan las estrategias, capacidades y activos disponibles de los hogares para hacer frente a los cambios y amenazas (IPCC, 2001a; Ensor et al., 2015). La CA además está determinada tanto por capacidades propias del individuo, como también factores externos que tienen que ver con la política, la economía, la institucionalidad y la gobernabilidad haciendo que diferentes grupos exhiban una CA diferencial (IPCC, TAR; Vincent, 2007; Li et al., 2003; Adger et al., 2004).

Determinantes tales como: características socioeconómicas, conocimiento de la amenaza, innovación tecnológica, infraestructura disponible y los mecanismos de relación institucional (internos y externos) han sido utilizados para evaluar dicha CA (Bakkour et al., 2015; Daramola et al., 2016; Wagner et al., 2014; Kalikoski et al., 2010; Vervoort et al., 2014). Vincent, (2007) señala que aspectos como el conocimiento de la amenaza y las conexiones entre el sistema social y las instituciones, son factores claves que inciden de manera más directa en dicha CA. Por ejemplo, las instituciones al mediar el acceso a

oportunidades individuales pueden limitar o facilitar la adaptación. También la diversificación de los medios de vida, la organización social del sistema (dinámicas de integración y cooperación) y la flexibilidad son elementos que hacen parte fundamental al momento de incidir en un mejor afrontamiento de la amenaza (Hogarth & Wójcik, 2016).

Metzger et al., (2006), plantean algunas variables adicionales que se deben tener en cuenta al evaluar dicha CA en el contexto de SE como: la capacidad institucional en términos del manejo de SE, la flexibilidad en cuanto a la dependencia del servicio y las posibilidades de tener tecnologías que suplan los SE. Los factores determinantes en el contexto de SE, inciden en las estrategias adaptativas implementadas por el sistema social e informan sobre una mayor o menor CA cuando se enfrentan ante amenazas, como, por ejemplo, los cambios en el uso del suelo.

La literatura además de exponer la importancia de los determinantes, resalta la necesidad de contar con indicadores medibles de CA que informen sobre las estrategias de respuestas del sistema social ante los cambios que se presenten. Estos indicadores permiten realizar comparaciones entre diferentes sistemas y enfatizar la gestión donde han sido menos desarrolladas las estrategias de adaptación (Clarvis & Allan, 2014). Una variedad de métodos empíricos cuantitativos y cualitativos se han utilizado para medir esta CA; la combinación de estos dos métodos describen de una mejor manera el comportamiento del sistema social, las estrategias de adaptación que tienen a su disposición y el proceso de toma de decisiones, a la vez que permite realizar análisis más rigurosos de los resultados (Hogarth & Wójcik, 2016)

## 1.4 Índices ambientales

El índice es un compuesto de indicadores que resumen en un valor numerosos aspectos que pueden estar interrelacionados (Krishnamurthy, Lewis, & Choularton, 2014). Un indicador se define como una variable que cuantifica y caracteriza atributos del objeto de estudio (Schuschny & Soto, 2009). La fortaleza de un índice recae en la calidad de las variables que lo definen. Por eso la selección de cada una debe realizarse sobre la base de su relevancia, su calidad y pertinencia (Schuschny & Soto, 2009). Un índice tiene la capacidad de sintetizar elementos de la dinámica ecológica, económica y social. (R. M. Quiroga, 2007)

De acuerdo a Pender et al. (2000), los índices son una herramienta cuantitativa que simplifica a través de modelos matemáticos los atributos y pesos de múltiples variables, con la intención de proporcionar una explicación más amplia de un recurso o el atributo a

evaluar y gestionar. La construcción de índices, constituye un sistema de información selecta que permite a los actores interesados evaluar su progreso o conocer cómo se encuentran con respecto a un tema específico. Esto facilita análisis objetivos de los procesos que es pertinente considerar a la hora de tomar decisiones, de intervenir y evaluar (R. M. Quiroga, 2009).

Los índices juegan un papel importante en la sociedad al brindar información concreta y resumida del tema de interés, a la vez que permiten evidenciar el comportamiento complejo de las variables involucradas (Bohórquez, 2013). Es importante a la hora de su elaboración tener responsabilidad y claridad del objetivo para el cual fue elaborado y los actores que pueden hacer uso de él para la toma de decisiones. En esta investigación se construye un índice de CA frente a la pérdida o deterioro de los SE llamado índice de capacidad adaptativa en servicios ecosistémicos (ICAsE)

### **1.4.1 Índices de capacidad adaptativa en sistemas sociales.**

Diversos índices han sido contruidos para evaluar la vulnerabilidad de comunidades ante diferentes amenazas y escalas (países, regiones, comunidades u hogares). Sin embargo, índices propiamente para evaluar capacidad adaptativa son pocos, y se evidencian menos en el contexto de SE.

Se han construido índices de vulnerabilidad evaluando la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa individualmente. Estudios como los de Krishnamurthy et al., (2014) y Xenarios et al.,(2016) evalúan vulnerabilidad frente a cambio climático a nivel de países y regiones. Estos utilizan características similares para medir la CA, en términos de infraestructura, características socioeconómicas, agro-económicas y de gobernanza (efectividad del gobierno). En estos estudios se observan que los indicadores son generales en la componente de CA, porque el objetivo es mostrar la vulnerabilidad como término genérico.

Sin embargo, cuando se analizan estudios que enfatizan en la CA, se observa que los análisis son minuciosos y específicos. Un ejemplo de lo anterior es el caso de Nhuan et al., (2016), quienes construyen un índice de capacidad adaptativa en hogares urbanos frente a cambio climático. Plantean un conjunto de 17 indicadores con los que se evalúan la condición socioeconómica de los hogares urbanos. También se evalúa la capacidad municipal, representada en los servicios de salud, suministro de electricidad, fuentes de agua, la estabilidad urbana y de seguridad. Al final obtienen un índice de combinaciones lineales donde a cada componente principal se le asigna un peso de acuerdo a su importancia en dicho índice. Este estudio muestra de manera más específica las variables

a tener en cuenta en los hogares al momento de construir un índice de CA y cómo es el comportamiento de estas en dicho índice. Dependiendo del contexto y la experticia de quien construye el índice, se manejan variables diferentes, observándose componentes de conocimiento, recursos económicos y capacidad institucional como variables relevantes a la hora de evaluar dicha CA.

Índices en el contexto de servicios se han desarrollado menos. Metzger et al., (2006) construye un índice a nivel de países en Europa enfatizando en tecnologías utilizadas, equidad de géneros y flexibilidad, como determinantes que inciden en la capacidad de respuesta de un sistema. Sin embargo, el tipo de escala puede hacer que algunos indicadores que ellos utilizan no sean posibles de evaluar a escalas locales.

Los índices consultados no ofrecen una aproximación de la CA a nivel de hogar en SE, las relaciones entre el sistema social y ecológico juegan un papel fundamental a la hora de hacer frente a una amenaza. En el contexto de servicios se deben analizar los indicadores que mejor reflejen directamente los fenómenos de la CA. Además, que en este contexto y a esta escala se presentan mayor dependencia de los recursos en los medios de vida y por ende mayor impacto en el bienestar de dicho sistema social. Este hecho hace que sea necesario construir índices que evalúen de forma más directa e integrada las características que hacen que se implementen estrategias adaptativas eficaces y esta información pueda ser útil para los tomadores de decisiones en el territorio para enfatizar mayor apoyo.

## **2. Metodología.**

Para lograr los objetivos propuestos en esta investigación se surtieron varias etapas. La primera consistió en una revisión de literatura para la construcción del marco conceptual y una pre-identificación de las variables y categorías a utilizar en la construcción del índice de capacidad adaptativa en servicios ecosistémicos (ICAse). En la segunda se realizó la consulta a expertos sobre las categorías, variables pre-identificadas y las ponderaciones a tener en cuenta en la construcción del ICA en el contexto de servicios ecosistémicos. La tercera etapa consistió en el trabajo de campo. En un primer momento se realizó un primer grupo de talleres en donde el objetivo fue identificar los servicios de mayor importancia para las personas de los cinco municipios del área de estudio. En un segundo momento, se realizaron visitas en los cinco municipios y se recolecta la información necesaria para dicha investigación. Para la obtención de datos primarios se llevaron a cabo entrevistas individuales y talleres participativos en la zona de estudio. Mientras que para los datos secundarios, se acudió a los entes territoriales y se hicieron consultas en documentos oficiales. La metodología seguida se toma tanto aportes de la literatura como aportes propios.

A continuación se presentan en forma detallada cada una de las etapas mencionadas.

### **2.1 Zona de estudio**

La cuenca de los ríos Grande y Chico se localizan en la subregión del Norte de Antioquia, en jurisdicción de los municipios de Belmira, Santa Rosa de Osos, Entreríos, San Pedro de Los Milagros, Donmatías y Yarumal (Fig. 1). Cuenta con una extensión de 127.986,3 ha aproximadamente. La temperatura de la cuenca es de 15°C en promedio y la precipitación promedio anual varía entre 2.000 y 2.500 mm (Universidad Nacional de Colombia, 2015). La distribución de áreas por municipio se aprecia en la tabla 2.



**Tabla 2.** Distribución de áreas por municipio dentro de la cuenca de los Ríos Grande y Chico.

Municipio	Área del municipio (ha)	Área del Municipio localizada dentro de la cuenca	
		Ha	%
Belmira	29787,60	27026,07	90,73
San Pedro de los Milagros	19631,86	17300,84	88,13
Santa Rosa de Osos	60533,65	44245,35	73,09
Entrerriós	21553,56	21553,56	100,00
Donmatías	19340,88	16246,03	84,00
Yarumal	6272,87	1350,96	21,54

Tomado de POMCA, 2015.

La población de la cuenca abarca cerca de 68.000 habitantes entre la zona urbana y rural. Las veredas que hacen parte de la zona rural tienen juntas de acción comunal (JAC). Estas organizaciones representan y juegan un papel muy importante en la comunidad, pues son las que transmiten necesidades y hacen gestión de proyectos de beneficio común ante los entes territoriales (POMCA, 2015). Algunas veredas además cuentan con asociación de usuarios de acueductos. La población veredal se caracteriza mayoritariamente por su arraigo a las labores del campo, donde sus medios de vida son principalmente dependientes de los recursos naturales. En esta área hacen presencia diferentes empresas que de alguna forma inciden en las formas de vida de la población al ser las principales entidades económicas de las zonas.

Desde el punto de vista ambiental, en la zona de la cuenca se localiza vegetación de páramo (llamado el páramo de Santa Inés), bosques de páramo alto-andino en las zonas altas, cuidados para la conservación de los nacimientos de agua debido a la preocupación tanto de la calidad como de la cantidad de esta. Sin embargo, la vegetación original se ha reducido en gran parte de la cuenca, dada la intervención humana para dar paso a usos como el pastoreo (Corantioquia, 2005). En zonas de la cuenca algunas prácticas económicas como la utilización de insumos contaminantes, laboreo intensivo del suelo, quemas, establecimiento de cultivos en suelos de altas pendientes y en zonas de protección y sobrepastoreo, contaminan las fuentes de aguas y aceleran los procesos erosivos generando diferentes conflictos por los recursos naturales de la zona (POMCA, 2015). Estas problemáticas hacen que sea importante realizar investigaciones que aporten información importante a los tomadores de decisiones en una zona con altas presiones sobre sus recursos y servicios.

## 2.2 Descripción de categorías y variables a incluir en el índice de CA.

A partir de la revisión de literatura sobre la capacidad adaptativa de los sistemas sociales frente a cambio climático, riesgo frente a fenómenos naturales y seguridad alimentaria, se pre-identificaron unas variables que fueron clasificadas en diferentes categorías que son utilizadas para evaluar dicha CA en estos contextos. A continuación se listan las 16 variables y las 6 categorías pre-identificadas de la literatura, además se hace una descripción de ellas y la forma de medirlas en esta investigación.

### 2.2.1 Categorías Identificadas

**Gobernanza e instituciones:** esta categoría recoge las interacciones entre las instituciones y la población. Las instituciones se refieren a las organizaciones públicas y privadas que actúan en el territorio y la gobernanza se refiere a las normas y procesos que influyen el comportamiento de los diferentes actores. Esta categoría influye en la mejora de CA por el respaldo institucional que darán lugar a respuestas eficaces y adecuadas (Adger et al., 2004; Ostrom, 2009).

**Características socioeconómicas:** esta categoría informa sobre la condición de vida de un individuo en cuanto a nivel social y económico. Las condiciones sociales y económicas de un individuo juegan un papel importante dentro de su CA, puesto que dichos aspectos le permitirán flexibilidad al afrontar algún tipo de amenaza (Yoo et al., 2011).

**Estructura social:** informa los mecanismos y formas de organización dentro de las comunidades para lograr objetivos, que aportan a nivel individual y facilitan las acciones colectivas. La forma en cómo se den interrelaciones entre individuos influirá en su CA a través de mecanismos que les permitan adaptarse ( Adger et al., 2004).

**Equidad:** esta categoría da información de qué tan equitativa es la participación y la distribución de recursos entre las mujeres y los hombres en las comunidades. Comunidades con individuos con igualdad en programas, educación y liderazgo, son comunidades con mayor comprensión de fenómenos en sus territorios, característica positiva en la capacidad de adaptarse (Acosta et al., 2013).

**Conocimiento:** esta categoría integra los mecanismos formativos y no formativos que permiten a los individuos tener conciencia del entorno en el que viven, así como de las consecuencias de sus actividades. Individuos con alto grado de comprensión de las

dinámicas económicas, políticas y naturales en sus territorios, tendrán mayor capacidad de observación y aprendizaje (Maldonado & Moreno-Sanchez, 2014).

**Infraestructura:** esta categoría da información de la calidad y la situación de los sistemas de estructuras necesarios para que la población desarrolle sus actividades en el territorio. Comunidades con la infraestructura necesaria para su desarrollo, contribuyen en mejoras en la capacidad de hacer frente a situaciones inesperadas, además influyen en las características socioeconómicas, como en la viabilidad y eficacia de programas de distribución (Adger et al., 2004; Yoo et al., 2011).

## 2.2.2 Variables identificadas

A continuación se mencionan las variables pre-identificadas y en la tabla 17 se muestra un resumen de las categorías, las variables, la definición de las variables y su forma de medirlas.

### Mecanismos de conservación

Esta variable se refiere a los mecanismos de tipo institucional que se implementan para conservar y/o mantener los SE, a la vez que ayudan a los beneficiarios en sus medios de vida (Kalikoski et al., 2010). En esta investigación se encuentran: los incentivos a la producción (estimulo otorgados para incrementar y/o mejorar producción y rendimiento, insumos, descuento de créditos), créditos financieros y los pagos por conservación de los ecosistemas. En la zona de estudio el esquema de pago por conservación se llama BANCO2<sup>1</sup> implementado por la autoridad ambiental de la zona, CORANTIOQUIA. También se tienen en cuenta los beneficiarios que hacen parte de la corporación Cuenca Verde<sup>2</sup> la cual ejecuta proyectos y programas con el fin de cuidar y conservar las fuentes de agua de la zona de influencia de la cuenca de los Ríos Grande y Chico.

La mayor calificación la tendrá aquel mecanismo que se enfoque principalmente en la conservación, a la vez que contribuya en los medios de vida del beneficiario. Esta variable se evalúa a nivel de beneficiario. En la tabla 3 se muestra las calificaciones para esta variable.

**Tabla 3.** Escala de calificación de Mecanismos de conservación (MC)

Escala	Descripción

<sup>1</sup> El esquema de pagos Banco2 trabaja por la protección del medio ambiente, a través de la compensación económica a familias vinculadas de diferentes zonas del país. <http://www.banco2.com>

<sup>2</sup> Alianza entre entidades públicas y privadas en pro de la conservación de las cuencas que proveen recursos hídricos principalmente al Valle de Aburrá. <http://www.cuencaverde.org>

---

<b>0</b>	El beneficiario no implementa ningún mecanismo.
<b>1</b>	El beneficiario cuenta con créditos o incentivos para mejorar producción.
<b>2</b>	El beneficiario es usuario del programa Banco2 y/o beneficiarios de la corporación Cuenca verde.

---

### Infraestructura disponible

La infraestructura ofrece una idea acerca de la presencia de las instituciones gubernamentales, la provisión de bienes públicos y la forma cómo se ayuda a los grupos sociales para implementar estrategias adaptativas (Brooks et al., 2005; Narayanan & Sahu, 2016). Para evaluar esta variable se pregunta por un conjunto de elementos de infraestructura pública, los cuales fueron evaluados en cuanto a su presencia en la comunidad, como lo son el aprovisionamiento de acueductos, escuela primaria y salones comunales. A mayor presencia de estos elementos en la comunidad, mayor será la escala de calificación (tabla 4) (Maldonado & Moreno-Sanchez, 2014). La evaluación de la presencia de estos elementos se realizó a escala de vereda.

**Tabla 4.** Escala de calificación de Infraestructura disponible (ID)

Escala	Descripción
<b>0.</b>	Veredas que no presentan ningún elemento de infraestructura en la comunidad.
<b>1.</b>	Veredas que presentan un elemento de infraestructura en la comunidad
<b>2.</b>	Veredas que presentan dos elementos de infraestructura en la comunidad
<b>3</b>	Veredas que presentan tres elementos de infraestructura en la comunidad

### Distribución de la Información

Las respuestas individuales o colectivas que se generen en el contexto socio-ecológico estarán determinadas por el acceso a información pertinente por parte de los beneficiarios. De ahí la importancia de contar con información que les ayude a implementar estrategias, mejorar actividades de sus medios de vida y obtener conocimiento (Ensor et al., 2015). Para esto, las instituciones dan orientación a través de diferentes mecanismos para llegar

a las comunidades y brindar información pertinente y que pueda ser útil, en este caso en el contexto de servicios ecosistémicos (Goldman & Riosmena, 2013; Moss et al., 2001). Para evaluar esta variable, se tuvieron en cuenta los informes de gestión y planes de desarrollo de los municipios en cuanto a programas y actividades que permiten al beneficiario obtener información relevante para hacer frente al deterioro de los servicios. Las líneas de proyectos y programas aquí planteados son los que tienen mayor incidencia en la conservación de los recursos y en el mantenimiento de los servicios evaluados:

- Programas de huertas caseras
- Proyectos productivos y/o programas de asistencia técnica realizados.
- Programas formativos y/o campañas educativas para estimular el uso racional del agua.
- Capacitaciones sobre compostaje y abono orgánico.
- Capacitaciones en cuidado y sostenibilidad del medio ambiente.

Estos programas se evaluaron en el último cuatrienio o periodo administrativo de los municipios de la zona de estudio. Se calificaron de acuerdo a la cantidad de programas ejecutados por los entes territoriales, con la siguiente ecuación:

$$X = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad \text{Ecn. (1)}$$

$x_i$ , es el valor del municipio evaluado

$x_{min}$  es el valor mínimo dentro de los cinco municipios evaluados

$x_{max}$  es el valor máximo dentro de los cinco municipios evaluados

### **Acceso a servicios**

Contar con los servicios básicos adecuados es una condición previa para lograr resultados satisfactorios frente a la pobreza, el hambre y la preservación de los recursos naturales. Los recursos naturales se impactan positivamente cuando los beneficiarios de los SE cuentan con tecnologías, por ejemplo, de tratamiento de aguas residuales, evitando así, verter las aguas negras a las quebradas o fuentes de agua cercanas, contribuyendo en la conservación de los recursos naturales y los SE. Además, que las personas tengan acceso a agua de buena calidad por ejemplo, contribuye a incrementar su productividad y mejorar su salud, factores claves en sus actividades diarias (Santosh et al., 2000). Los servicios evaluados en el estudio son: la energía eléctrica, el agua potable, el alcantarillado o tratamiento de agua residual, servicio sanitario y el gas propano como medio para cocinar alimentos. El acceso se califican de acuerdo a la cantidad de servicios con que cuenta un beneficiario, donde a mayor número de servicios, mayor calificación (tabla 5).

**Tabla 5.** Escala de calificación de Acceso a servicios (AS)

<b>Escala</b>	<b>Descripción</b>
<b>0</b>	Beneficiarios con acceso a un servicio
<b>1</b>	Beneficiarios con acceso a dos servicios
<b>2</b>	Beneficiarios con acceso a tres servicios
<b>3</b>	Beneficiarios con acceso a cuatro o más servicios

### **Educación**

La educación es una medida de las habilidades que los individuos tendrían que tener a fin de adaptarse (Moss et al., 2001; Narayanan & Sahu, 2016). En cuanto mayor nivel educativo presente un individuo, mayor es la habilidad de acceder a la información, lo que hace que pueda apropiarse y comprender lo que pasa a su alrededor, permitiendo que pueda implementar estrategias de adaptación ante diferentes fenómenos, como es el caso de cambios en los niveles de provisión de un SE (Cutter et al., 2003; Below et al., 2012; Bohórquez, 2013). Esta variable se califica de acuerdo el máximo nivel alcanzado por cada beneficiario (ver tabla 6).

**Tabla 6.** Escala de calificación de educación.

<b>Escala</b>	<b>Descripción</b>
<b>0</b>	Beneficiarios con estudio máximo de primaria o menos
<b>1</b>	Beneficiarios con estudio máximo de bachillerato
<b>2</b>	Beneficiarios con estudio tecnológico, universitarios o profesional.

### **Eficiencia institucional**

La eficiencia institucional es una variable que evalúa la gestión pública de los municipios, la toma de decisiones de política pública y de asignación de recursos con base en los resultados y la problemática local. Una comunidad donde las instituciones de orden local tengan una mayor eficiencia, conducen a una mayor capacidad de adaptación, dado que puede realizar una mejor distribución de los recursos económicos, humanos, materiales entre otros (Burney et al., 2014 ;Yoo et al., 2011).

Esta variable se evalúa a través del índice de desempeño integral municipal, el cual es medido a través de cuatro componentes: **eficacia, eficiencia, requisitos legales y gestión**. La eficiencia evalúa la capacidad de un municipio para lograr una relación óptima entre los insumos y los productos obtenidos en los sectores de salud, educación y agua potable. La componente de requisitos legales mide la efectiva incorporación de ingresos y ejecución (gastos) de los recursos. La capacidad administrativa o gestión, mide la disponibilidad de recursos humanos, tecnológicos, adopción de acciones, procedimientos y mecanismos de prevención, control y evaluación, para el mejoramiento continuo de la gestión en la entidad territorial (Sostenible, 2015). En este estudio se trabaja con la componente de **eficacia**, la cual indica el cumplimiento de objetivos y las metas establecidos en los planes de desarrollo en que se abarca de manera integral todos los sectores (agropecuario, medio ambiente, salud, educación, infraestructura, etc.), los cuales son un instrumento fundamental para una buena gestión de los gobiernos y las administraciones públicas territoriales (DNP, 2011; Sostenible, 2015). Esta componente integra de manera general los diferentes campos de acción de un ente territorial y se califican entre 0 y 100 puntos, siendo 100 el puntaje de mayor valor y 0 el de menor valor o calificación (ver tabla 7). Este índice fue evaluado por última vez en la vigencia de 2015 para cada municipio, por el Departamento Nacional de Planeación (DNP).

**Tabla 7.** Escala de calificación de eficiencia institucional en la componente de eficacia.

<b>Escala</b>	<b>Descripción(valor en puntos)</b>
El municipio se encuentra en nivel critico	<40.
El municipio se encuentra en un nivel bajo	≥ 40 y < 60.
El municipio se encuentra en nivel medio	≥ 60 y <70.
el municipio se encuentra en nivel satisfactorio	≥ 70 y <80
El municipio se encuentra en nivel sobresaliente	Mayor a 80.

Fuente: Departamento Nacional de Planeación (DNP)

**Diversificación de actividades:**

La diversificación de actividades es una estrategia de supervivencia dado que permite tener mayores usos de suelo y/o diferentes actividades que permiten solventar las dificultades al disminuir los recursos o el acceso a ellos (Marschke, 2006). Esta puede ser un acción importante que disminuye la pobreza y los riesgos al ser una estrategia de afrontamiento positiva en la que cada beneficiario tendrá flexibilidad para responder ante los cambios que se pueden presentar con los SE de los cuales se beneficia (Kalikoski et al., 2010; Ifejika Speranza et al., 2014). Trabajos como el de Hahn et al., (2009) observaron que de la diversificación de sus fuentes de ingresos mediante actividades agrícolas y pecuarias como la cría de animales, aumentaba la capacidad de afrontamiento y disminuía su vulnerabilidad.

Esta variable se evalúa teniendo en cuenta los usos de suelo en el predio y las actividades económicas diferentes a las realizadas en el predio por cada beneficiario. En la tabla 8 se muestran las componentes y categorías de esta variable.

**Tabla 8.** Componentes y categorías de la variable diversificación de actividades.

<b>Componente</b>	<b>Categoría</b>
<b>Cantidad de usos de suelo en el predio</b>	Valores cercanos a 1
	Valores cercanos a 0
<b>Actividades diferentes a las del predio</b>	Si presenta
	No presenta

La cantidad de usos de suelo en el predio se calcula con base a la siguiente ecuación:

$$X = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad \text{Ecn. (2)}$$

Donde  $x_i$  es el valor evaluado

Y  $x_{min}$  es el valor mínimo dentro de los datos

Y  $x_{max}$  es el valor máximo dentro de los datos.

Al aplicar la ecuación (2), los valores de la muestra se establecen entre (0-1) permitiendo así comparaciones entre los diferentes valores y determinar los valores extremos. Así entonces, los valores cercanos a uno (1) parten de 0,5 hacia arriba e inclusive que son los

beneficiarios con mayor usos de suelo y los valores cercanos a cero (0) parten de 0,49 hacia abajo que son aquellos con menores usos de suelo.

La escala de la variable diversificación de actividades se muestra en la tabla 9 y se evalúa para cada beneficiario y se estableció al realizar combinaciones entre las categorías, así:

**Tabla 9.** Escala de calificación de Diversificación de actividades.

Escala	Cantidad de usos de suelo	Realiza alguna actividad diferente a la del predio
0.	Valor entre 0,49-0,0	No
	Valor entre 0,50-1,0	No
1.	Valor entre 0,49-0,0	Si
	Valor entre 0,50-1,0	Si

### Organización de la comunidad

Esta variable es una medida de las redes sociales en la que participa un beneficiario. En estas redes se generan lazos que facilitan la cooperación y el acceso a oportunidades y recursos (Enzor et al., 2015; Mussetta et al., 2016). Un beneficiario aislado que no interactúa con su entorno social pierde la oportunidad de adquirir conocimiento, y aumentar el capital social que puede sostener los medios de vida cuando se producen tensiones (Ifejika Speranza et al., 2014). Estas redes pueden ser asociaciones de mujeres, juntas de acción comunal, grupos de mesas ambientales entre otras (Moss et al., 2001; Goldman & Riosmena, 2013; Kalikoski et al., 2010)

A mayor número de asociaciones o grupos sociales pertenece un beneficiario, genera mayores redes sociales que le permiten implementar estrategias adaptativas (Narayanan & Sahu, 2016; Below et al., 2012). Esta variable se evalúa indirectamente con el número de grupos o asociaciones a la que pertenece un beneficiario (Nhuan et al., 2016; Ifejika Speranza et al., 2014) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$X = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad \text{Ecn. (3)}$$

Donde  $x_i$  es el valor evaluado

Y  $x_{min}$  es el valor mínimo dentro de los datos

Y  $x_{max}$  es el valor máximo dentro de los datos.

### Tecnología e innovación

Las instituciones juegan un papel crítico en la producción de innovación que lleva a tecnologías capaces de hacer que los sistemas socio-ecológicos sean más resistentes y adaptables (Wagner et al., 2014).

Esta variable se evalúa indirectamente por las asesorías en producción agropecuaria, gestión ambiental, manejo de aguas y manejo de suelos que puedan utilizar los beneficiarios para implementar tecnologías y/o actividades en sus procesos y que vayan hacia la conservación de los SE. También se tiene en cuenta tecnologías de producción que utilicen y minimicen los impactos en los recursos naturales.

Las tecnologías implementadas fueron:

- Recolección de agua lluvia.
- Pilas de compost.
- Lombricultura.
- Biodigestores.
- Tratamiento de gallinaza y /o porquinaza

En la tabla 10 se muestra la escala de calificación de esta variable.

**Tabla 10.** Escala de calificación de tecnología e innovación.

Escala	Descripción
0.	Ningún tipo de asesoría y ninguna practica tecnológica empleada por el beneficiario.
1.	Una asesoría recibida o alguna práctica implementada por el beneficiario.
2	Dos o más asesorías recibidas o dos prácticas tecnológicas implementadas por el beneficiario.
3.	Tres o más asesorías recibidas o tres o más prácticas tecnológicas implementadas por el beneficiario implementadas por el beneficiario.

### Nivel de ingresos

Los recursos económicos son un factor determinante en la mejora de la capacidad adaptativa dado que proporciona acceso a mercados, tecnología que pueda mejorar el servicio y otros recursos que le permita implementar estrategias de adaptación o afrontar de manera eficaz los cambios en niveles de provisión del servicio (Wagner et al., 2014; Rajesh et al., 2014; Moss et al., 2001; Bohórquez, 2013). Esta variable se evalúa de

manera indirecta a través del nivel ingreso, teniendo en cuenta el salario mínimo mensual legal vigente (SMMLV) para el año 2016. La menor calificación se dará a los beneficiarios que informen recibir menos de un SMMLV.

La tabla 11 muestra la escala de calificación para esta variable. Las escalas se realizan de manera que el beneficiario pueda dar la información sin que se sienta intimidado por esta.

**Tabla 11.** Escala de calificación de Nivel de ingresos.

<b>Escala</b>	<b>Descripción</b>
<b>0.</b>	Menos de un SMMLV
<b>1.</b>	Entre 1 y 2 SMMLV
<b>2</b>	Entre 2 y 3 SMMLV
<b>3.</b>	Entre 3 y 4 SMMLV
<b>4</b>	Mayor a 4 SMMLV

### **Relacionamiento institución- beneficiario**

Esta variable incide en las relaciones de los beneficiarios e instituciones que tienen presencia en la zona. El grado de apoyo de las instituciones en los diferentes eventos como capacitaciones, generación de conocimiento, apropiación de espacios, genera una mayor retroalimentación entre la institución y el beneficiario (Enzor et al., 2015). Los hogares que interactúan con una mayor variedad de instituciones tendrán mayor capacidad de adaptación frente al fenómeno (Vincent, 2007).

Esta variable se evalúa a través de la relación, presencia y apoyo de las diferentes instituciones que se desarrollan en el territorio y los beneficiarios que hacen parte de este. Esta variable fue evaluada teniendo en cuenta cuatro instituciones de gran influencia en las comunidades de la zona de estudio. Se realiza un promedio de calificación de cada beneficiario frente a las cuatro instituciones:

- Las juntas de acción comunal (JAC)
- Los entes territoriales
- La Umata (unidad municipal de asistencia técnica agropecuaria) descentralizada del ente territorial
- Autoridad ambiental, CORANTIOQUIA

La tabla 12 muestra la escala utilizada para evaluar esta variable.

**Tabla 12.** Escala de calificación de la relación institución beneficiario.

<b>Escala</b>	<b>Descripción</b>
0.	El beneficiario no presenta ninguna relación con la institución.
1	Poco contacto o presencia de la institución en el territorio.
2	Institución con algún nivel de presencia o información en el territorio.
3	Acompañamiento ocasional de la institución con programas.
4	Presencia permanente y efectiva de la institución en el territorio.

### **Equidad**

La literatura ha medido esta variables en términos de género (Ensor et al., 2015; Göttingen, 2004; Acosta et al., 2013), dado que las desigualdades limitan el potencial de reducir pobreza, educación y alcanzar bienestar en las comunidades. Si no hay acceso a políticas, programas o paquetes de ayuda, las mujeres no podrán emplear sus capacidades y recursos para mejorar su bienestar, el de sus familias y la comunidad en general (Grown et al., 2005). Las comunidades con mujeres capacitadas en diferentes fuentes de conocimiento permiten tomar conciencia del ambiente que los rodea, e implementar estrategias en pro de sus comunidades. Hoy en día es más notorio el aumento de mujeres como cabezas de familia dentro de la zona de estudio.

Esta variable se evalúa a nivel institucional con el fin de mostrar la participación representado en porcentaje de las mujeres en las juntas de acción comunal (JAC) de cada vereda.

### **Accesibilidad a recursos biológicos**

La accesibilidad a recursos como agua y suelo, representa la facilidad que tiene un beneficiario para realizar actividades y suplir necesidades básicas. Al aumentar el acceso a estos recursos se disminuye la sensibilidad y aumenta la capacidad de adaptarse, dado que se tiene mayor número de fuentes alternas que se pueden sustituir en caso de pérdida o deterioro del servicio (Rajesh et al., 2014; Yoo et al., 2011; Brooks et al., 2005).

Esta variable se evalúa en cuanto la accesibilidad del beneficiario para tomar agua de diferentes fuentes (ver tabla 13). Las fuentes evaluadas fueron:

- Fuente de agua de predios vecinos.
- Fuente de agua de acueducto.
- Fuente de agua de dentro del predio.

**Tabla 13.** Escala de calificación de Accesibilidad a recursos biológicos.

Escala	Tomar agua de predios vecinos	Tomar agua de fuentes en el predio	Tomar agua de acueducto
0.	SI	NO	NO
	NO	SI	NO
	NO	NO	SI
1.	SI	SI	NO
	SI	NO	SI
	NO	SI	SI
2.	SI	SI	SI

### Conocimiento del fenómeno

La variable conocimiento es fundamental en el diseño de estrategias sólidas de adaptación (Hogarth & Wójcik, 2016). El nivel de conciencia o conocimiento de los cambios a su alrededor contribuyen a una mayor capacidad de adaptación y la incapacidad para reconocer las señales del cambio es un limitante de este (Wagner et al., 2014;. Yoo et al., 2011).

El conocimiento del fenómeno se evalúa a través de la participación en diferentes espacios y/o programas que permiten incrementar el conocimiento de los cambios en sus comunidades (Nhuan et al., 2016). El conocimiento de la dinámica natural que involucra la amenaza incide fuertemente en la decisión de localización y en las formas de apropiación, habitación y explotación de la naturaleza (Bohórquez, 2013). Esta variable fue evaluada en cuanto a la participación de los beneficiarios en diferentes espacios. Durante la evaluación en campo observamos que los beneficiarios que habían participado en varios espacios tenían un mayor entendimiento de las diferentes problemáticas ambientales. Los espacios aquí planteados, son espacios que se presentan o se han presentado en la zona en los últimos años. En la tabla 14 se muestra la escala de calificación para esta variable. Los programas o espacios evaluados fueron:

- Mesas ambientales
- Formulación del POMCA (Plan de ordenación del manejo de la cuenca de los Ríos Grande y Chico)
- Programas de Cuenca Verde
- Consejo de cuenca de los Ríos Grande y Chico

- Socialización de proyectos ambientales
- Programa de conservación del bosque del páramo alto andino.

**Tabla 14.** Escala de calificación de conocimiento del fenómeno.

<b>Escala</b>	<b>Descripción</b>
0.	El beneficiario no ha participado en ningún espacio.
1.	El beneficiario ha participado en 1 o 2 espacios
2.	El beneficiario ha participado en 3 o 4 espacios
3.	El beneficiario ha participado 5 o 6 espacios.

### **Conocimiento ecológico local:**

El conocimiento ecológico tradicional o local es un componente clave de cualquier proceso adaptativo al usar esas experiencias y observaciones para responder ante las perturbaciones que se puedan presentar (Kalikoski et al., 2010). El conocimiento ecológico es el saber que tienen las comunidades sobre la naturaleza (Vélez, 2013). El conocimiento ecológico favorece la gestión de los ecosistemas y los servicios que prestan. Cuando los beneficiarios reconocen y entienden los procesos ecológicos y los efectos que sus actividades generan sobre los ecosistemas, pueden realizar acciones de gestión más eficaces (Maldonado & Moreno-Sanchez, 2014).

Para evaluar la variable de conocimiento ecológico se realizaron tres preguntas

- Estado de conservación del bosque y cómo ha cambiado a lo largo del tiempo.
- Estado del suelo y cómo ha cambiado en el tiempo.
- Estado de las fuentes de agua y cómo han cambiado en el tiempo.

En la tabla 15 se muestra la escala de calificación para esta variable.

**Tabla 15.** Escala de calificación de conocimiento ecológico local.

<b>Escala</b>	<b>Descripción</b>
0	El beneficiario informa no tener conocimiento acerca de las tres preguntas
1	El beneficiario responde a una pregunta
2	El beneficiario responde a dos preguntas
3	El beneficiario responde a tres preguntas

## Dependencia del SE

Informa sobre el grado de dependencia de un individuo u hogar sobre los servicios ecosistémicos de acuerdo a sus medios de vida. Un beneficiario puede presentar diferentes tensiones al momento que se genere pérdida o cambios en los niveles del SE, puesto que al ser el SE indispensable en sus medios de vida, más caótico puede ser para su pérdida.

Para evaluar esta variable se tomaron los términos de referencia del Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo sostenible para la elaboración de estudios de impacto ambiental (MMADS, 2015). A mayor dependencia de los servicios de calidad del suelo y calidad y cantidad de agua, menor será la escala de calificación (ver tabla 16).

**Tabla 16.** Escala de calificación de dependencia del SE.

Escala	Descripción
0.	Alta dependencia: los medios de subsistencia dependen directamente del servicio ecosistémicos
1.	Media dependencia: la persona se beneficia del servicio pero su subsistencia no depende directamente del servicio.
2.	Baja dependencia: la persona se beneficia del servicio pero su subsistencia no depende ni directa ni indirectamente del mismo; existen múltiples opciones alternativas para el aprovechamiento del servicio.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de las categorías, variables, su definición y formas de medirla.

**Tabla 17.** Definición y forma de medir las variables pre-identificadas.

Categorías	Variables	Definición de la variable	Medición de la variable
Gobernanza e Instituciones	Mecanismos de conservación	Mecanismos institucionales que puedan utilizarse para conservar los recursos naturales y los SE.	Tipos de mecanismo utilizados por el beneficiario
	Distribución de la información	Mecanismos de las instituciones para llegar a las comunidades y brindar información pertinente en el contexto de SE.	Número de programas y proyectos ejecutados por el ente territorial en el territorio.
	Eficiencia institucional	Indica el cumplimiento de objetivos y metas,	Se obtiene del índice de

30 Capacidad adaptativa de los sistemas sociales frente a la pérdida o deterioro de los servicios ecosistémicos

Características socioeconómicas		establecidos en los planes de desarrollo	desempeño integral municipal medido por el Departamento Nacional de Planeación (DNP)
	Relación institución-beneficiario	Indica las relaciones, la presencia y el apoyo de las instituciones a los beneficiarios.	Calificación de los beneficiarios en cuanto a las relaciones con las instituciones.
	Nivel de ingreso	Indica una idea del nivel de recursos con que cuenta un beneficiario	Medido en términos de escalas de nivel de ingresos.
	Diversificación de Actividades	La diversificación permite solventar dificultades al disminuir los recursos.	Numero de usos de suelo y actividades diferentes a las del predio.
	Educación	Medida de las habilidades del beneficiario para acceder a información que le permita adaptarse.	Medida en términos de nivel de educación (primaria, bachillerato, universidad).
	Dependencia del SE	Dependencia del beneficiario con los SE de acuerdo a sus medios de vida.	Grado (alto, medio y bajo) de dependencia del beneficiario con los servicios
Conocimiento	Conocimiento ecológico local	Conocimiento de los procesos ecológicos en su territorio.	Conocimiento sobre los cambios en suelo, agua y bosque en el territorio.
	Conocimiento del fenómeno	Nivel de conciencia de los cambios y las problemáticas ambientales.	Medido en términos de la participación en espacios de temáticas ambientales
	Tecnología e innovación	Herramientas que pueden utilizar los beneficiarios para implementar tecnologías en el predio.	Medido en términos de asesorías en gestión ambiental, manejo de aguas y manejo de suelos en que haya participado el beneficiario.
Estructura social	Organización de la comunidad	Nivel de asociatividad que permiten acceso a oportunidades y recursos.	Número de asociaciones a la que pertenece un beneficiario.

Infraestructura	Infraestructura disponible	Conjunto de elementos de infraestructura pública que orientan hacia la presencia del ente territorial en el territorio.	Cantidad de elementos de infraestructura en la comunidad.
	Acceso a servicios	Los servicios básicos contribuyen en la mejora de las condiciones de pobreza y la preservación de los recursos naturales.	Cantidad de servicios con que cuenta un beneficiario.
Equidad	Equidad	Medida de la participación de mujeres en las comunidades que permiten implementar estrategias de adaptación.	Porcentaje de participación de mujeres en las Juntas de acción comunal (JAC)
	Accesibilidad a recursos biológicos	Acceso a recursos como agua que permiten realizar actividades, suplir necesidades y aumentar la capacidad de adaptarse.	Cantidad de fuentes alternas de agua a la que tiene acceso un beneficiario

## 2.3 Estimación del índice de capacidad adaptativa en servicios ecosistémicos.

Para el desarrollo de esta investigación se emplean dos métodos de agregación de las categorías y variables en el índice: i) promedio ponderado por expertos y ii) el análisis de componentes principales (ACP).

La ponderación por expertos permite evaluar el concepto de CA a través de la contribución de cada elemento en el índice. Para su estimación se debe realizar una consulta a expertos en la cual se tiene dos objetivos (i) seleccionar las categorías y las variables dentro de cada categoría a tener en cuenta en el índice en el contexto de SE y (ii) determinar las ponderaciones de cada categoría y variable seleccionada para luego agregar el índice con la información obtenida.

Para el ACP primero se hace un análisis de correlación con el objeto de analizar las correlaciones entre las variables y luego el análisis en software estadístico determinado. A continuación se describen los dos métodos a utilizar.

### **2.3.1 Consulta a expertos**

La consulta a expertos es un método que permite validar cuestionarios y ponderaciones con la opinión experta en diversos ámbitos de conocimiento (Blasco et al., 2010). Un experto es una persona cuya formación y experiencia previa le ha permitido alcanzar un dominio sobre un tema en particular (García et al., 2013). Dado que la construcción de indicadores de CA en el contexto de servicios y a escala local no ha sido desarrollada, se necesitó de expertos que opinaran y validaran sobre las categorías y variables que se debían tener en cuenta en la construcción de este índice en el contexto de servicios ecosistémicos.

El cuestionario a expertos se preparó teniendo en cuenta que fuera fácil de entender y diligenciar. Las variables y categorías iniciales se recopilaban de la literatura permitiendo así que el experto pudiera modificar el listado con la eliminación o introducción de nuevas de acuerdo a su consideración. El cuestionario experto consta de cuatro partes. La primera, fue una introducción explicativa del objeto y contexto del índice. La segunda, se planteó para que los expertos validaran las categorías definidas, seleccionaran las variables a pertenecer a cada categoría y ponderaran la importancia, tanto de las categorías como de las variables dentro de estas. La tercera parte, permitió al experto sugerir variables y categorías que debían tenerse en cuenta en el ICA. Como aporte complementario de los expertos se planteó un espacio abierto de observaciones, donde se brindó la posibilidad de justificar las respuestas dadas por cada uno. En el anexo 1 se muestra la encuesta a expertos.

Para la selección del panel de expertos, se identificaron personas cuyo trabajo o línea de investigación se enfocara en temas relacionados con gestión del riesgo, servicios ecosistémicos y trabajos con comunidades. La encuesta fue enviada en principio a un grupo de personas que fueron consideradas especialistas en las áreas de interés. Finalmente fue diligenciada por 12 expertos. Estas fueron sistematizadas y procesadas para su análisis. En el anexo 2 se hace una breve descripción de cada experto.

### 2.3.2 Definición de las ponderaciones en el índice.

El índice a construir se realiza por agregación de variables mediante el método participativo de panel de expertos. Los expertos asignan ponderaciones tanto de las categorías como las variables a agregar dentro del índice. A continuación se muestra la estructura general del índice de capacidad adaptativa en servicios ecosistémicos (ICAse) ponderado propuesto:

$$ICAse = (w_g * Gob) + (w_{cs} * CarSoc) + (w_{con} * Con) + (w_i * Inf) + (w_{eq} * Eq) + (w_{es} * Es) \quad \text{Ecn. 4}$$

Donde

$w_g$  es el peso de la categoría gobernanza

$w_{cs}$  es el peso de la categoría características socioeconómicas

$w_{con}$  es el peso de la categoría conocimiento

$w_i$  es el peso de la categoría infraestructura

$w_{eq}$  es el peso de la categoría equidad

$w_{es}$  es el peso de la categoría estructura social

$Gob$  es el valor de la categoría gobernanza

$CarSoc$  es el valor de la categoría características socioeconómicas

$Con$  es el valor de la categoría conocimiento

$Inf$  es el valor de la categoría infraestructura

$Eq$  es el valor de la categoría equidad

$Es$  es el valor de la categoría estructura social

#### ▪ Pesos relativos de cada experto.

Para conocer la ponderación de cada variable y cada categoría dentro del índice, primero se determina el peso relativo a cada experto de acuerdo a la experiencia registrada en la encuesta tanto en el área de Servicios Ecosistémicos como de Riesgo y Vulnerabilidad (R y V). Esto se hace con el fin de asignar mayor peso a los expertos con mayor experiencia en las áreas mencionadas, deduciendo que a mayor experiencia, mayor acercamiento a los temas base de investigación (Berrio, 2014).

De acuerdo con (Berrio, 2014), se utilizan las ecuaciones (5) y (6) para calcular el peso de cada experto

$$P_{iSE} = \frac{n_{iSE}}{\sum_i^{12} n_{iSE}} \quad \text{Ec.(5)}$$

Donde  $P_{iSE}$  es el peso del experto  $i$  de acuerdo a los años reportados como experiencia en SE

$n_{iSE}$  es el número años reportados por el experto  $i$  como experiencia en SE.

$\sum_i^{12} n_{iSE}$  es la sumatoria de los años reportados como experiencia por los 12 expertos en el área de SE.

$$P_{iRV} = \frac{n_{iRV}}{\sum_i^{12} n_{iRV}} \quad \text{Ec.(6)}$$

Donde  $P_{iRV}$  es el peso del experto  $i$  de acuerdo a los años reportados como experiencia en Riesgo y Vulnerabilidad.

Y  $n_{iRV}$  es el número de años reportados por el experto  $i$  como experiencia en Riesgo y Vulnerabilidad.

Y  $\sum_i^{12} n_{iRV}$  es la sumatoria de los años reportados como experiencia por los 12 expertos en el área de Riesgo y Vulnerabilidad.

Con las ecuaciones planteadas anteriormente, se obtienen un peso relativo en SE y un peso relativo en R y V. Estos dos pesos son sumados para obtener el peso final de los expertos con mayor experticia en las dos áreas trabajadas en esta investigación así:

$$P_{iT} = P_{iRV} + P_{iSE} \quad \text{Ec. (7)}$$

Donde  $P_{iT}$  es el peso total del experto  $i$  tanto en Servicios Ecosistémicos como en Riesgo y Vulnerabilidad

$P_{iRV}$  es el peso del experto  $i$  de acuerdo a los años reportados como experiencia en Riesgo y Vulnerabilidad.

$P_{iSE}$  es el peso del experto  $i$  de acuerdo a los años reportados como experiencia en SE

- **Ponderaciones de categorías y variables.**

Luego de tener los pesos relativos de cada experto se sigue a identificar la ponderación de cada categoría y cada variable dentro del índice. Para esto se utilizan las ecuaciones (8) y (9) de acuerdo con (Berrio, 2014):

$$W_{Catk} = \sum_{i=1}^{12} W_{Catki} * P_{iT} \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde  $W_{Catk}$  es la ponderación de la categoría  $k$

Y  $W_{Catki}$  es el peso de la categoría  $K$  dada por el experto  $i$ .

Y  $P_{iT}$  es el peso total del experto  $i$  tanto en SE como en Riesgo y Vulnerabilidad.

$$W_{Vk} = \sum_{i=1}^n W_{vki} * P_{iT} \quad \text{Ec.(9)}$$

Donde  $W_{Vk}$  es la ponderación de la variable k en la categoría k

Y  $W_{vki}$  es el peso de la variable k dada por el experto i.

Y  $P_{iT}$  es el peso total del experto i tanto en SE como en R y V.

### 2.3.3 Análisis de componentes principales

El ACP está siendo fuertemente utilizado en los análisis de indicadores con el fin generar la mayor variabilidad posible sin perder información. En este estudio se utiliza el ACP para la construcción del ICA sin unidad con el objetivo de disminuir dimensionalidad de los datos sin perder información, pudiendo explicar la mayor variabilidad de estos y extrayendo los análisis de las relaciones entre las diferentes variables.

El análisis de componentes principales es una técnica de análisis multivariado que pretende generar nuevas variables que puedan expresar la información contenida en el conjunto original de datos, reducir la dimensionalidad del problema que se esté estudiando, y eliminar, cuando sea posible, algunas de las variables originales si ellas aportan poca información. Al ser las componentes principales, variables nuevas generadas como combinaciones lineales (sumas ponderadas) de las variables originales, es posible utilizar las componentes principales en lugar de las variables originales (Bohórquez, 2013). Su aplicación requiere la existencia de un cierto grado de correlación entre los indicadores que componen el sistema inicial (Peral et al., 2011).

La principal ventaja de ACP sobre otras técnicas de exploración es que puede capturar la mayor parte de las relaciones y la variabilidad entre los indicadores originales sin perder información importante (Xenarios et al., 2016). La técnica de componentes principales es debida a Hotelling (1933), aunque sus orígenes se encuentran en los ajustes ortogonales por mínimos cuadrados introducidos por K. Pearson (1901) (Uriel & Aldás, 2005).

Varios autores han empleado la técnica de ACP en la solución de problemas asociados a la construcción y definición de indicadores en diferentes áreas, como es el caso de (Bohórquez, 2013), quien aplica ACP en su metodología para construir un indicador de vulnerabilidad social ante amenazas naturales a nivel de hogares en la ciudad de Manzanillo (México), pudiendo combinar variables de tipo cualitativo y cuantitativo y obteniendo resultados satisfactorios al explicar el 73% de la variabilidad de los datos. Además de obtener un indicador de vulnerabilidad, muestra espacialmente como es su comportamiento al realizar un levantamiento cartográfico, pudiendo así generar información detallada que pueda ser útil a los tomadores de decisiones.

Otro estudio como el de (Xenarios et al., 2016) utilizan el ACP en la construcción de un índice de vulnerabilidad al cambio climático en Bangladesh a nivel regional, con el objetivo de explicar las posibles relaciones entre un gran conjunto de variables o indicadores. Esta vulnerabilidad esta medida en términos de la sensibilidad, exposición y CA. De 29 variables originales se redujo la dimensionalidad de los datos a tres componentes principales.

Nhuan et al. (2016) también construyen un indicador que mide cuantitativamente la CA en hogares urbanos frente al cambio climático utilizando ACP. Utilizando este análisis pudieron reducir de 17 variables iniciales a 6 componentes principales identificando por cada componente los determinantes que inciden fuertemente en dicha CA a nivel urbano.

## **2.4 Recolección de la información y características de la muestra.**

Una vez definidas las variables a tener en cuenta dentro del índice de capacidad adaptativa en servicios ecosistémicos (ICAse) con la consulta a expertos, se procedió a recolectar la información de estas para su posterior evaluación.<sup>3</sup> Esta etapa consistió en tres fases como se muestra a continuación.

### **2.4.1 Fase 1.**

En la primera fase se realizaron talleres participativos en los municipios de la zona de estudio. El objetivo era conocer los actores, la forma de relación con los recursos e identificar los servicios que mayor importancia tenían para ellos. Se realizaron cuatro talleres en la zona de estudio:

- Casco urbano de Santa Rosa de Osos
- Casco urbano San Pedro de los Milagros
- Corregimiento Riogrande Bellavista en Donmatías
- Vereda Zancudito en el municipio de Belmira

---

<sup>3</sup> Este estudio hace parte del proyecto de tesis para obtener el título de doctor en Recursos hidráulicos "Vulnerabilidad de sistemas sociales frente a la modificación de servicios ecosistémicos en cuencas hidrográficas de media montaña". La metodología en esta fase se desarrolla similar a dicha tesis por la relación con las consideraciones teóricas y por la recolección de información que se realizó en conjunto por temas de recursos y tiempo.

Los talleres realizados en los municipios de Donmatías y Belmira se realizan en la zona rural dado que por experiencia en proyectos anteriores en el área de estudio se presenta mayor participación de las comunidades en estas zonas. El taller llevado a cabo en el municipio de San Pedro de los Milagros se hizo en conjunto con el municipio de Entreríos por temas de logística. En el anexo 3 se hace una descripción de las actividades programadas en los talleres.

Durante los talleres se realizó un panel de discusión sobre los recursos de la naturaleza que ellos consideraran importantes (agua, suelo, bosques, animales, entre otros) y las formas en que ellos contribuían (servicios o beneficios obtenidos) en sus formas de vida. Durante el panel los beneficiarios prepararon un primer listado de los servicios que obtienen a partir de estos recursos. Luego priorizaron este listado con los cinco servicios de mayor relevancia en sus medios de vida. Tanto el primer listado de servicios como los servicios priorizados fueron realizados de forma grupal. Posteriormente se construye con los participantes el concepto de SE y se identifican las problemáticas ambientales en sus veredas.

En un segundo momento los participantes dibujan un mapa de su vereda, localizando su predio y ubicando las zonas importantes para la provisión y el mantenimiento de los SE priorizados en la primera parte del taller, así como también el lugar donde ellos utilizan dichos servicios.

Los resultados sobre la priorización de servicios son grupales mientras que para ubicación espacial de los beneficiarios se obtienen resultados individuales. En la tabla 18 se muestran los servicios que fueron priorizados en cada taller en los municipios.

**Tabla 18.** Servicios Ecosistémicos priorizados en cada taller.

Servicios priorizados	Santa Rosa de osos	San Pedro de los Milagros-Entreríos	Belmira	Donmatías
Agua para consumo de animales	✓	✓		✓
Agua para consumo humano	✓	✓		✓
Agua para cultivos	✓		✓	✓
Alimentación para los animales				✓
Almacenamiento de agua		✓		
Control de erosión	✓		✓	✓
Animales y Fauna / Hábitat	✓		✓	

Conocimiento			✓	
Generación de Energía	✓			✓

Luego de análisis de resultados se seleccionan los tres servicios priorizados que fueron semejantes en toda la cuenca:

- ✓ Agua para consumo humano
- ✓ Agua para uso agrícola y pecuario
- ✓ Control de erosión del suelo

## 2.4.2 Fase 2.

El objetivo de esta fase fue determinar la forma de realizar el muestreo en campo de la mayor cantidad posible de predios, dado el tamaño de la cuenca y las limitaciones de recursos. Para esto se exploró en fuentes secundarias, diversas formas de agrupar los predios de acuerdo a un conjunto de características. Para esto se utilizó un criterio aplicado en el ordenamiento catastral, definido como zona homogénea física (ZHF), el cual junto a la zonificación homogénea económica (ZHE) permite asignar la valoración económica del predio.

Una ZHF agrupa predios con características similares en unas categorías dadas, de acuerdo a un conjunto de características del entorno físico, como son: el clima, topografía, vías, valor potencial del predio, grado de erosión del predio, uso predominante y cantidad de aguas. En el área de estudio se cuenta con cerca de 41310 predios agrupados en 93 ZHF. Esta información se obtuvo de la oficina de Catastro de la Gobernación de Antioquia. Una vez definidas las ZHF de la zona, se realiza una identificación de las ZHF con mayor proporción de área dentro de cada municipio. Se seleccionan las veredas que tienen mayor representación de área en las ZHF dominantes dentro del área de estudio, con el fin de definir zonas o núcleos de trabajo en las veredas. Un núcleo de trabajo se refiere al agrupamiento de veredas de una zona específica que se caracterizan por su cercanía. En estos núcleos se realizan talleres participativos y encuestas en predios (Berrouet et al, 2017). Para seleccionar veredas en un núcleo, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Se identificaron las ZHF dominantes de cada municipio, y se seleccionaron las veredas que tuvieran una representación mayor al 5% en las ZHF dominantes identificadas. Los porcentajes de áreas de las veredas en las ZHF varían entre 5 y 37%.
- Que hubiese complementariedad con otros estudios en la zona, dado que este estudio se realiza en el marco de un Programa de Gestión del Riesgo Ambiental en

Cuencas Hidrográfica de Montaña Media, en el cual se adelantan otros proyectos de tipo biofísico del suelo que pueden aportar en características de los servicios evaluados y las comunidades que se benefician de ellos.

- Se incluyeron otras veredas, que, por su cercanía y posibilidades de acceso, a las priorizadas con los criterios anteriores pudieran ser incluidas en el núcleo.

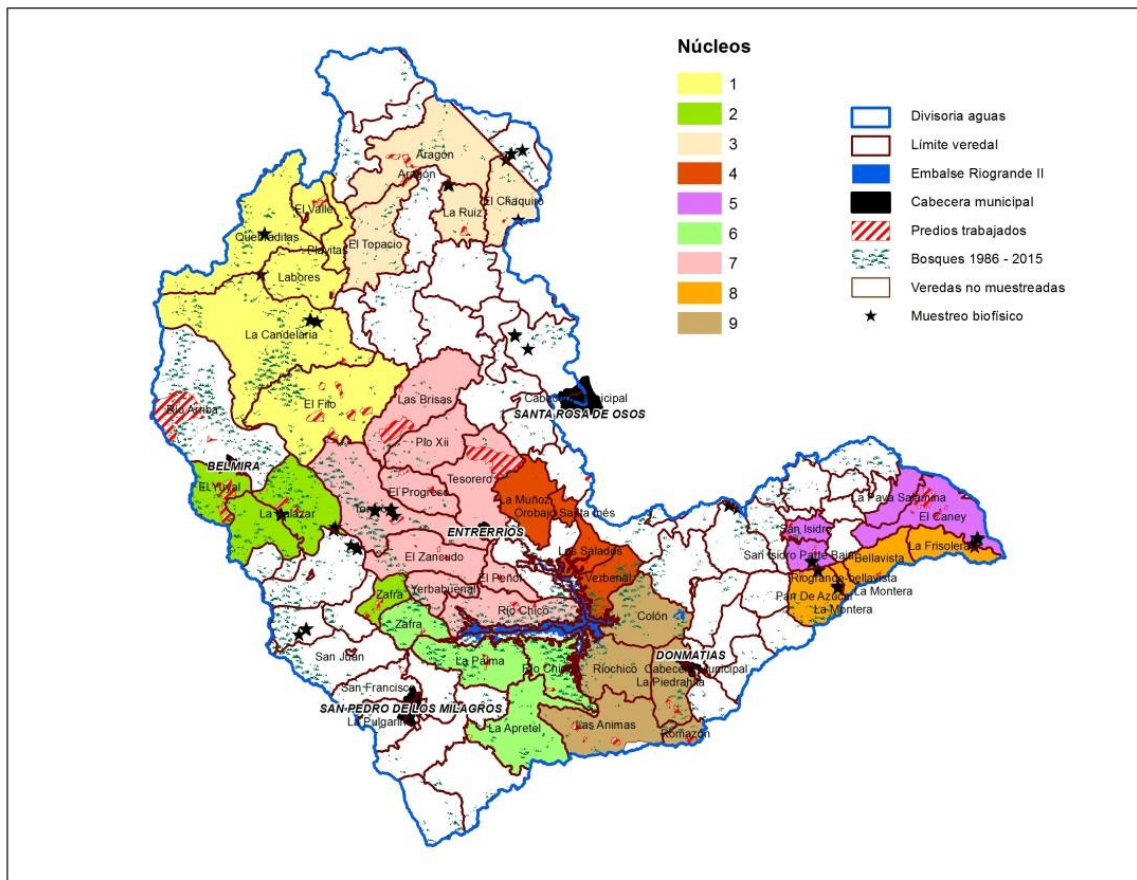
En la tabla 19 se muestran el número de núcleos definidos para el área de estudio y las veredas seleccionadas en cada núcleo de acuerdo a los criterios ya mencionados. En el municipio de Santa Rosa de Osos se realizaron tres núcleos, en el municipio de Belmira dos, en el municipio de Donmatías dos, en el municipio de Entreríos como en San Pedro de los Milagros un núcleo respectivamente.

**Tabla 19.** Núcleos y veredas seleccionadas por núcleo de trabajo.

Municipio	Núcleo	Veredas.
Belmira	Núcleo 1	Labores, Quebraditas, Playitas, El valle, La Candelaria, El Filo
	Núcleo 2	Rioarriba, El Yuyal, La Salazar, Zafra
Santa Rosa de Osos	Núcleo 3	Aragón, Topacio, La Ruiz, El Chaquiro
	Núcleo 4	Los Salados, Santa Inés, Verbenal, Riogrande, la Muñoz, Colon
	Núcleo 5	San Isidro, San Isidro parte baja, el Caney, la Pava Salamina
San Pedro de los Milagros	Núcleo 6	Zafra, la Palma, Riochico, la Pretel
Entreríos	Núcleo 7	Las Brisas, Toruro, Tesorero, El Zancudo, El Peñol, Río Grande, Yerbabuenal
Donmatías	Núcleo 9	Colon, las Animas, Río chico
	Núcleo 8	Bellavista, Pan de azúcar, La frisolera, la Montera
	Núcleo 9	Colon, las Animas, Río chico, Romazón, La Piedrahita

En la figura 2 se muestra el mapa con los núcleos de trabajo y las veredas seleccionadas en cada núcleo en los cinco municipios. Las zonas coloreadas en la figura corresponden a los núcleos y veredas presentadas en la tabla 19, mientras que las zonas en blanco corresponden a las veredas no muestreadas. En la figura 2 también se muestra la ubicación de los predios trabajados en cada una de las veredas participantes.

Figura 2. Núcleos y veredas seleccionadas por cada núcleo de trabajo.



Tomado de Berrouet, 2017.

### 2.4.3 Fase 3.

Esta fase tiene por objetivo identificar características de los beneficiarios que permita crear tipos o perfiles para su posterior análisis y recolectar la información necesaria para evaluar las variables seleccionadas por los expertos. Como se presentó en la descripción de las variables, en esta investigación se cuenta tanto con variables con información del beneficiario como variables con información generada por la institución. La institución evaluada en este estudio es el ente territorial de cada municipio.

Después del establecimiento de los núcleos de trabajo se hizo el diseño metodológico, el cual consistía en la realización de talleres participativos con el fin de identificar beneficios de los SE, uso de recursos, necesidades y problemáticas ambientales en las diferentes veredas. También se realizaron entrevistas semiestructuradas individuales (ver anexo 4) con el fin de recolectar información de carácter socioeconómico, conocimiento ambiental y

---

producción. Cabe anotar que antes de empezar la entrevista, se informaba al encuestado el objeto de la misma y se le indicaba que la información recopilada sería tratada con absoluta confidencialidad y privacidad.

Durante la primera fase hubo participación principalmente de productores con predios entre 1 y 100 Ha, lo que indicaba predios pequeños y medianos (IGAC, 2012) y beneficiarios asentados en los centros poblados de los municipios. Los beneficiarios con predios mayores a 100 Ha no asisten fácilmente a estos espacios de participación. Se determinó complementar los talleres con entrevistas individuales a estos productores, capturando información similar a la obtenida en los talleres. Con información suministrada por la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA), se identificaron estos productores en los cinco municipios.

Para la recolección de la información de la institución (ente territorial), se realizó consulta en documentos oficiales y se les envió la solicitud de información sobre el tipo de infraestructura con que se cuentan en las veredas, programas y proyectos ambientales ejecutados en las veredas del municipio y documentos sobre el desempeño integral del municipio evaluado por el DNP. Estas variables se explican mejor en la descripción de cada una (numeral 2.2.2)

Una vez realizados las entrevistas en predio y los talleres en los núcleos de trabajo se obtuvieron 114 entrevistas con toda la información de las variables necesarias para el cálculo del índice. En el anexo 5 se especifican el número de asistentes en cada taller y el número de encuestas en predio realizadas.

## **2.5 Análisis**

Una vez obtenidas las 114 encuestas, estas fueron digitalizadas y procesadas para obtener una base datos para el posterior análisis estadístico. Cabe anotar que se utilizaron tanto datos primarios como datos secundarios en la evaluación de las variables. Cada variable fue normalizada para realizar análisis entre estas. Para el análisis estadístico y descriptivo de los datos se utilizaron los programas de Microsoft Excel 2007 y el paquete estadístico R en el cual se realizó el análisis de componentes principales ACP. Las ponderaciones se calcularon con las ecuaciones planteadas en el numeral 2.3.2. Para la agregación de las variables se utiliza el método de ponderación de expertos y ACP.



## **3.Resultados**

Los resultados mostrados a continuación están orientados al cumplimiento de los objetivos de esta investigación. Una vez desarrollada la metodología planteada anteriormente se responde al objetivo general el cual es construir un índice de capacidad adaptativa frente a pérdida o deterioro de servicios ecosistémicos. Se construyeron tres índices de capacidad adaptativa con el fin de analizar su robustez. El primer índice está basado en las ponderaciones de categorías y variables obtenidas por los expertos. El segundo índice se construyó a través de ACP en cada una de las categorías definidas y un tercer índice se construye a partir de ACP de las 16 variables sin ser agrupadas en categorías.

### **3.1 Perfiles de beneficiarios identificados en la cuenca de los Ríos Grande y Chico**

En esta investigación se identificaron diez perfiles de beneficiarios de acuerdo a la actividad económica principal, distribución de usos de suelo, nivel de producción y área del predio. En la tabla 20 se muestran los perfiles identificados con su código y una descripción de cada perfil.

Dentro de los diez perfiles identificados en la cuenca el perfil PB4 (pequeños productores ganaderos) es quien presenta la mayor representación de beneficiarios en el estudio con el 48% de la muestra (54 beneficiarios). El segundo lugar es para el perfil PB5 (medianos productores ganaderos) con el 12% (14 beneficiarios). El perfil PB6 (grandes productores ganaderos) está representado por un 9% del total de beneficiarios (10 beneficiarios), mientras que los perfiles PB16 (pequeños productores de cultivos comerciales), PB24 (particulares zonas rurales) y PB29 (pequeños y medianos productores pecuarios) cuentan con 6% de beneficiarios (7 beneficiarios) respectivamente. El perfil PB32 (beneficiarios indirectos por arrendamientos) tiene un 5% (6 beneficiarios) del total de la muestra mientras que el perfil PB31 (beneficiarios indirectos de otras actividades) un 4% (5 beneficiarios). La menor representación se encuentra en los perfiles PB17 (grandes y medianos productores de cultivos foráneos) y PB30 (grandes productores pecuarios) con 2% de la muestra en cada perfil (2 beneficiarios respectivamente).

**Tabla 20.** Perfiles de beneficiarios identificados en la cuenca de los Ríos Grande y Chico

<b>Código</b>	<b>Beneficiarios por actividad económica</b>	<b>Descripción</b>
<b>B4</b>	Pequeños productores ganaderos	Ganadería de leche, nivel de producción entre 0 - 410 l/día de leche, distribución de uso dominante (pastos) entre el 60-80% combinación con otras actividades agrícolas y pecuarias (cultivos de subsistencia, caficultura, avicultura, piscicultura).
<b>B5</b>	Medianos productores ganaderos	Ganadería de leche, nivel de producción entre 410 – 1,000 l/día de leche, distribución de uso dominante (pastos) entre el 70-80% combinación con otras actividades agrícolas y pecuarias.
<b>B6</b>	Grandes productores ganaderos	Ganadería de leche, nivel de producción mayor de 1,000 l/día de leche, predios mayores a 30has, distribución de uso dominante (pastos) mayor del 80%.
<b>B16</b>	Pequeños productores de cultivos comerciales	Presencia de familias campesinas no agremiadas que producen maíz, frijol, hortalizas y frutales para comercio local a nivel veredal y municipal.
<b>B17</b>	Grandes y medianos productores de monocultivos foráneos	Beneficiarios que tienen como práctica común la de prestar o alquilar parte de las fincas a paperos de La Unión (Antioquia) y de Boyacá durante dos o tres años para que ellos talen el bosque, adapten los terrenos para el sistema agrícola y dejen establecido el terreno para otros cultivos como el tomate de árbol y finalmente establecer pastos.
<b>B24</b>	Particulares zonas rurales	En la cuenca las familias campesinas con pequeños minifundios llevan a cabo actividades agrícolas a baja escala para producir maíz y frijol, hortalizas y frutales, estos cultivos tiene como propósito garantizar la subsistencia familiar mediante su consumo o para comercializar en redes de mercado locales.
<b>B29</b>	Pequeños y medianos productores pecuarios	Propietarios o arrendatarios de predios, con áreas entre 1-35 ha, con dedicación a otras actividades pecuarias: avicultura, piscicultura, porcicultura, levante de novillas, ganadería de carne. Los niveles de producción permiten

		el autoconsumo y un nivel de comercialización a nivel de vereda y municipio.
<b>B30</b>	Grandes productores pecuarios	Propietarios o arrendatarios de predios, con áreas mayores a 35ha, con dedicación a otras actividades pecuarias: avicultura, piscicultura, porcicultura, levante de novillas, ganadería de carne. Los niveles de producción permiten comercialización a otros municipios y la región metropolitana.
<b>B31</b>	Beneficiarios indirectos otras actividades	Propietarios o arrendatarios de predios, con predios inferiores a 10 has, que derivan su ingreso de actividades económicas no relacionadas con el sector agropecuario: comercio, trabajador en sector público o privado. Generalmente tienen en sus predios pequeñas huertas para autoconsumo. Pueden estar asentados en la zona rural o en los cascos urbanos de los municipios.
<b>B32</b>	Beneficiarios indirectos arrendamientos	Propietarios o arrendatarios de predios, derivan su ingreso de forma indirecta, de actividades agropecuarias, principalmente por arrendamiento de predios para ganadería o agricultura.

Fuente: adaptado de López-Gómez (2014)

### 3.2 Identificación de las categorías y variables dentro del Índice de CA

En el cuestionario de consulta a expertos se definieron las categorías y variables propuestas en esta investigación que fueron presentadas en el capítulo de metodología. En este cuestionario se mencionó que en el caso de que el experto considerara necesario incluir nuevas categorías y/o variables adicionales, estas se debían definir y enunciar la forma de medirla.

Dos de los expertos consultados listaron variables adicionales a las propuestas. A continuación se muestran dichas variables y una breve observación en la cual se explica si estas pueden considerarse en el análisis.

- Gestión del ecosistema
- Acceso al crédito
- Condiciones de salud
- Acceso a mercados

- Percepción de la capacidad de adaptación

Aunque los expertos recomiendan incluir estas variables no proporcionan definiciones de estas ni tampoco indicaron la forma de medirlas.

La variable Gestión del ecosistema se puede relacionar con la variable Mecanismos de conservación<sup>4</sup>; esta variable muestra las estrategias que implementan los beneficiarios para conservar el SE. Lo anterior indica que esta variable está ya incluida en el índice.

Para la variable condiciones de salud el experto no menciona como se relaciona esta variable en el contexto de servicios. En este contexto las relaciones de los individuos con los recursos naturales determinan la forma de utilizar los servicios ecosistémicos. Esta investigación de escala local considera todo tipo de beneficiarios independiente de la actividad que realicen.

La variable percepción de la capacidad de adaptarse puede relacionarse con las variables conocimiento ecológico local y tecnología e innovación que informan el conocimiento de los cambios en su territorio y la implementación de tecnologías que informan sobre la toma de decisiones anticipadas y podrían indicar de forma indirecta si un beneficiario se puede adaptar ante los cambios que se podrían presentar.

A continuación en la tabla 21 se muestran las categorías y variables seleccionadas y el número de expertos que las validan. Dado que todas las categorías son aceptadas por los expertos, se procede a trabajar con las seis categorías seleccionadas.

Cada variable fue incluida en una categoría de acuerdo al mayor número de expertos que la clasificaron en dicha categoría. La variable Accesibilidad a recursos biológicos fue considerada por la mayoría de los expertos, pero solo hubo consenso en la categoría equidad por dos expertos.

En las categorías de Gobernanza e instituciones se seleccionaron cuatro variables (Gobernanza e Instituciones, Distribución de la información, Eficiencia institucional, Relación institución-beneficiario) en Características socioeconómicas también cuatro (Nivel de ingreso, Diversificación de Actividades, Educación, Dependencia del SE) para la categoría Conocimiento tres variables (Conocimiento ecológico local, Conocimiento del fenómeno y Tecnología e innovación). En la categoría Infraestructura dos variables (Infraestructura disponible y Acceso a servicios) así como en la categoría Equidad (Equidad y Accesibilidad a recursos biológicos) y en la categoría Estructura social solo se seleccionó una variable (Organización de la comunidad)

---

<sup>4</sup> Por temas del alcance en la metodología algunas variable se vinculan con aquellas pueden informar relaciones entre ellas.

**Tabla 21.** Categorías y variables seleccionadas en el índice de capacidad adaptativa en servicios ecosistémicos.

Categorías propuestas	Número de expertos que seleccionan las categorías	Variables	Número de expertos que seleccionan la variable
Gobernanza e Instituciones	12	Mecanismos de Conservación	9
		Distribución de la información	5
		Eficiencia institucional	11
		Relación institución-beneficiario	10
Características socioeconómicas	12	Nivel de ingreso	10
		Diversificación de Actividades	9
		Educación	7
		Dependencia del SE	5
Conocimiento	12	Conocimiento ecológico local	12
		Conocimiento del fenómeno	10
		Tecnología e innovación	6
Estructura social	11	Organización de la comunidad	10
Infraestructura	12	Infraestructura disponible	10
		Acceso a servicios	6
Equidad	10	Equidad	7
		Accesibilidad a recursos biológicos	2

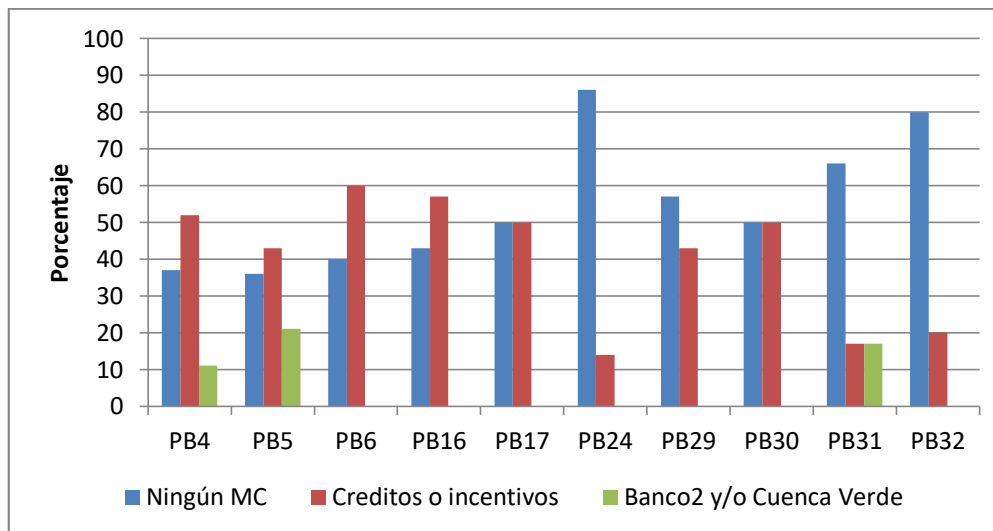
### 3.3 Estadísticas descriptivas

A continuación se presenta una breve descripción de los diez perfiles de beneficiarios identificados en la zona de estudio a partir de estadística descriptiva. Se realiza un análisis de la evaluación de las variables entre los perfiles y entre los cinco municipios en donde se encuentran estos perfiles.

### 3.3.1 Análisis de variables entre perfiles.

La figura 3 muestra los resultados de la variable Mecanismos de conservación en los diez perfiles, se observa que los beneficiarios que hacen parte de BANCO2 o Cuenca verde se encuentran en los perfiles PB31, PB4 Y PB5. De estos perfiles, el perfil PB5 es quien mayor porcentaje de beneficiarios presenta con este mecanismo (21%), el 43% presenta créditos o incentivos y el 36% no implementa ningún mecanismo. El perfil PB5 es quien presenta la mayor proporción de mecanismos entre los perfiles. Los otros siete perfiles PB6, PB16, PB17, PB24, PB29, PB30 y PB32 se caracterizan por implementar créditos o incentivos o no implementar ningún mecanismo. En el perfil PB6 es quien presenta el mayor porcentaje (60%) de beneficiarios con mecanismo de créditos o incentivos. El perfil PB24 se caracteriza por que más del 85% de los beneficiarios no implementan ningún tipo de mecanismo. El perfil PB32 también se caracteriza por que cerca del 80% de los beneficiarios no implementan ningún mecanismo de conservación, así como también el perfil PB31 con el 66% de los beneficiarios.

**Figura 3.** Evaluación de la variable Mecanismos de conservación en los diez perfiles de beneficiarios identificados en la cuenca de los Ríos Grande y Chico.

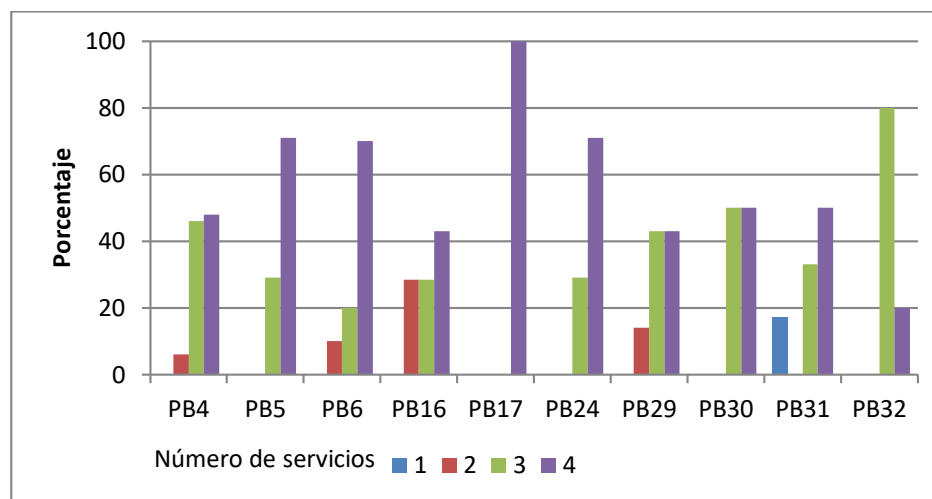


MC es mecanismo de conservación.

En cuanto a la variable Acceso a servicios, seis de los diez perfiles se caracterizan por que más del 50% de los beneficiarios en cada perfil cuentan con cuatro servicios en sus predios. En la figura 4 se puede observar que en el perfil PB16 se presentan la mayor cantidad de beneficiarios con menos cantidad de servicios en sus predios, cerca del 29% de estos solo cuentan con dos servicios. Aunque la mayoría de perfiles se caracterizan por tener tres o más servicios, en campo se evidenció que el servicio de alcantarillado o pozo séptico para el tratamiento de aguas residuales es escaso entre los beneficiarios. El hecho

de no tener ningún tipo de tecnología implica que los individuos viertan las aguas residuales a los cauces de las quebradas, contaminando los cuerpos de agua. Esto afecta el bienestar de los beneficiarios aguas abajo, que utilizan estos cauces para uso doméstico o pecuario.

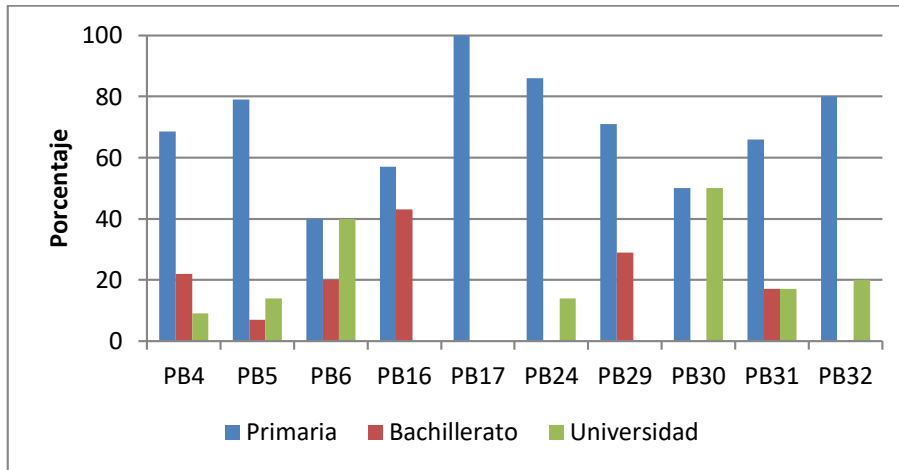
**Figura 4.** Evaluación de la variable Acceso a servicios en los diez perfiles identificados.



Numero de servicios se refiere a la cantidad de servicios con que cuenta un beneficiario.

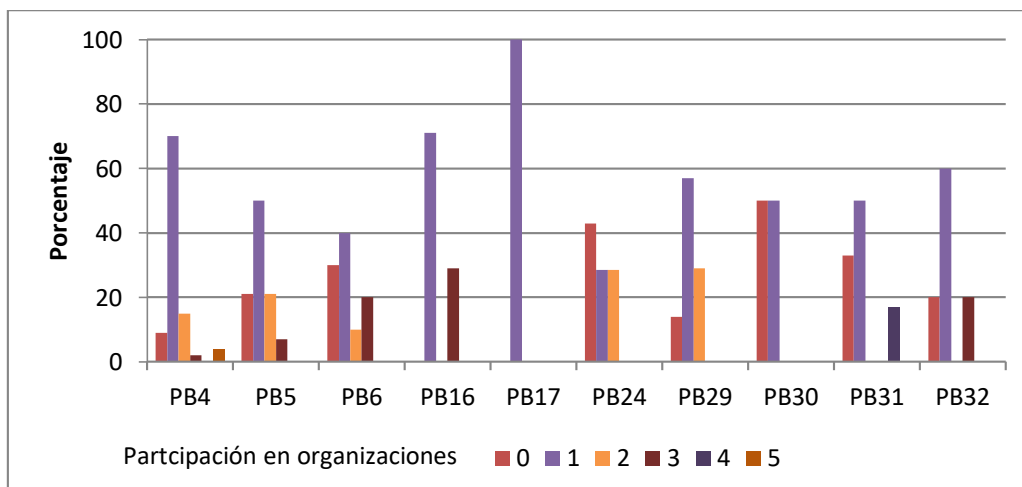
En la figura 5 se muestra la variable nivel de educación y se puede observar que los diez perfiles de beneficiarios se caracterizan por tener la básica primaria como su máximo nivel de estudio. El perfil PB6 presenta el 40% de los beneficiarios con nivel de estudio universitarios, un 20% bachillerato y el otro 40% en primaria. Este perfil es quien presenta el mayor porcentaje de beneficiarios con nivel universitario mientras que los perfiles PB29 y PB16 no se presentan beneficiarios con este nivel de estudio. Menos del 40% de los beneficiarios de estos perfiles tienen el bachillerato como su máximo nivel de estudio y más del 60% solo tienen la primaria.

**Figura 5.** Evaluación de la variable Nivel de educación en los diez perfiles identificados.



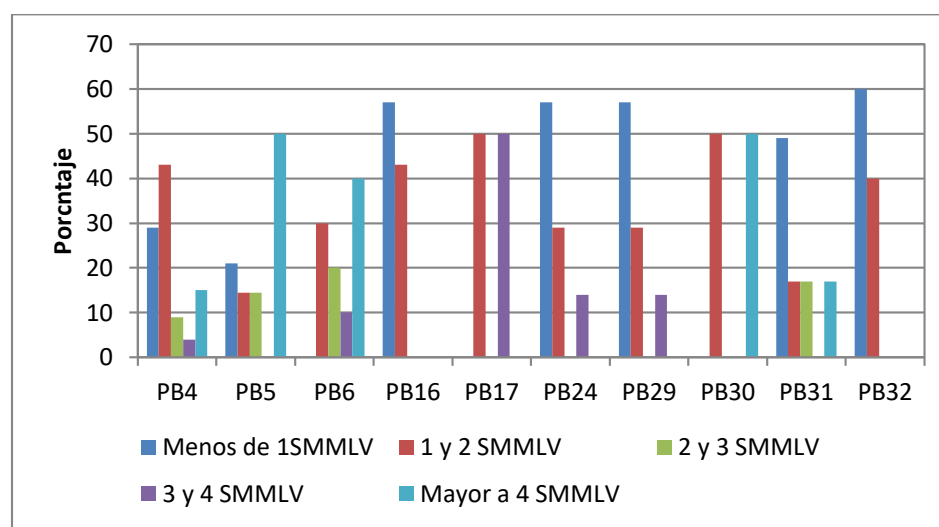
En la figura 6 se puede observar la evaluación de la variable Organización de la comunidad. Los diez perfiles se caracterizan por que el mayor porcentaje de beneficiarios de cada perfil participan solo en una organización comunitaria. El perfil PB6 presenta el mayor porcentaje de beneficiarios (30%) que participan en dos o más organizaciones mientras que los dos beneficiarios del perfil PB17 participan solo en una organización. Un 17% de los beneficiarios del perfil PB31 participan en cuatro organizaciones mientras que un 4% del perfil PB4 participan en cinco organizaciones. En el perfil PB24 se encuentran el mayor porcentaje de beneficiarios (43%) que no participan en ningún tipo de organización comunitaria. En términos generales la organización donde hay mayor participación de los beneficiarios de la cuenca es la junta de acción comunal (JAC), le sigue en ese orden la junta de acueducto de la vereda, grupo tercera edad, asociación de padres de familia, mesa ambiental, asociación de mujeres y asociaciones agropecuarias.

**Figura 6.** Evaluación de la variable Organización de la comunidad en los diez perfiles identificados.



En la figura 7 se muestra la evaluación de la variable nivel de ingreso en los diez perfiles identificados. Se observa que el perfil PB32 es quien presenta el mayor porcentaje de beneficiarios (60%) con nivel de ingreso menor a 1 SMMLV<sup>5</sup>, le sigue los perfiles PB29, PB16 Y PB24 con el 57% de los beneficiarios respectivamente en este nivel, luego está el perfil PB31 con el 49% y el PB5 con el 29% de los beneficiarios. Los perfiles PB30, PB6 y PB17 no presentan beneficiarios en este nivel de ingresos. El perfil PB5 y PB17 tienen cerca del 50% de los beneficiarios con nivel de ingresos mayores a 4 SMMLV seguido por el perfil PB6 con el 40% de los beneficiarios. El perfil PB4 presenta el 43% de los beneficiarios entre 1 y 2 SMMLV, este perfil presenta la mayor variación de nivel de ingresos entre los beneficiarios. Los perfiles PB32 y PB16 no presentan beneficiarios con nivel de ingresos superiores 2 SMMLV.

**Figura 7.** Evaluación de la variable Nivel de ingresos en los diez perfiles identificados.

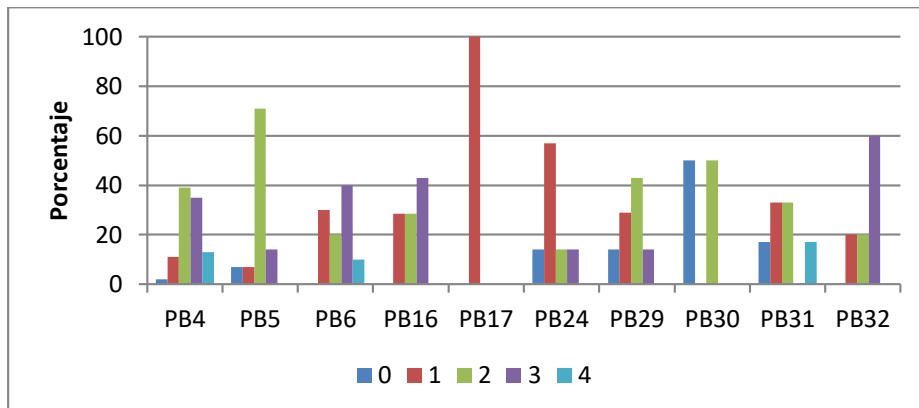


SMMLV es salario mínimo mensual legal vigente.

La figura 8 muestra la evaluación de la variable Relación institución-beneficiario donde se observa que la mayor calificación dada por los beneficiarios para las cuatro instituciones evaluadas (Autoridad ambiental, JAC, Ente territorial, UMATA) se presenta en los perfiles PB4, PB6 y PB31. El perfil PB4 presenta la mayor variación de respuestas en los beneficiarios y las calificaciones son las que mayor porcentaje (34% y 35%) de beneficiarios presentan en este perfil. El perfil PB5 se caracteriza por que cerca del 75% de los beneficiarios se inclinan con la calificación 2 (institución con algún nivel de presencia o información) mientras que cerca del 57% de los beneficiarios en el perfil PB30 y el 100% del perfil PB17 mencionan que hay poca presencia de las instituciones el territorio. Para el perfil PB32 cerca del 60% de beneficiarios asignan la calificación 3.

<sup>5</sup> SMMLV hace referencia a un salario mínimo mensual legal vigente para el año 2016.

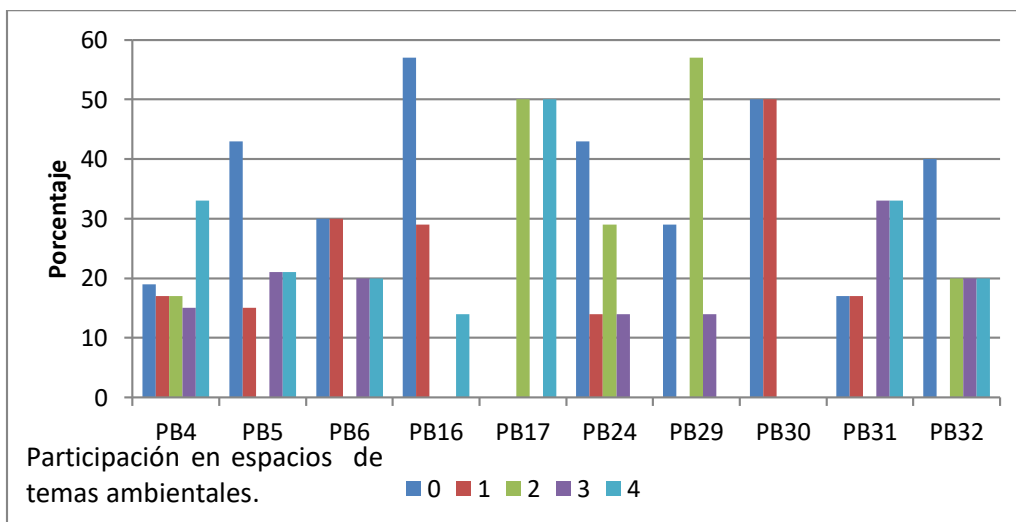
**Figura 8.** Evaluación de la variable Relación institución-Beneficiario en los diez perfiles.



0 = El beneficiario no presenta ninguna relación con la institución. 1= Poco contacto o presencia de la institución en el territorio. 2= Institución con algún nivel de presencia o información en el territorio. 3= Acompañamiento ocasional de la institución con programas. 4= Presencia permanente y efectiva de la institución en el territorio.

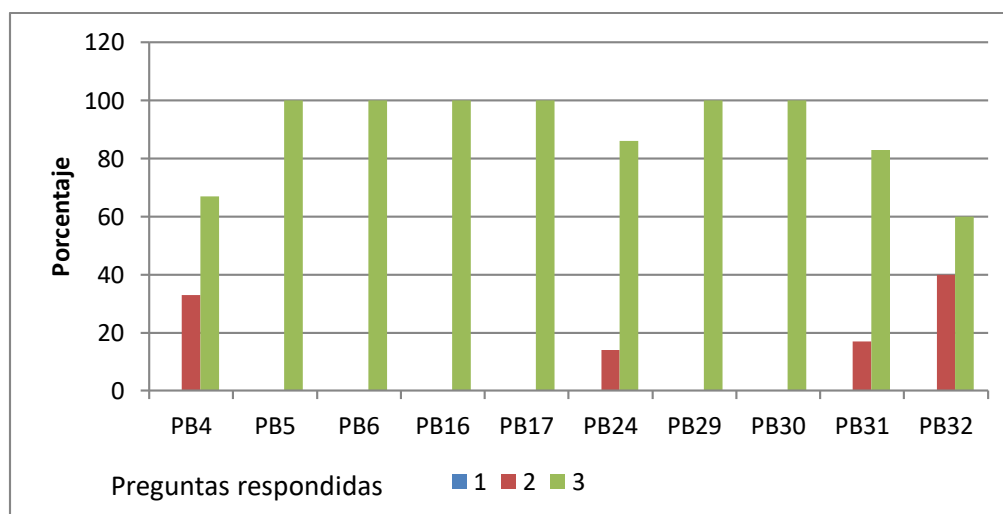
Respecto a la variable Conocimiento del fenómeno la cual es medida en términos de la participación en espacios de temáticas ambientales los perfiles PB6 y PB16 presentan el mayor porcentaje (mayor del 60%) de beneficiarios con menos de una participación en estos espacios, mientras que el perfil PB31 presenta el 66% de los beneficiarios con 3 o más participaciones en dichos espacios, esto se puede observar en la figura 9. El perfil PB4 es quien presenta la mayor proporción equilibrada de beneficiarios entre el número de espacios de participación. En términos generales el mayor porcentaje de beneficiarios en los diez perfiles no participan o solo han participado en un espacio de temática ambiental.

**Figura 9.** Evaluación de la variable Conocimiento del fenómeno en los diez perfiles identificados.



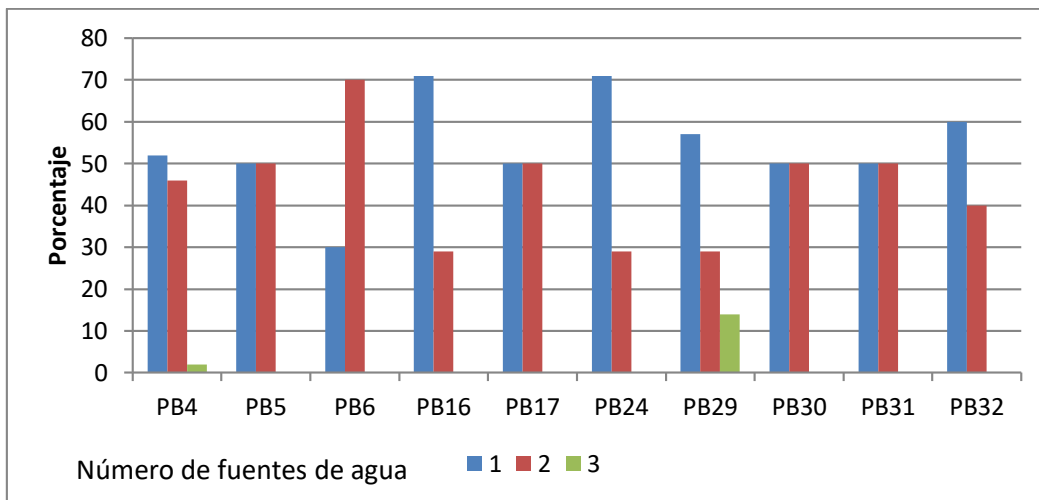
La evaluación de la variable Conocimiento ecológico local mostrada en la figura 10 no presenta diferencias significativas entre los perfiles. Esta variable es medida en términos de tres preguntas sobre los cambios en agua, suelo y bosque en su territorio. El 100% de los beneficiarios de los perfiles PB5, PB6, PB16, PB17, PB29 y PB30 responden a las tres preguntas mientras que el 40% de beneficiarios del perfil PB32, el 33% del perfil PB4, el 17% del perfil y el 14% de beneficiarios del perfil PB24 solo responden a dos preguntas.

**Figura 10.** Evaluación de la variable Conocimiento ecológico local en los diez perfiles identificados.



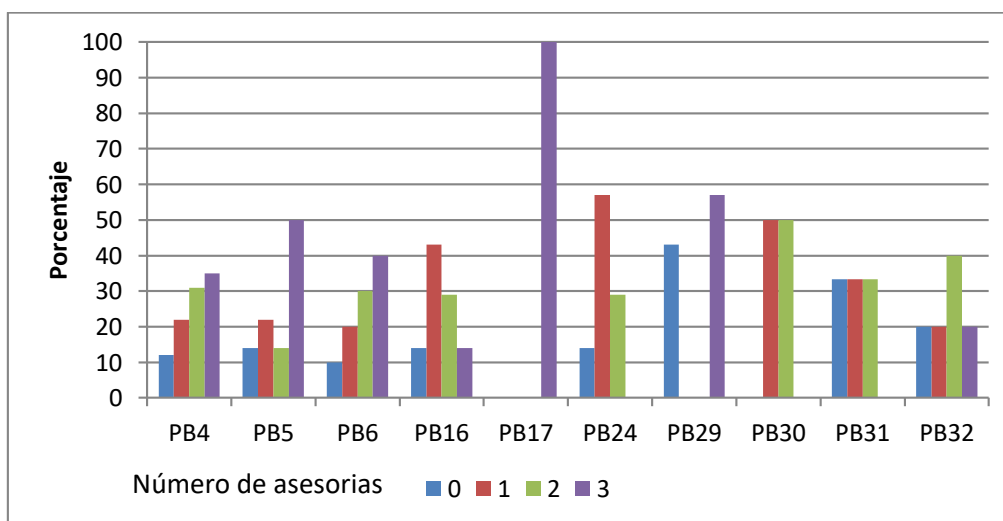
La figura 11 muestra la evaluación de la variable Accesibilidad a recursos biológicos. En esta variable los perfiles se caracterizan principalmente por tener una o dos fuentes de agua a lo sumo. Cerca del 75% de beneficiarios de los perfiles PB16 y PB24 solo tienen acceso a una fuente de agua mientras que en el perfil PB32 es el 60% y en el perfil PB29 es el 57% de los beneficiarios. En el perfil PB6 se encuentra el mayor porcentaje (70%) de beneficiarios con acceso a dos fuentes de agua mientras que los perfiles PB4 y PB29 presentan beneficiarios con acceso a tres fuentes de agua (acueducto, nacimiento en predio propio y nacimiento en otros predios)

**Figura 11.** Evaluación de la variable Accesibilidad a recursos biológicos en los diez perfiles identificados.



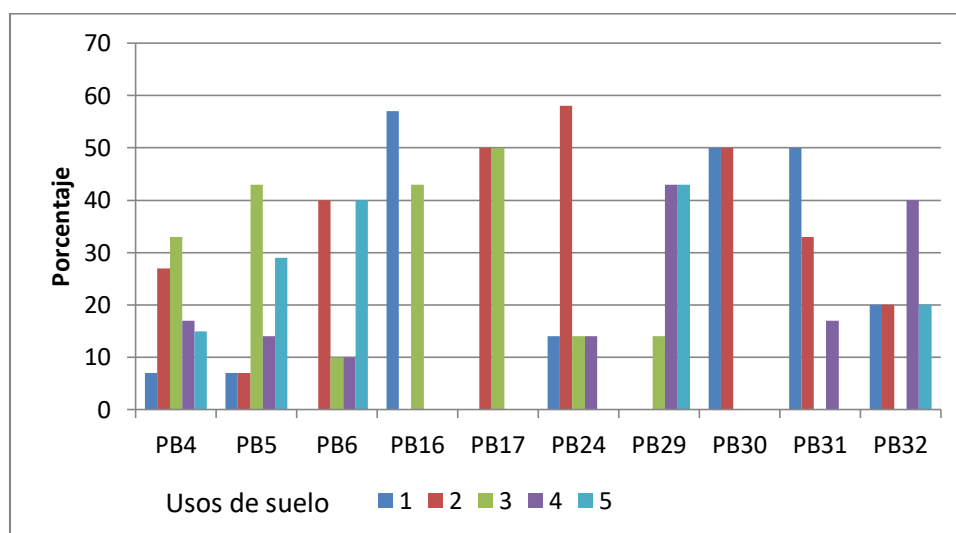
La variable Tecnología e innovación presenta variaciones entre los perfiles (figura 12). Los perfiles PB16 y PB24 presentan el mayor porcentaje (cerca del 60%) de beneficiarios que a lo máximo han recibido una asesoría para implementar tecnologías en sus predios mientras que los perfiles PB29 y PB5 presentan el mayor porcentaje (cerca del 55%) de beneficiarios con tres o más asesorías en gestión ambiental, suelo, agua y producción agropecuaria. Los dos beneficiarios del perfil PB17 han recibido tres asesorías

**Figura 12.** Evaluación de la variable Tecnología e innovación en los diez perfiles identificados.



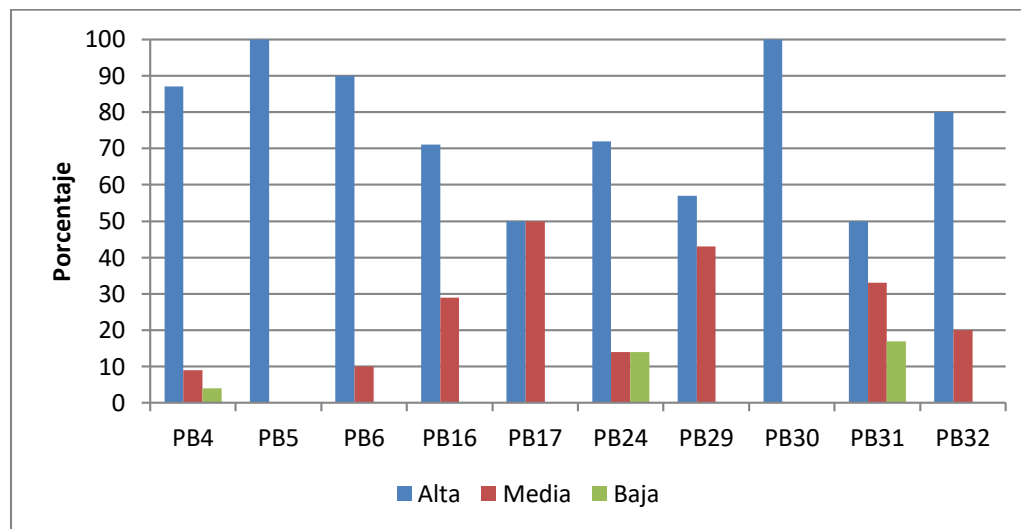
En la figura 13 se puede observar la evaluación de la variable diversificación de actividades para los diez perfiles. De esta figura se observa que todos los beneficiarios del perfil PB29 presentan tres usos de suelo en sus predios como mínimo. El perfil PB32 también presenta alto porcentaje (60%) de beneficiarios con más de tres usos de suelo el predio. Para los perfiles PB4, PB5 y PB6 (productores ganaderos) que aunque destinan el mayor porcentaje de área a su actividad principal algunos beneficiarios en estos perfiles también presentan otros usos de suelo pero en menor proporción. El mayor porcentaje de beneficiarios en los perfiles PB5 y PB6 tienen a lo sumo tres usos de suelo mientras que los perfiles PB30 y PB31 son quienes presentan el mayor porcentaje de beneficiarios con dos usos de suelo como máximo.

**Figura 13.** Evaluación de la variable Diversificación de actividades en los diez perfiles identificados.



En la figura 14 se observa la variable dependencia del servicio evaluado en los diez perfiles. El mayor porcentaje de beneficiarios en los diez perfiles presentan alta dependencia con los SE, excepto el perfil PB17 donde se presentan porcentajes iguales para una dependencia alta y media con los servicios. El perfil PB31 presenta el mayor porcentaje (17%) de beneficiarios que presentan baja dependencia de los SE, los ingresos de estos beneficiarios derivan principalmente de actividades diferentes a las agropecuarias. Igual sucede con el 14% de beneficiarios que presentan baja dependencia en el perfil PB24, estos beneficiarios presentan diferentes actividades para su sostenimiento.

**Figura 14.** Evaluación de la variable dependencia del SE en los diez perfiles.

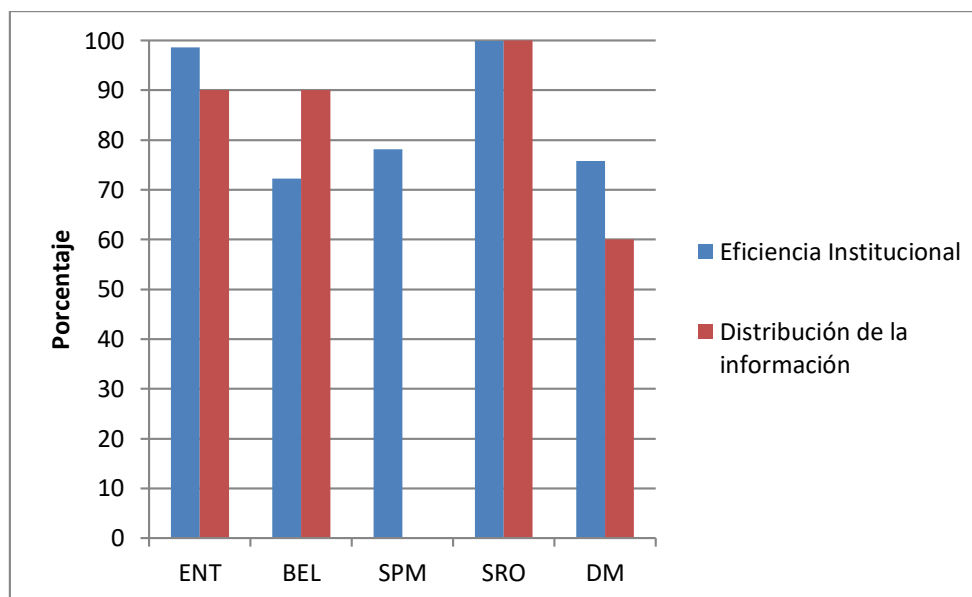


### 3.3.2 Estadísticas en los municipios.

Los diez perfiles que fueron identificados en la investigación y que se citaron anteriormente se distribuyen en los cinco municipios de la zona de estudio: Entrerríos, San Pedro de los Milagros, Belmira, Donmatías y Santa Rosa de Osos. En el municipio de Entrerríos y Belmira participaron 20 beneficiarios distribuidos en ocho veredas respectivamente. Para el municipio de San Pedro de los Milagros participaron 11 beneficiarios distribuidos en seis veredas mientras que para Donmatías participaron 22 beneficiarios distribuidos en nueve veredas y el municipio de Santa Rosa de Osos contó con la participación de 41 beneficiarios distribuidos en 9 veredas. A continuación se realiza un análisis comparativo de las variables a nivel municipal.

En la figura 15 se muestra la evaluación de las variables Eficiencia institucional y Distribución de la información para los cinco municipios. En esta figura se observa que las dos mayores calificaciones en las dos variables la presentan los municipios de Entrerríos y Santa Rosa de Osos. La menor calificación en cuanto a Eficiencia institucional es para Belmira y en cuanto a Distribución de la información es para San Pedro de los Milagros. Este municipio no presentó ningún tipo de información para evaluar esta variable

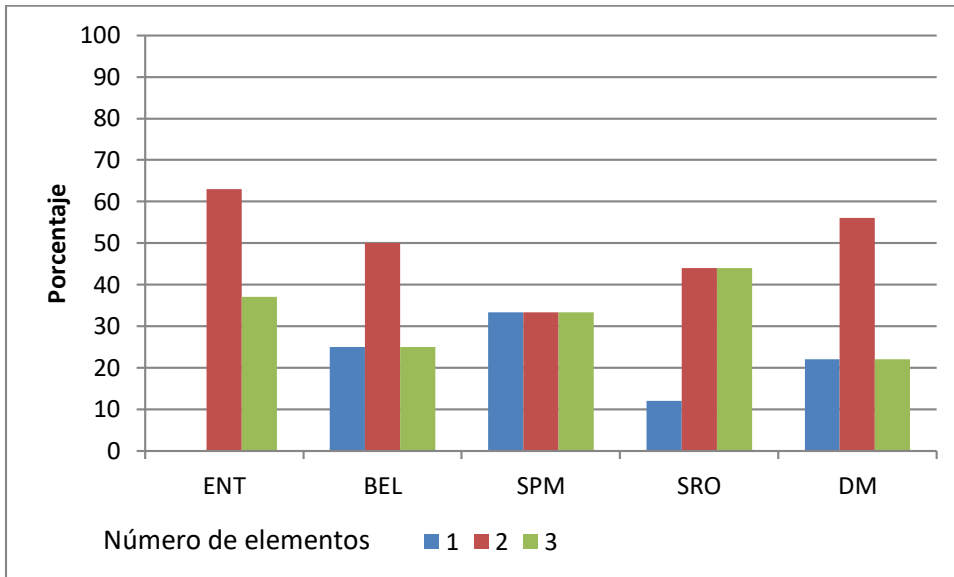
**Figura 15.** Evaluación de las variables Eficiencia institucional y Distribución de la información en los cinco municipios de la zona de estudio.



ENT es Entrerríos, BEL es Belmira, SPM es San Pedro de los Milagros, DM es Donmatías

La variable infraestructura se evaluó en cada una de las veredas participantes en los municipios. En la figura 16 se observan los resultados. El municipio de Entrerríos presenta la mayor calificación dado que en las ocho veredas participantes cuentan con dos elementos de infraestructura como mínimo mientras que en los otros municipios hay veredas que presentan solo un elemento. El municipio de San Pedro de los Milagros presenta la menor calificación de esta variable al tener el mayor porcentaje (33,3) de veredas con un elemento de infraestructura. El municipio de Santa Rosa de Osos aunque presenta una vereda con un solo elemento de infraestructura es quien en términos generales presenta mayor porcentaje de veredas (44%) con tres elementos.

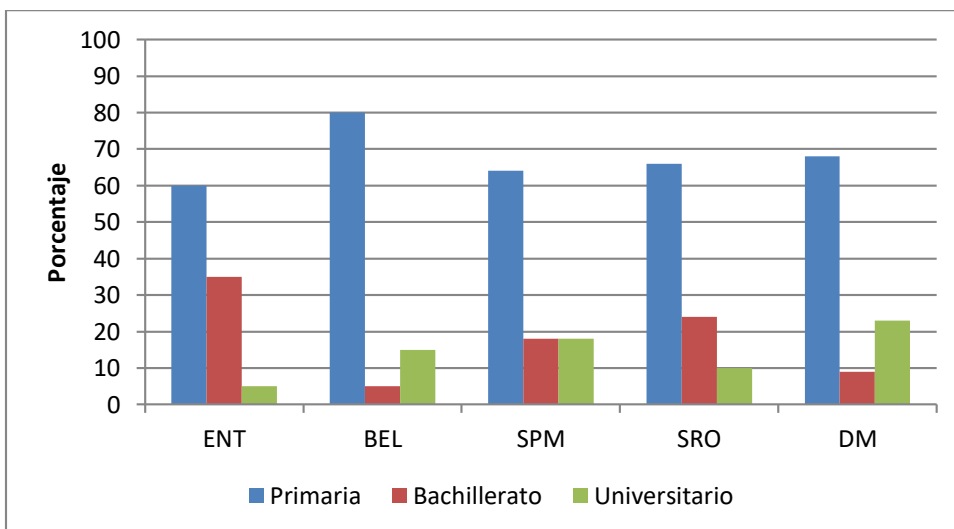
**Figura 16.** Evaluación de la variable Infraestructura a nivel municipal.



Los elementos evaluados son: caseta comunal, acueducto y escuela primaria. ENT es Entrerríos, BEL es Belmira, SPM es San Pedro de los Milagros, DM es Donmatías

De la figura 17 se observa que todos los municipios presentan el mayor porcentaje (cerca del 65%) de beneficiarios en el nivel de educación primaria. En cuanto al nivel universitario, Donmatías es quien presenta el mayor porcentaje de beneficiarios (23%), seguidos por San Pedro de los Milagros con un 18%, Belmira con un 15%, Santa Rosa de Osos con 10% y Entrerríos con 5% de beneficiarios en este nivel.

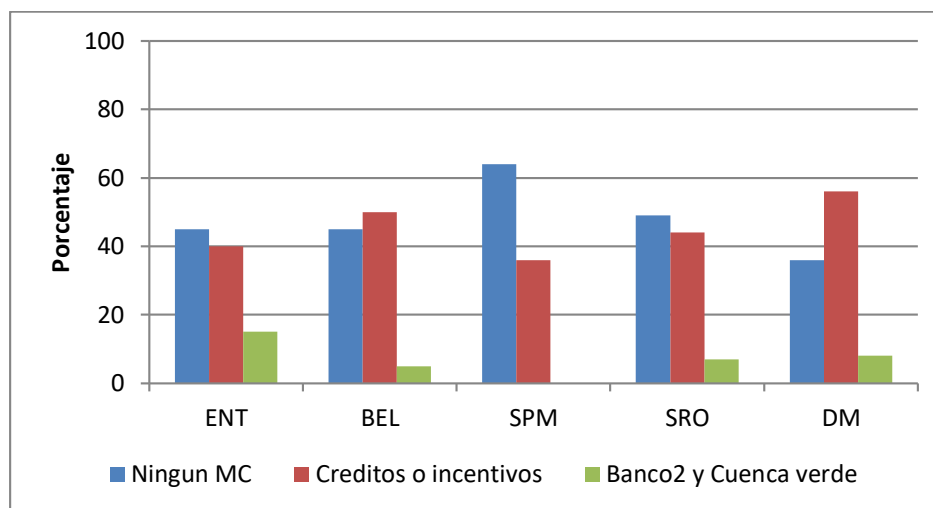
**Figura 17.** Evaluación de la variable Nivel de educación a nivel municipal.



ENT es Entrerríos, BEL es Belmira, SPM es San Pedro de los Milagros, DM es Donmatías

La evaluación de la variable Mecanismo de conservación a nivel municipal se puede observar en la figura 18. San Pedro de los Milagros se caracteriza por que el 64% de los beneficiarios no implementan ningún mecanismo así como también por no tener beneficiarios que participan en Banco2 o Cuenca verde. De los cuatro municipios restantes, Entreríos presenta el mayor porcentaje de beneficiarios (15%) en Banco2 o Cuenca verde mientras que Donmatías lo presenta el mayor porcentaje (56%) de beneficiarios que presentan créditos o incentivos.

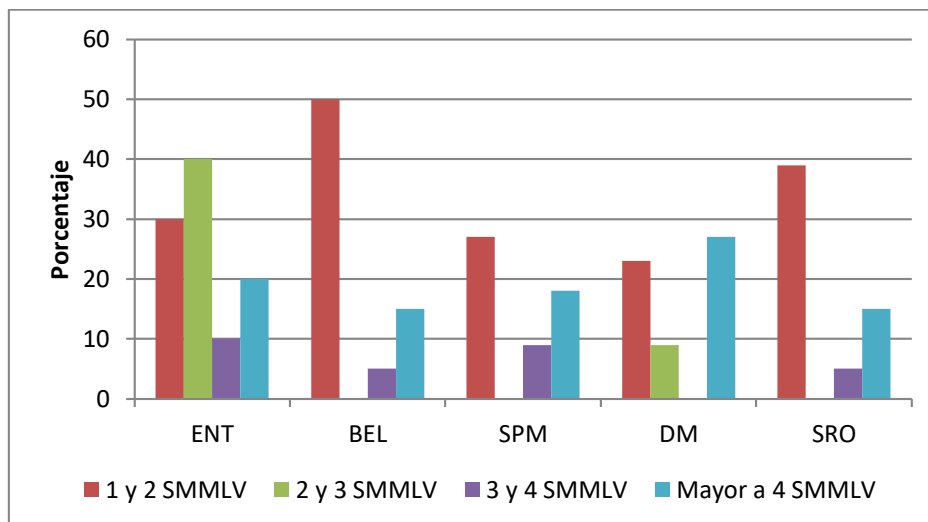
**Figura 18.** Evaluación de la variable Mecanismos de conservación a nivel municipal.



MC es mecanismo de conservación. ENT es Entreríos, BEL es Belmira, SPM es San Pedro de los Milagros, DM es Donmatías

Respecto a la variable Nivel de ingresos a nivel municipal, se puede observar de la figura 19 que Entreríos no presenta beneficiarios con nivel de ingresos menor a 1 SMMLV y que el 40% de los beneficiarios presentan entre 2 y 3 SMMLV, un 30% entre 1 y 2 y el otro 30% presentan ingresos mayores a 3 SMMLV. San Pedro de los Milagros presenta el mayor porcentaje (46%) de beneficiarios con ingresos menores a 1 SMMLV, seguido los municipios de Donmatías y Santa Rosa de Osos y por ultimo Belmira con el 30% de los beneficiarios en este nivel. El municipio que presenta mayor porcentaje (27%) de beneficiarios con ingresos superiores a 4 SMMLV es Donmatías, seguido Entreríos con 20%, San Pedro de los Milagros con 18% y por ultimo Santa Rosa y Belmira con 15% de beneficiarios en este nivel.

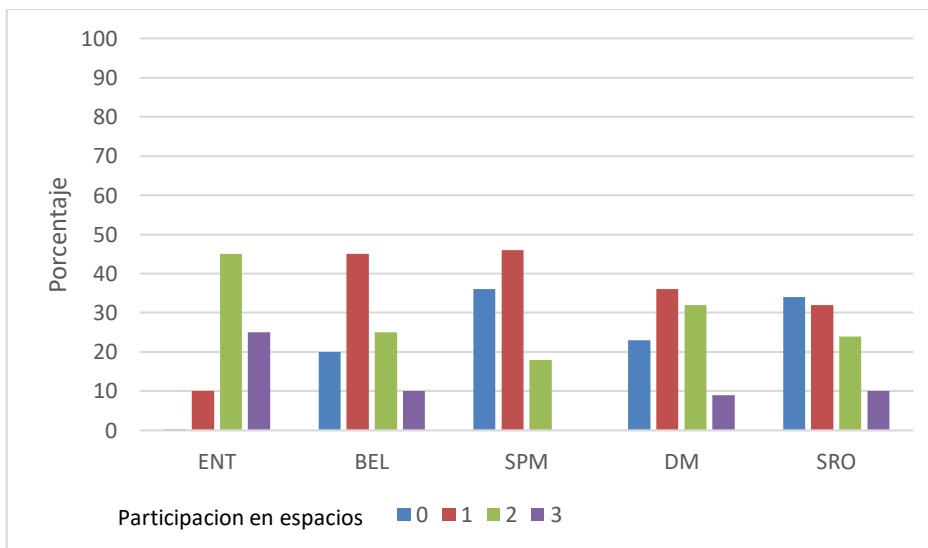
**Figura 19.** Evaluación de la variable Nivel de ingresos a nivel municipal.



SMMLV es salario mínimo mensual legal vigente del año 2016. ENT es Entrerríos, BEL es Belmira, SPM es San Pedro de los Milagros, DM es Donmatías

En la figura 20 se muestra la evaluación de la variable conocimiento del fenómeno la cual es medida en términos de la participación en espacios de temáticas ambientales. El municipio de Entrerríos presenta la mayor participación en estos espacios y San Pedro de los Milagros es quien presenta menos participación, el 36% de los beneficiarios de este municipio no participan en ningún espacio. Santa Rosa también presenta un alto porcentaje (34%) de beneficiarios que no participan en dichos espacios, mientras que Belmira y Donmatías 20% y 23% respectivamente.

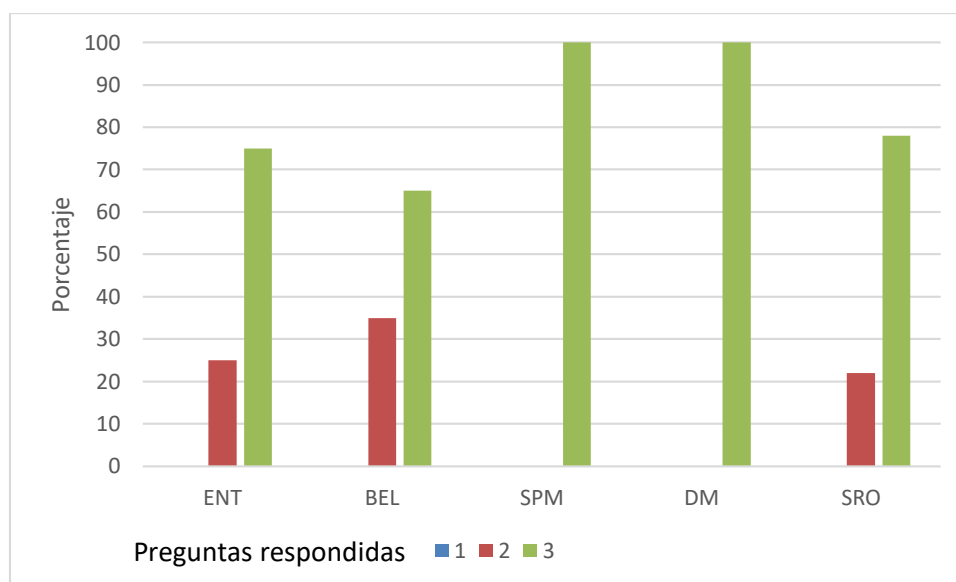
**Figura 20.** Evaluación de la variable Conocimiento del fenómeno a nivel municipal.



Participación en espacios se refiere a la cantidad de espacios de temática ambiental en que han participado a nivel de municipio. ENT es Entrerríos, BEL es Belmira, SPM es San Pedro de los Milagros, DM es Donmatías

La evaluación de la variable Conocimiento ecológico local se muestra en la figura 21 no presenta diferencias significativas entre los perfiles. Esta variable es medida en términos de tres preguntas sobre los cambios en agua, suelo y bosque en su territorio. El 100% de los beneficiarios de los municipios de San Pedro de los Milagros y Donmatías responden a las tres preguntas mientras que el 25% de beneficiarios del municipio de Entrerríos, el 35% del municipio de Belmira, y el 22% de beneficiarios del municipio de Santa Rosa de Osos solo responden a dos preguntas.

**Figura 21.** Evaluación de la variable Conocimiento ecológico local a nivel municipal.



Preguntas respondidas se refiere a las tres preguntas hechas en la variable conocimiento ecológico local. ENT= Entrerríos, BEL= Belmira, SPM= San Pedro de los Milagros, DM= Donmatías

### 3.4 Ponderación de las categorías y variables en la construcción del índice ponderado por expertos.

La ponderación indica la importancia que posee cada variable dentro de cada categoría y de cada categoría en el índice. Estas ponderaciones se obtienen de la encuesta que se realizó a los expertos. En esta, cada uno de los expertos indicó la importancia tanto de la variable en la categoría determinada, como la importancia de la categoría propiamente, esto de acuerdo a su experticia y conocimiento en el tema de investigación. Se definió que la suma de las ponderaciones para las categorías fuera igual a 100 y así mismo para la suma de las variables escogidas dentro de una categoría en particular.

Para obtener las ponderaciones de las categorías y variables, es preciso definir los pesos de cada experto, con el fin de establecer quién presenta mayor experticia en el área de servicios y de Riesgo y Vulnerabilidad.

Una vez evaluadas las ecuaciones planteadas en el numeral 2.3.2, se obtienen los pesos para cada experto tanto en el área de SE como en Riesgo y vulnerabilidad. Luego estos pesos son sumados para obtener el peso final de los expertos. En la tabla 22 se muestra el código del experto y el peso final de cada uno. En general los expertos presentan una influencia equivalente excepto el experto número 7, quien presenta la menor experiencia en las dos áreas trabajadas.

**Tabla 22.** Pesos final de expertos según experiencia en Servicios ecosistémicos y Riesgo y Vulnerabilidad.

Código experto	Peso según experiencia en SE	Peso según experiencia en R y V	Peso final
1	0,11	0,08	0,19
2	0,11	0,08	0,19
3	0,02	0,13	0,15
4	0,11	0,03	0,14
5	0,11	0,05	0,16
6	0,07	0,13	0,20
7	0,05	0,03	0,07
8	0,02	0,13	0,15
9	0,11	0,10	0,22
10	0,11	0,05	0,16
11	0,11	0,08	0,19
12	0,05	0,13	0,17

Una vez obtenidos los pesos finales para cada experto, se aplicaron las ecuaciones descritas en el numeral 2.3.2 para obtener las ponderaciones de las categorías y variables. En la tabla 23 se muestra las ponderaciones de las categorías definidas y las ponderaciones de las variables dentro de estas.

La categoría de mayor ponderación es Gobernanza e Instituciones con 23% y dentro de esta, la variable eficiencia institucional tomó mayor importancia con el 32%, seguida de la relación institución beneficiario con el 27%, le sigue mecanismos de conservación con 22% y por último la distribución de la información con 19 puntos porcentuales. Esta categoría informa la influencia que presentan las instituciones al ser eficientes en sus procesos y

proyectos que impactan a las comunidades y al permitir el acceso a información que es útil para implementar estrategias en el contexto de SE.

La segunda categoría en ponderación es Características Socioeconómicas con un 19% y dentro de esta, la variable con mayor puntaje fue diversificación de actividades con 34%, seguida de dependencia del SE con 26% le sigue educación con 21% y por último el nivel de ingreso con 19%. Demostrando así que si bien el nivel de ingreso influye en la CA al mediar el acceso a recursos, en el contexto de SE hay variables como la diversificación de actividades que aportan mayoritariamente a la CA.

La tercera categoría es Conocimiento con 18 puntos porcentuales. En esta categoría las variables conocimiento del fenómeno, conocimiento ecológico local y tecnología e innovación presentan ponderaciones similares con 33%, 34% y 32% respectivamente. Esto demuestra que las tres variables son de igual importancia dentro de la categoría y así mismo en la CA.

Las categorías de Infraestructura y Estructura social presentan igual ponderación de 14% cada una. Dentro de la categoría de infraestructura la variable infraestructura disponible presenta una ponderación del 68% frente al 32% que presenta la variable acceso a servicios. Mientras que la variable organización comunitaria representa el 100% de la categoría estructura social.

La última categoría es equidad con una ponderación del 12% y dentro de esta, la variable equidad representa el 69 % mientras que el acceso a recursos biológicos representa el 31%. Esta categoría muestra la participación de las mujeres en sus comunidades y el acceso de la población al recurso agua.

**Tabla 23.** Ponderaciones de categorías y variables dentro del índice.

Categoría	Ponderación final de categoría	Variables en cada categoría	Ponderación de variables en cada Categoría
Gobernanza e instituciones	0,23	Mecanismos de Conservación	0,22
		Eficiencia Institucional	0,32
		Relación Institución Beneficiario	0,27
		Distribución de la información	0,19
Características socioeconómicas	0,19	Nivel de ingresos	0,19
		Dependencia del SE	0,26
		Diversificación de actividades	0,34

		Educación	0,21
Conocimiento	0,18	Conocimiento del fenómeno	0,33
		Conocimiento ecológico local	0,34
		Tecnología e innovación	0,32
Infraestructura	0,14	Infraestructura disponible	0,68
		Acceso a servicios	0,32
Equidad	0,12	Equidad	0,69
		Accesibilidad a recursos biológicos	0,31
Estructura social	0,14	Organización comunitaria	1,0

### 3.5 Índice de Capacidad adaptativa en servicios ecosistémicos con ponderación de expertos

Para la construcción del índice de CA en SE, se realizó la formulación de una combinación lineal ponderada como se muestra en la ecuación 11. El índice se presenta en una escala de 0 a 1, en tres niveles de CA, bajo (valores entre 0,0-0,3), medio (valores entre 0,4-0,7) y alto (valores entre 0,8-1,0)

$$ICA_{se-expertos} = \sum_i^n w_i * Cat_i \quad \text{Ecn. (11)}$$

Donde :

$ICA_{se-expertos}$  es el índice de capacidad adaptativa en servicios ecosistémicos ponderado por expertos.

$w_i$  es el peso dado por los expertos para la categoría i

$Cat_i$  es el valor de la categoría i.

$n_i$  es el número de categorías, seis en total.

A continuación se presentan los resultados de la evaluación del índice para cada perfil y para cada municipio. En la tabla 24 se muestra el promedio del índice por perfil.

**Tabla 24.** Promedio del  $ICA_{se-expertos}$  para cada perfil de beneficiario.

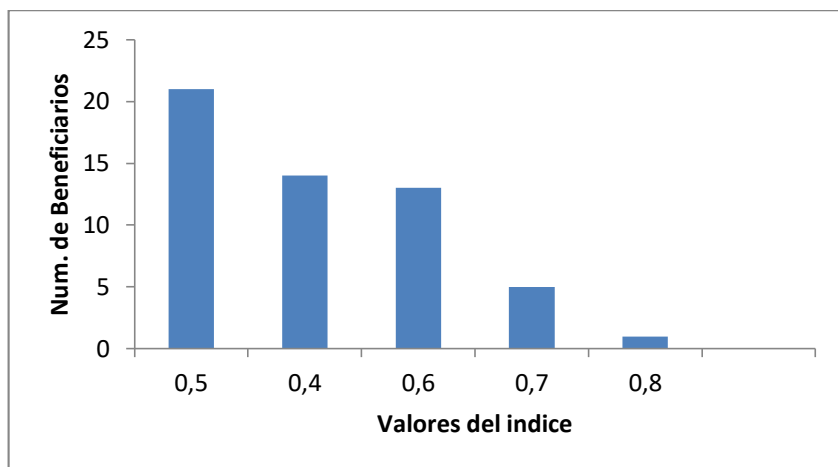
Perfil	Media	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
<b>PB4</b>	0,5	0,09	0,8	0,4
<b>PB5</b>	0,5	0,08	0,7	0,4
<b>PB6</b>	0,5	0,07	0,6	0,4
<b>PB16</b>	0,5	0,09	0,7	0,4
<b>PB17</b>	0,6	0,03	0,6	0,5
<b>PB24</b>	0,5	0,05	0,6	0,4
<b>PB29</b>	0,5	0,11	0,7	0,4
<b>PB30</b>	0,5	0,14	0,6	0,4
<b>PB31</b>	0,5	0,09	0,7	0,4
<b>PB32</b>	0,5	0,06	0,6	0,4

De acuerdo a la tabla 24 que muestra el promedio del índice por perfil no se observan diferencias significativas, encontrándose todos los perfiles en un nivel de CA media. Sin embargo, los perfiles PB4, PB5, PB16, PB29 y PB31 presentan los beneficiarios con los mayores valores del índice y el perfil PB17 (Grandes y medianos productores de monocultivos foráneos) exhibe un punto del valor del índice por encima de los demás aunque igual obtiene un nivel medio de CA.

En la figura 22 se muestra la distribución de los beneficiarios del perfil PB4 en el  $ICA_{se-expertos}$ . El 89% de estos beneficiarios presentan valores del índice entre 0,4 y 0,6 mientras que un 9% presentan valores de 0,7 y un 2% de 0,8. Este perfil se caracteriza por tener el mayor porcentaje de beneficiarios del estudio (47%) y de ahí que se presente mayor diversidad. El beneficiario que presenta el mayor nivel de CA se caracteriza por alto grado de relación con las instituciones que se desarrollan en su territorio, participa activamente en espacios de temáticas ambientales así como diferentes organizaciones comunitarias, además de ser altamente diversificado. Se caracteriza también por contar con instituciones con alto grado de eficiencia así como de distribución de información,

aunque presenta bajos niveles de ingresos y educación su fortaleza recae sobre aquellos determinantes que hacen que exhiba una mejor CA.

**Figura 22.** Distribución de frecuencia de los beneficiarios del perfil B4 en valores del índice

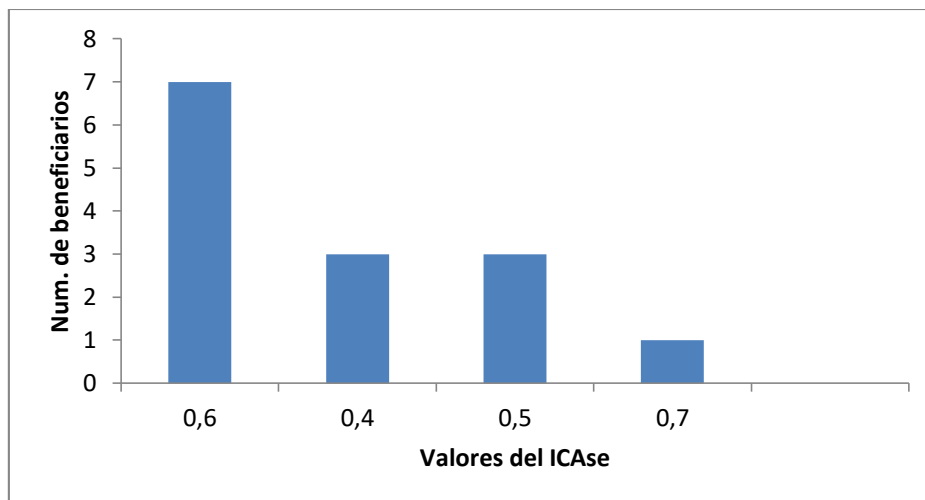


Los perfiles PB5, PB16, PB29 y PB31 se caracterizan porque presentan un beneficiario con valor de 0,7 de índice dentro de cada perfil. Estos beneficiarios obtienen altos niveles de CA en las categorías de Gobernanza e instituciones, Características socioeconómicas y Conocimiento las cuales presentan la mayor contribución en la CA en el contexto de servicios. En la figura 23 se muestra el histograma de frecuencia de los beneficiarios en el perfil PB5, de aquí se puede observar que el 50% de estos presentan un índice de 0,6 siendo el perfil con mayor porcentaje de beneficiarios con este índice.

Los valores promedios del índice para los perfiles es de 0,5 excepto el PB17 quien exhibe un valor de 0,6. En este perfil se encuentran dos beneficiarios que presentan valores del índice semejantes y con la desviación estándar más baja.

Para el resto de los perfiles se tienen valores del índice entre 0,4 y 0,6. Aunque en algunos perfiles se presenten algún valor del índice mayor a los otros, todos se encuentran en el nivel medio de CA (0,4-0,7). En el anexo 6 se muestran los histogramas del  $ICA_{se-expertos}$  para todos los perfiles.

En cuanto a la igualdad de niveles de CA entre los perfiles se puede explicar por las calificaciones en cada categoría. La categoría de Gobernanza es la que mayor peso tiene y para cada beneficiario se obtiene una calificación alta sin embargo, el resto de categorías presentan calificaciones medias y bajas para cada perfil lo que hace que haya una compensación entre las categorías, evidenciándose en el valor del índice final.

**Figura 23.** Distribución de frecuencia de los beneficiarios del perfil B5 en valores del índice

A nivel municipal el índice muestra un comportamiento similar con nivel de CA media para los cinco municipios evaluados (ver tabla 25). En la categoría de gobernanza e instituciones los municipios de Santa Rosa de Osos, Belmira y Entrerríos presentan los mayores valores, esto se debe a que la variable Eficiencia Institucional en estos municipios presenta una alta calificación así como también la variable Distribución de la información, es decir, los entes territoriales de estos municipios llegan a muchas zonas y con diferentes programas como asistencia técnica, proyectos productivos y capacitaciones en tecnologías limpias. Estos aportes contribuyen en implementación de tecnologías, apoyo en las labores agropecuarias y conocimiento de las problemáticas ambientales de los beneficiarios. Mientras que los municipios de Donmatías y San Pedro presentan los valores más bajos. Los programas y proyectos ejecutados en las diferentes veredas son menos. Estos municipios también presentan menor calificación en la variable Eficiencia Institucional.

**Tabla 25.** Índice y categorías estimadas en cada municipio.

Municipios/ Categorías	Entrerríos	Belmira	Santa Rosa	San pedro	Donmatías
Gobernanza e Instituciones	0,7	0,7	0,7	0,4	0,6
Características Socioeconómicas	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
Conocimiento	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7
Infraestructura	0,9	0,7	0,8	0,6	0,7

Equidad	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4
Estructura social	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
<b><i>ICA<sub>se-expertos</sub></i></b>	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>

En cuanto a la categoría Características socioeconómicas los cinco municipios presentan igual valor y esto se puede explicar en cuanto que la mayoría de beneficiarios distribuidos en la cuenca tienen una diversificación baja de sus actividades, además de tener fuerte dependencia sobre los recursos, la mayoría de los beneficiarios se dedican a las actividades agropecuarias donde necesitan tanto el servicio de agua para consumo de animales y cultivos como para el consumo humano.

Para la categoría Conocimiento se observan valores similares, y esto se debe a que las tres variables dentro de la categoría no presentan diferencias en sus ponderaciones. Esta categoría de ponderación importante dentro del índice favorece la capacidad adaptativa de los beneficiarios en la cuenca al permitirles contar con asesorías en el uso eficiente del agua y manejo del suelo que contribuye a mejorar las prácticas agropecuarias aportando en la disminución de los impactos a los recursos. También el conocimiento de las causas de las diferentes problemáticas ambientales a través de participación en espacios como mesas ambientales, socialización de proyectos ambientales, talleres del plan de manejo y ordenación de la cuenca, entre otros, aporta en menos impactos y mayor conservación de los servicios.

El índice construido con la ponderación dada por los expertos de manera general muestra la importancia que tienen las variables que contienen información de tipo institucional que contribuyen a mejorar la capacidad de los beneficiarios al implementar estrategias adaptativas. Tener instituciones estatales eficaces se asocia con la presencia de obras públicas como escuelas primarias que permiten el acceso a educación, casetas comunales para el apoyo en la formación de organizaciones comunitarias y la provisión de acueductos veredales que contribuyen a mejorar el acceso a agua de buena calidad, sin embargo en algunas veredas de los diferentes municipios se presenta abandono por parte de las instituciones tanto públicas como privadas

### 3.6 Índice de Capacidad adaptativa utilizando ACP en cada categoría

Antes de realizar el análisis de componentes, se realiza un análisis de correlación entre las variables, con el interés de observar qué variables presentan una correlación frente a otras. En la figura 24 se muestra la matriz de correlaciones.

La variable Conocimiento del Fenómeno presenta correlación positiva del 39% con la Relación institución- Beneficiario y del 32% con la variable Educación. Esta correlación se puede explicar por las relaciones de los beneficiarios con las instituciones, principalmente con los entes territoriales. Los beneficiarios con niveles altos en educación se interesan por las problemáticas socio-ambientales y por aumentar su conocimiento sobre estas, de ahí su alta participación en los espacios donde se discuten sobre estas temáticas.

La variable Relación institución- Beneficiario también presenta una correlación positiva del 37% con la variable Organización Comunitaria. Aquellos beneficiarios que mayor vínculo tienen con las instituciones que hacen presencia en su territorio son los mismos que participan en las diferentes organizaciones con el ánimo de liderar y adquirir conocimiento y poder implementar estrategias sostenibles en sus predios, además, través de las relaciones se apropian de información pertinente que les permite participar en estos espacios.

La Eficiencia institucional presenta una correlación positiva del 73% con la variable Distribución de la Información. La eficiencia institucional es una variable que incide fuertemente la distribución de la información por parte de los entes territoriales. Cuando un ente territorial es eficaz en la ejecución de sus proyectos y programas, con mayor facilidad las dependencias ejecutan sus labores. A mayor eficiencia, mayor distribución de la información, mayor número de programas son ejecutados y aprovechados por los beneficiarios en su aprendizaje y medios de vida.

Luego del análisis de correlaciones, se realiza el ACP para cada categoría definida, esto con el fin de hacer comparaciones entre los índices construidos. Dado que la categoría estructura social solo tiene una variable (organización de la comunidad), no se le aplica el análisis del ACP. En la tabla 26 se muestran las componentes principales (CP) seleccionadas para cada categoría.

**Figura 24.** Matriz de correlaciones de las variables de CA en la cuenca de los Ríos Grande y Chico.

	MC	ID	DI	AS	Edu	Efi	DA	OC	Tecno	NI	RIB	Eq	AccRB	CF	CEL	DS
MC	100,00%	-3,19%	-0,49%	2,36%	7,33%	-7,00%	-4,63%	3,16%	22,45%	24,57%	20,85%	11,98%	4,75%	10,94%	-12,96%	-12,33%
ID		100,00%	18,12%	12,84%	-2,72%	16,61%	-20,37%	-8,49%	-10,30%	3,28%	-3,48%	8,14%	6,79%	-7,33%	0,47%	-13,54%
DI			100,00%	5,58%	-2,21%	73,48%	-10,99%	-5,12%	-27,67%	-5,11%	-1,96%	-8,84%	8,64%	-1,70%	-28,93%	25,31%
AS				100,00%	-3,59%	3,30%	-5,94%	0,59%	14,08%	13,02%	5,44%	4,36%	44,94%	-1,82%	0,25%	2,56%
Edu					100,00%	4,99%	1,13%	-0,57%	4,31%	32,94%	24,83%	4,31%	11,92%	31,91%	-4,45%	6,56%
Efi						100,00%	-10,43%	-11,55%	-25,98%	-4,43%	-10,54%	1,89%	6,93%	-4,32%	-11,69%	25,98%
DA							100,00%	19,23%	7,80E-05	-7,16%	0,83%	16,22%	-3,28%	18,79%	15,58%	28,71%
OC								100,00%	22,87%	-22,27%	37,66%	5,40%	4,60%	28,77%	5,06%	5,56%
Tecno									100,00%	15,31%	30,44%	-3,19%	-5,90%	22,48%	3,42%	-9,92%
NI										100,00%	-4,38%	-5,85%	7,52%	15,45%	-7,33%	-0,93%
RIB											100,00%	6,14%	6,58%	38,91%	-10,21%	-6,64%
Eq												100,00%	4,45%	2,90%	9,15%	-0,96%
AccRB													100,00%	9,59%	-3,92%	1,45%
CF														100,00%	-9,64%	11,66%
CEL															100,00%	8,29%
DS																100,00%

De acuerdo a literatura, se seleccionan las CP cuyas desviaciones estándar fueron mayores a la unidad o equivalentemente aquellas que individualmente expliquen al menos una proporción  $1/p$  de la varianza total muestral, donde  $p$  es el número de componentes totales (Castaño, Carmona, 2014; Peral et al., 2011)

Para la categoría gobernanza e Instituciones se toman las dos primeras componentes con desviación estándar de 1,25 y 1,09 respectivamente, y una varianza acumulada del 69%. Para la categoría características socioeconómicas se toma la primera componente con una varianza acumulada del 53%, que aunque presenta el valor más bajo de varianza de todas las componentes seleccionadas, cumple el criterio mencionado.

Para la categoría Conocimiento se toma la primera componente con una varianza acumulada del 58% y una desviación de 1,15. En la categoría infraestructura se toma la primera componente que aunque arroja una desviación estándar menor a la unidad, presenta una proporción de la varianza del 58%, siendo alta para una sola componente. Así mismo, para la categoría Equidad se toma la primera componente. Esta sola componente explica el 95% de la varianza de la muestra.

**Tabla 26.** Componentes principales seleccionados en cada categoría.

Importancia de componentes	Desviación estándar	Proporción de varianza	Varianza acumulada
<b>Gobernanza e instituciones</b>			
CP1	1,25	0,39	0,39
CP2	1,09	0,29	0,69
<b>Características socioeconómicas</b>			
CP1	1,12	0,53	0,53
CP2	0,72	0,22	0,75
<b>Conocimiento</b>			
CP1	1.15	0.58	0.58
<b>Infraestructura</b>			
CP1	0.72	0.58	0.58
<b>Equidad</b>			
CP1	0.53	0.95	0.95

Se seleccionan seis componentes principales en total. Dos componentes en la categoría de gobernanza e instituciones y un componente para las categorías: Características Socioeconómicas, Conocimiento, Infraestructura y Equidad. En la tabla 27 se relacionan los vectores propios que corresponden a las variables en cada componente. La longitud de cada vector es proporcional a su contribución a las CP. Los vectores propios cercanos a la unidad que se encuentran resaltados son aquellos que tienen mayor aporte dentro de cada componente.

**Tabla 27.** Vectores propios de las variables en cada componente principal.

Variables	CP1	CP2
<b>Gobernanza e instituciones</b>		
Mecanismos de conservación	0.003	-0.72
Distribución de información	-0.68	-0.20
Eficiencia institucional	-0.70	0.002
Relación institución-beneficiario	0.20	-0.66
<b>Características Socioeconómicas</b>		

Educación	-0.38
Diversificación de actividades	0.03
Nivel de ingresos	-0.92
Dependencia del SE	0.01
<b>Conocimiento</b>	
Tecnología e innovación	0.81
Conocimiento del fenómeno	0.58
Conocimiento ecológico local	-0.01
<b>Infraestructura</b>	
Infraestructura disponible	0.82
Acceso a servicios	0.56
<b>Equidad</b>	
Equidad	0.01
Accesibilidad a recursos biológicos	0.99

Con los componentes seleccionados en cada categoría se formula el índice de capacidad adaptativa en servicios ecosistémicos por análisis de componentes principales como una suma ponderada. En este índice la categoría estructura social solo tiene una variable (organización de la comunidad) por lo cual no se le aplicó el ACP. Los pesos a utilizar son los obtenidos de la consulta a expertos en la primera parte de este capítulo. En la categoría de Gobernanza e instituciones se hace un promedio simple entre las dos componentes de esta categoría dado que estas dos CP contribuyen igualmente dentro de la categoría. Estas dos componentes se compensan. La primera componente se explica por el aporte que hacen las instituciones a la CA, mientras que la segunda componente se explica por la relación de trabajo de los beneficiarios con las instituciones.

Así el índice de capacidad adaptativa utilizando ACP por categoría es:

$$ICA_{se-ACPcat} = \sum_1^n w_{Ci} * CP_i + (w_{es} * Ves) \quad \text{Ecn. (12)}$$

Donde

$ICA_{se-ACPcat}$  es el índice de capacidad adaptativa en servicios ecosistémicos por análisis de componentes principales en categorías

$w_{Ci}$  es el peso dado por los expertos en la categoría  $i$

$CP_i$  es la componente principal en la categoría  $i$

$w_{es}$  el peso de la categoría estructura social.

$V_{es}$  es el valor de la variable en la categoría Estructura social.

Y  $n$  es el número de componentes seleccionados.

Este índice se evaluó en cada perfil de beneficiario así como también a nivel municipal. En la tabla 28 se muestra el promedio de cada perfil y en la tabla 29 el promedio por municipio.

**Tabla 28.** Promedio del  $ICA_{se-ACPcat}$  por perfil de beneficiario.

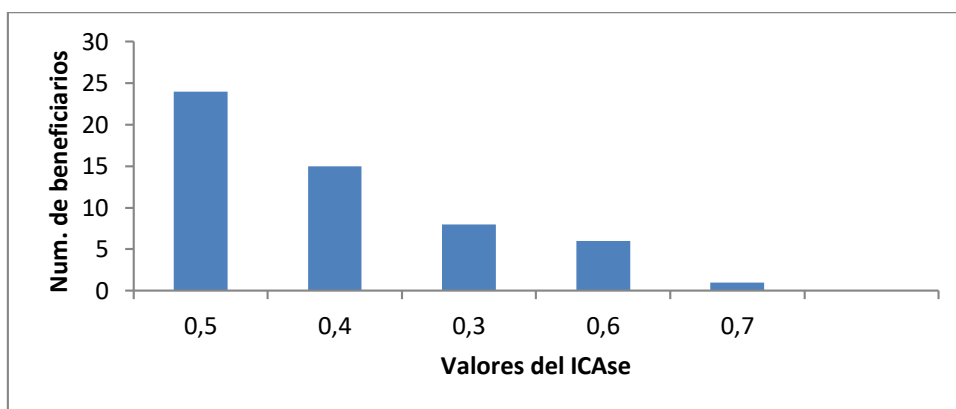
Perfil	Media	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
PB4	0,5	0,08	0,7	0,3
PB5	0,4	0,10	0,6	0,2
PB6	0,4	0,09	0,5	0,3
PB16	0,4	0,09	0,6	0,3
PB17	0,5	0,0001	0,5	0,5
PB24	0,4	0,06	0,5	0,3
PB29	0,5	0,08	0,5	0,3
PB30	0,4	0,05	0,4	0,4
PB31	0,4	0,13	0,6	0,3
PB32	0,4	0,03	0,5	0,4

De acuerdo a la tabla 28 se observa que no se presentan diferencias significativas entre el índice promedio de cada perfil. Los diez perfiles se encuentran dentro del nivel de CA media (índice con valores entre 0,4 y 0,7) aunque en cada perfil se observan algunas diferencias. Los beneficiarios dentro de los perfiles PB17, PB30 y PB32 presentan CA

media mientras que en el resto de perfiles se encuentran beneficiarios con nivel de CA baja (0-0,3).

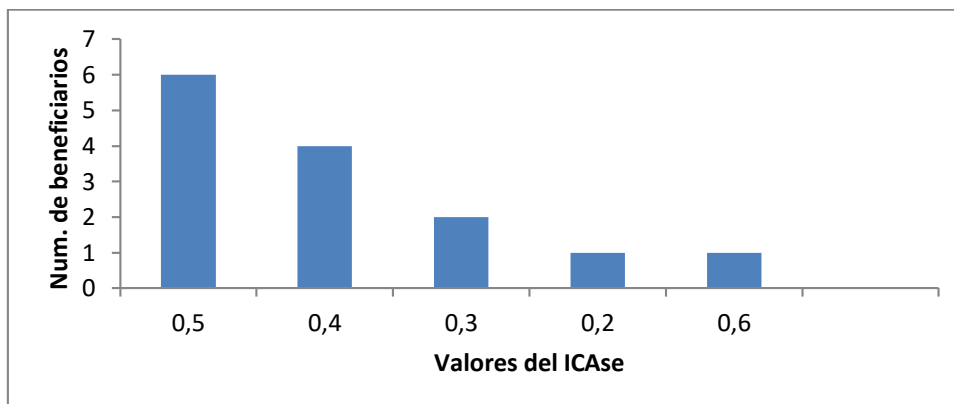
En la figura 25 se puede observar los valores del  $ICA_{se-ACPcat}$  para los beneficiarios en el perfil PB4 en el cual se encuentran valores del índice entre 0,3 y 0,7. De los 54 beneficiarios en este perfil, el 44% presentan valores del índice de 0,5, el 28% de 0,4, el 11% de 0,6, el 2% de 0,7 y un 15% de 0,3. Estos últimos beneficiarios presentan CA baja en el contexto de servicios.

**Figura 25.** Distribución de frecuencia de los beneficiarios del perfil B4 en los valores del  $ICA_{se-ACPcat}$



En la figura 26 se muestra los valores del índice de los beneficiarios en el perfil PB5, en este perfil se presenta el menor valor del índice (0,2). El beneficiario que exhibe este valor se caracteriza por presentar calificaciones bajas en las variables que mayor contribución tienen en las componentes principales de las categorías Gobernanza e instituciones, Conocimiento y Equidad. Además, las categorías Gobernanza e instituciones y Conocimiento dentro del índice presentan las mayores ponderaciones, de ahí que este beneficiario exhiba un índice de CA bajo. En el anexo 7 se muestran los histogramas de frecuencias para todos los perfiles.

**Figura 26.** Distribución de frecuencia de los beneficiarios del perfil B5 en los valores del índice  $ICA_{se-ACPcat}$



Con respecto a los dos índices, el  $ICA_{se-expertos}$  (ecuación 11) y el  $ICA_{se-ACPcat}$  (ecuación 12) se observa en el segundo índice un punto menos en el valor del índice en todos los perfiles respecto al primero. El Valor promedio para el  $ICA_{se-expertos}$  es de 0,5 mientras que para el  $ICA_{se-ACPcat}$  es de 0,4. Los perfiles PB4, PB17 y PB29 presentan el mayor valor promedio en este índice 0,5 (un punto por encima del resto).

Las diferencias de los valores en el  $ICA_{se-expertos}$  y el  $ICA_{se-ACPcat}$  se pueden explicar por las ponderaciones de las variables dentro de las categorías utilizadas en el  $ICA_{se-expertos}$ . Para el  $ICA_{se-ACPcat}$  no se cuentan con ponderaciones dentro de las categorías. En este índice el vector propio es quien muestra la variable que presenta mayor contribución dentro de la componente de cada categoría como tal.

Para la categoría Características socioeconómicas la variable Nivel de ingreso es quien presenta la mayor contribución en la componente principal. Esta variable en general para los perfiles presenta calificaciones medias y bajas. En cuanto a la componente en la categoría Conocimiento, la variable Conocimiento ecológico local que presenta las mayores calificaciones de todos los perfiles es quien exhibe la menor contribución a la componente en esta categoría. Explicándose así los valores menores del índice  $ICA_{se-ACPcat}$  respecto al índice ponderado por expertos.

En cuanto al índice a nivel municipal, todos presentan igual valor (0,5) excepto para el municipio de Santa Rosa de Osos quien presenta un valor 0,4 (ver tabla 29). Sin embargo, los cinco municipios se encuentran el nivel de CA media. La diferencia de Santa Rosa se puede explicar por la extensión y diversidad que presenta este municipio en cuanto a características físicas, agrícolas y sociales. Durante el trabajo de campo pudimos observar las variaciones de clima entre las veredas, variaciones en las vocaciones agrícolas y características culturales. En la parte alta del municipio hay dedicación principalmente a la

actividad ganadera tipo leche mientras que en la parte baja caracterizada por un clima cálido predomina el café, el plátano y frutas. Los beneficiarios ubicados en esta parte del municipio presentan menores ingresos respecto a los primeros, así como menor apoyo de las instituciones públicas y privadas, traduciendo en menos proyectos, asesorías, capacitaciones en temas que les permitan implementar estrategias ante el riesgo de pérdida o deterioro de SE.

**Tabla 29.** Índice de CA en SE estimado por municipio, utilizando ACP por categoría.

Municipio	Media	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
Entrerrios	0,5	0,07	0,6	0,3
Belmira	0,5	0,07	0,6	0,3
Santa Rosa de Osos	0,4	0,09	0,6	0,2
San Pedro de los Milagros	0,5	0,05	0,5	0,4
Donmatías	0,5	0,08	0,7	0,3

En términos generales el índice  $ICA_{se-ACPcat}$  construido con ACP en categorías presenta similitud con el  $ICA_{se-expertos}$  en cuanto a la categoría Gobernanza e instituciones. En esta categoría todas las cuatro variables presentan vectores propios cercanos a 1 en las dos componentes seleccionadas, indicando la importancia de estas dentro de cada componente. La primera componente evidencia el aporte de las instituciones a los beneficiarios en la mejora de la CA, mientras que la segunda componente enseña los vínculos y la participación de los beneficiarios a través de la Relación Institución Beneficiario, la forma en que interactúen influirá en la CA a través asistencia y apoyo mutuo (Adger et al., 2004).

Los Mecanismos de Conservación (MC) representan una alta contribución en esta componente, sin embargo solo el 10% de los beneficiarios de la cuenca participan en programas de PSA o apoyos de la corporación Cuenca Verde. Los beneficiarios incluidos en el programa BANCO2 pertenecen principalmente a los municipios de Entrerrios y Belmira, y esto se explica por la cercanía de estos municipios al paramo, de ahí la importancia de implementar programas de conservación en estas zonas. Los beneficiarios con programas de Cuenca verde se ubican en los municipios de Donmatías y Santa Rosa

de Osos, con el objetivo de mejorar la calidad de las fuentes abastecedoras de agua. El programa BANCO2 no hace presencia en estos municipios.

En la categoría Características socioeconómicas la principal contribución en la componente es dada por el Nivel de ingresos, opuesto en el índice ponderado donde esta variable fue la de menor importancia dentro de la categoría. Los recursos económicos permiten acceder a otro tipo de recursos que les permite a los beneficiarios establecer estrategias frente a la amenaza (Brooks et al., 2005; Below et al., 2012), como por ejemplo, la instalación de tanques recolectores de agua para abastecerse en épocas de sequía.

Dentro de la categoría conocimiento, la variable Tecnología e innovación representa la mayor contribución, esta variable en el índice  $ICA_{se-expertos}$  también es representativa. El conocimiento es un factor que permite comprender los cambios en el territorio, implementar prácticas que minimicen los impactos y mejorar la accesibilidad a la información.

### 3.7 Índice de CA utilizando ACP sin categorías.

Para la construcción de este índice, se realiza un ACP a las 16 variables sin agregarlas en categorías. Una vez realizado el ACP se seleccionan las seis primeras componentes, las cuales presentan una desviación estándar mayor a 1 y una varianza acumulada del 62%. En la tabla 30 se muestra la desviación estándar, la proporción de varianza y varianza acumulada de cada componente de la matriz de datos.

**Tabla 30.** Importancia de componentes principales y porcentaje de varianza explicada.

Importancia de componentes	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
Desviación estándar	1.51	1.43	1.26	1.22	1.13	1.07
Proporción de varianza	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07
Varianza acumulada	0.14	0.27	0.37	0.46	0.54	0.61

En la tabla 31 se muestra los vectores propios de cada variable dentro de cada componente. Los vectores propios resaltados son aquellos que tienen el mayor valor dentro de cada componente. Entre más cercano a 1, mayor contribución de la variable al componente. La primera componente (CP1) se explica fuertemente por las variables Tecnología e Innovación y la Relación Institución- Beneficiario. Estas variables describen tanto la acción individual como la acción de las instituciones en el aporte de herramientas en las estrategias adaptativas. La segunda componente (CP2) se explica principalmente por la contribución de las instituciones en la CA. La Eficiencia Institucional va a la par de la distribución de información. Una institución eficaz es una institución que ejecuta, planea, plantea soluciones y aporta a cada individuo.

La tercera componente (CP3) esta explicada por las Características Socioeconómicas del beneficiario, qué tan diversificadas es, los recursos económicos con que cuenta para suplir necesidades o implementar estrategias y la participación en organizaciones comunitarias que le aporten en su aprendizaje.

La cuarta componente (CP4) se describe principalmente en términos de la infraestructura con que cuenta el beneficiario a través de la variable Acceso a Servicios. Mientras que la mayor contribución en la componente cinco es por el Conocimiento Ecológico Local. La variable equidad presenta una alta contribución en la componente seis (CP6). Las seis componentes informan sobre las variables que mejor describen la CA frente a la pérdida de SE.

Con los seis componentes seleccionados, se construye el índice de CA en SE como un promedio simple, aportando todos los componentes la misma ponderación al índice y evitando doble contabilidad de las componentes (Peral et al., 2011) es decir mostrar las correlaciones y vectores propios de cada componente original, sin darle mayor peso a una u otra.

Así el índice de capacidad adaptativa en servicios ecosistémicos utilizando ACP para las variables sin agregarlas en categoría es:

$$ICA_{se-ACP} = \frac{\sum_{i=1}^n CP_i}{n} \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

$ICA_{se-ACP}$  es el índice de capacidad adaptativa en servicios ecosistémicos utilizando ACP  
 $CP_i$  es la componente  $i$

$n$ , es el número de componentes seleccionados

**Tabla 31.** Valores propios de las variables dentro de cada componente.

Variable	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
<b>Mecanismos de conservación</b>	0.24	-0.21	0.25	-0.03	0.10	-0.42
<b>Infraestructura disponible</b>	-0.22	-0.22	0.07	-0.29	-0.05	-0.21
<b>Distribución de la información</b>	-0.25	-0.47	-0.13	0.07	0.23	0.01
<b>Acceso a servicios</b>	-0.01	-0.21	-0.01	-0.48	-0.37	0.33
<b>Educación</b>	0.26	-0.19	0.20	0.38	-0.26	0.06
<b>Eficiencia institucional</b>	-0.33	-0.43	-0.09	0.11	0.04	-0.09
<b>Diversificación de actividades</b>	0.14	0.05	-0.44	0.26	-0.16	-0.15
<b>Organización de la comunidad</b>	0.28	-0.08	-0.44	-0.20	0.17	-0.05
<b>Tecnología e innovación</b>	0.42	0.02	0.10	-0.24	0.001	0.13
<b>Nivel de ingresos</b>	0.14	-0.20	0.46	0.24	-0.32	0.005
<b>Relación institución beneficiario</b>	0.43	-0.19	-0.12	-0.15	0.21	0.05
<b>Equidad</b>	0.05	-0.06	-0.06	-0.13	-0.23	-0.72
<b>Accesibilidad a recursos biológicos</b>	-0.01	-0.35	-0.10	-0.22	-0.38	0.15
<b>Conocimiento del fenómeno</b>	0.36	-0.30	-0.14	0.20	0.07	0.06

<b>Conocimiento ecológico local</b>	0.02	0.28	-0.21	-0.09	-0.47	-0.14
<b>Dependencia del servicio</b>	-0.08	-0.07	-0.37	0.35	-0.26	0.14

Este índice es evaluado en los diez perfiles de beneficiarios identificados en la investigación. En la tabla 32 se puede apreciar el promedio para cada perfil.

**Tabla 32.** Promedio del  $ICA_{se-ACP}$  por perfil de beneficiario.

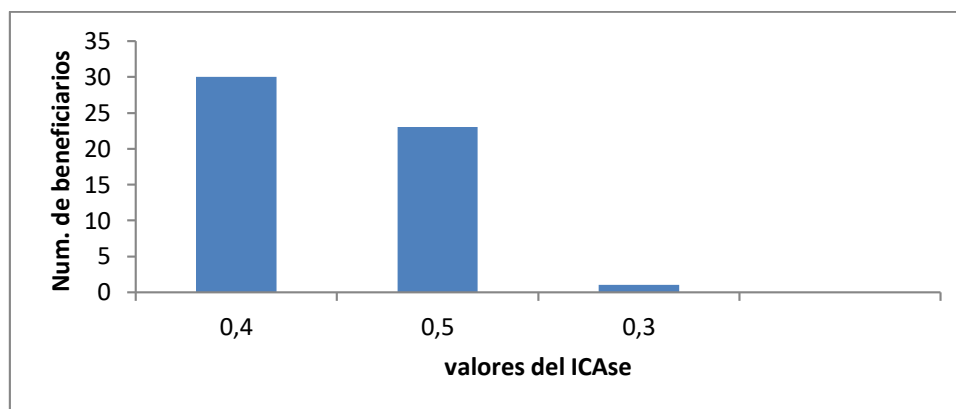
Perfil	Media	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
<b>PB4</b>	0,4	0,04	0,5	0,3
<b>PB5</b>	0,4	0,03	0,4	0,4
<b>PB6</b>	0,4	0,04	0,5	0,4
<b>PB16</b>	0,4	0,02	0,4	0,4
<b>PB17</b>	0,4	0,0009	0,4	0,4
<b>PB24</b>	0,4	0,03	0,4	0,4
<b>PB29</b>	0,4	0,04	0,5	0,4
<b>PB30</b>	0,4	0,03	0,4	0,4
<b>PB31</b>	0,4	0,05	0,5	0,4
<b>PB32</b>	0,4	0,03	0,5	0,4

Al igual que en los dos primeros índices, en este tercer índice no se encuentran diferencias para la media del índice entre los perfiles, estos perfiles se encuentran en un nivel medio de CA. Este índice a diferencias de los dos primeros no agrupa las variables por categorías y no presenta ponderaciones por los expertos. La agregación se realiza dándole el mismo peso a cada componente.

En la figura 27 se observa el histograma de frecuencia del índice en el perfil PB4. En este perfil se presenta el menor valor del índice (0,3) mientras que en el resto de perfiles el

índice se encuentra entre 0,4 y 0,5. Esto se puede explicar a que en estos perfiles las variables que mayor contribución presentan en las componentes son las que menor calificación obtienen en este perfil. En el anexo 8 se muestran los histogramas de frecuencia para los diez perfiles.

**Figura 27.** Distribución de frecuencia de los beneficiarios del perfil B4 en los valores del  $ICA_{se-ACP}$



Las variables Nivel de ingresos, Organización de la comunidad y Relación institución-beneficiario que presentan la mayor contribución en la componente principal uno (CP1) y componente principal tres (CP3) son las que menor calificación presentan en términos generales para los perfiles. Mientras que las variables Eficiencia institucional, Acceso a servicios y Conocimiento ecológico local, que presentan las mayores contribuciones en las componentes principales dos (CP2), cuatro (CP4) y cinco (CP5) presentan calificaciones altas en términos generales entre los perfiles, equilibrando el valor del índice, de ahí que se obtengan niveles medios de CA entre los diferentes perfiles.

En este índice también se debe resaltar la variable Equidad la cual presenta la mayor contribución en la componente seis, esta variable influye a nivel veredal en la participación del género femenino en la toma de decisiones que tienen que ver con el desarrollo de sus comunidades al potencializar la educación, recursos económicos y conocimiento en general. La equidad influye el acceso a recursos, los cuales contribuyen potencialmente en la capacidad de los individuos a adaptarse (Adger et al., 2004).

En este índice la componente principal cuatro (CP4) se ve influenciada por la variable Acceso a servicios, que si bien el 53% de los beneficiarios manifiestan contar con cuatro o más servicios, solo el 18% informa tener alcantarillado o tecnología de tratamiento de aguas residuales, cuestión que no se refleja en el índice. Se constató en campo que el hecho de no tener ningún tipo de tecnología implica que los individuos viertan las aguas residuales a los cauces de las quebradas, contaminando los cuerpos de agua.

Los tres índices son comparables debido a que las variables que mayor contribución presentan en la CA ante la pérdida o deterioro de servicios son equivalentes en los tres índices. La Eficiencia institucional, la Relación institución- beneficiario, la Distribución de la información, la Diversificación de actividades, la Tecnología e innovación y el Conocimiento ecológico local son variables que explican que un beneficiario presente mejor CA frente a otro y son soportadas por los diferentes análisis para construir los tres índices.

A nivel municipal la CA también se encuentra en un nivel medio (ver tabla 33). Las diferencias con los otros dos índices es poca. El municipio de Entreríos es quien presenta diferencias de valores en los tres índices y esto se puede explicar por la forma en que se construye cada índice, aunque en los tres índices se encuentra con CA media. Las variables donde este municipio está mejor calificado presenta altas ponderaciones en el primer y segundo índice de ahí que presente valores superiores en estos dos. El resto de municipios se comportan de manera semejante en los tres índices. Es de anotar que con el primer índice se obtendrán valores superiores frente a los otros por el peso que presentan las variables y las categorías en él.

Finalmente con la estimación del índice construido por ACP sin agrupar las variables en categorías, se soportan los resultados de las variables analizadas previamente que contribuyen en mayores niveles de CA frente a la pérdida de los servicios en la cuenca.

**Tabla 33.** Promedio del  $ICA_{se-ACP}$  a nivel municipal.

Municipio	Media	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
<b>Entreríos</b>	0,4	0,03	0,5	0,4
<b>Belmira</b>	0,5	0,03	0,5	0,4
<b>Santa Rosa de Osos</b>	0,4	0,03	0,5	0,4
<b>San Pedro de los Milagros</b>	0,5	0,01	0,5	0,4
<b>Donmatías</b>	0,4	0,03	0,5	0,4

## 4. Discusión

El presente trabajo tuvo como objetivo construir un índice de CA ante la pérdida o deterioro de SE en la cuenca de Rio Grande. Los servicios evaluados son: agua para consumo humano, agua para uso de actividades agrícolas y pecuarias y el suelo como soporte para las actividades agropecuarias. Se evaluaron 16 variables originales por análisis de componentes principales y opinión de expertos para luego sintetizarlas en un índice. Al final se obtuvieron tres índices, un índice ponderado construido con el aporte de expertos, un índice construido con ACP en las categorías sugeridas por los expertos y un índice con ACP sin agregar las variables en categorías.

Los tres índices fueron evaluados en los diez perfiles identificados en la zona de estudio durante el trabajo de campo, así como también en los cinco municipios que hacen parte de la cuenca. El nivel de CA estimada tanto para los perfiles de beneficiarios como a nivel municipal con los tres índices es medio. Las diferencias entre los perfiles cambiaron en promedio 0,1 así como para los municipios, sin embargo ningún perfil exhibe niveles altos de CA.

Los métodos utilizados en la agregación de los índices se tomaron de la literatura con el objetivo de examinar la robustez del método ponderado por expertos. Estudios como el de Williges et al., (2016) y Nelson et al., (2010) apoyan los resultados de esta investigación al no encontrar diferencias significativas en los resultados de los tres índices agregados por ponderación de expertos y ACP, indicando la robustez de la agregación con ponderación de expertos a escala local. Con este método se apoya que no todos los determinantes afectan de la misma manera la CA global y destaca aquellos que son relevantes y en los cuales se debe hacer un mayor esfuerzo.

Los resultados obtenidos mediante los tres índices soportan las variables que mayor ponderación o contribución tuvieron por los tres procesos diferentes de agregación. Las variables Eficiencia institucional, Organización de la comunidad, Tecnología e innovación, Infraestructura disponible, Equidad, Relación institución-beneficiario, Conocimiento ecológico local, Nivel de ingresos, Diversificación de actividades son semejantes en los tres índices respecto al peso o contribución que presentan y son soportadas en distintas investigaciones de CA ante diferentes contextos (Below et al., 2012; Nhuan et al., 2016; Narayanan & Sahu, 2016; Williges et al., 2016; Quiroga et al., 2015).

La variable Diversificación de actividades que mide el uso de suelos en el predio y diferentes tipos de actividades ajenas a las del predio pueden ser un elemento clave a la hora de afrontar futuros cambios en los recursos naturales y los servicios suministrados por ellos, permitiendo mayor flexibilidad por parte del beneficiario como lo señalan Williges et al., (2016); Nhuan et al., (2016). Sin embargo, esta variable en la cuenca exhibe valores entre medios y bajos. El perfil PB29 (pequeños y medianos productores pecuarios) es quien presenta la mayor calificación. Estos productores se dedican a varias actividades pecuarias (porcicultura, avicultura, piscicultura, ganadería) así como también generan ingresos por otro tipo de actividades como empleados de entidades públicas y/o privadas u otro de tipo de negocios propios.

Dentro de la categoría conocimiento, la variable Tecnología e innovación juega papel clave en los beneficiarios al permitir acceder capacitaciones y/o asesorías de tecnologías amigables con el medio ambiente y que puedan ser de fácil aplicación en sus predios. Según Williges et al., (2016) este determinante se ocupa de la posibilidad de cambio tecnológico y de una mayor comprensión de los riesgos y la disposición a adaptarse. Es importante mencionar que las instituciones tanto públicas como privadas son quienes deben dar el mayor apoyo a estos procesos. No obstante, en campo se apreció que los entes territoriales llegan solo a algunas veredas y en diferentes tiempos haciendo que los procesos sean interrumpidos y poco exitosos. En cuanto a las instituciones privadas el apoyo es nulo, pese a que los beneficiarios comercializan sus productos con dichas entidades.

El conocimiento que tiene un beneficiario sobre su entorno y los cambios a los que ha sido expuesto el ecosistema es otra característica relevante y que se determina en este estudio ante la CA. Maldonado & Moreno-Sánchez (2014) y Rodríguez, (2014) se refieren a esta variable que favorece la gestión del ecosistema así como también permite estar alerta ante cambios en el sistema socio-ecológico. Los beneficiarios identifican los cambios principalmente en cuanto a calidad y cantidad de agua y aumento o disminución de bosque, sin embargo en cuanto a fertilidad y erosión de suelo dicen no tener problemas ni cambio alguno y esto es debido al uso de fertilizantes inorgánicos. Para ellos las propiedades originales del suelo siguen siendo las mismas, aspecto que alarma al no conocer con certeza las características de los suelos que son usados en la producción.

La organización comunitaria medida en términos de la cantidad de organizaciones en que participa un beneficiario informa sobre el grado de apoyo que puede tener un beneficiario en momentos de crisis. Para Mussetta et al., (2016) medir esta variable en términos de cantidad no representa las organizaciones que en verdad son beneficiosas o contribuyen en la mejora de la CA. Sin embargo, con el trabajo de campo se evidenció que el hecho de que un beneficiario se encuentre en diferentes asociaciones permite mayor apropiación de conocimiento que pueda relacionar con su entorno así como también mejores vínculos con individuos o entidades que pueden apoyar el acceso a oportunidades y recursos que permiten un mejor afrontamiento de la amenaza (Nhuan et al., 2016). Durante el trabajo

de campo se pudo constatar la poca diversidad de organizaciones a las que tienen acceso los beneficiarios, la junta de acción comunal (JAC) es la organización que figura en la cuenca, aunque la participación de la población de las veredas no es representativa

En relación a la categoría Gobernanza e instituciones, la Eficiencia institucional es un aspecto clave a la hora de informar sobre aquellos beneficiarios que pueden tener un mejor apoyo por parte de los entes territoriales frente a otros. La eficiencia se asocia con instituciones que cumplen los programas propuestos, con altos estándares en saneamiento y altos niveles de desarrollo en general. Cuando una institución es débil tiende a dar respuestas ineficaces ante los fenómenos que puedan ocurrir ( Adger et al., 2004). La Eficiencia institucional está relacionada con la variable Distribución de la información. Aquellos municipios donde mejor calificación presenta la Eficiencia institucional son los que llegan a mayor cantidad de veredas con diferentes programas y proyectos, como es el caso de Entreríos y Santa Rosa de Osos. Aunque estos municipios destacan entre el resto se deben hacer mayores esfuerzos por llegar a cada parte del territorio con apoyo, oportunidades, conocimiento y herramientas que puedan implementar los beneficiarios en sus medios de vida.

En esta categoría la Relación institución-beneficiario también es una variable relevante en la CA. Durante el trabajo en campo se pudo evidenciar que aquellos beneficiarios que se relacionan con las instituciones que juegan un papel importante en su territorio tienden a tener mayor participación en los diferentes programas ejecutados así como mayor apoyo en el acceso a recursos. Respecto a esto, la institución con menor calificación y de la cual los beneficiarios tuvieron quejas fue la autoridad ambiental de la zona. Critican la demora en dar atención a las quejas presentadas, así también, como abandono en sus territorios por esta entidad.

En el índice ponderado por expertos la variable Nivel de ingresos fue la de menor relevancia dentro de la categoría características socioeconómicas, sin embargo en el análisis de ACP realizado en los otros dos índices esta variable resalta en las componentes. Estudios como el de Williges et al., (2016) afirman que el Nivel de ingresos contribuye a la CA en la forma en que este ingreso pueda ser usado para solventarse en época de escases y acceder a otros recursos para implementar estrategias ante cambios en los niveles de provisión del servicio. El uso de tanques de almacenamiento de agua en épocas de lluvia para ser usado en las épocas de sequía en las actividades agropecuarias es una estrategia adaptativa que puede ser determinada por los recursos con que cuente un beneficiario permitiendo disminuir vulnerabilidad ante las alteraciones en la provisión de SE.

La participación de mujeres en las comunidades juega un papel importante, crea confianza en ellas y genera igualdad de oportunidades. Comunidades con alta participación de mujeres, tienden a ser eficientes y equilibradas en términos recursos (Narayanan & Sahu, 2016; Mussetta et al., 2016; Below et al., 2012). En cuanto a la infraestructura disponible

(Below et al., 2012) también encontró que este determinante presentaba gran contribución en una de las componentes identificadas en su estudio.

Si bien la CA es un concepto de complejos fenómenos multidimensionales, esta investigación tuvo como objetivo cuantificar el concepto con miras a fortalecer las capacidades para la adaptación y llamar la atención de tomadores de decisiones para asignar recursos a las poblaciones que más lo necesiten. Los resultados permiten identificar las áreas de preocupación que deberían investigarse más a fondo y permite evidenciar que el sistema socio-ecológico en su conjunto juega un papel importante en el nivel de CA y la vulnerabilidad que puede presentar ante alteraciones en los servicios ecosistémicos.

# 5. Conclusiones y recomendaciones

## 5.1 Conclusiones

Mediante este estudio se validaron las variables y categorías propuestas por la literatura en el contexto de SE, a través del panel de expertos, revelando que aquellas variables incluidas dentro de las categorías Gobernanza e Instituciones, Características socioeconómicas y Conocimiento presentan contribuciones considerables en una mayor capacidad adaptativa en el contexto de servicios. Estas variables son claves a la hora de implementar estrategias adaptativas frente al deterioro de los servicios. Sin embargo las variables Dependencia del SE, Mecanismos de conservación, Diversificación de actividades y participación en Organización de la comunidad son características en las que se deben puntualizar puesto que en la cuenca se encuentran en niveles críticos.

La construcción del índice de CA frente a la pérdida de SE por tres métodos diferentes, ratifica las variables que tienen mayor o menor incidencia dentro de dicha capacidad y soportan la construcción del índice como tal. Los resultados obtenidos permiten inferir la robustez del índice construido a partir de ponderación de expertos. Las ponderaciones en cada categoría informan sobre el grado en que estas características determinan la CA de los beneficiarios de servicios.

Los expertos juegan un rol importante en toda la investigación, son quienes seleccionan las variables a tener en cuenta para evaluar la CA en el contexto de SE así como quienes ponderan estos determinantes, de ahí que sea valioso contar con expertos idóneas, con alto conocimiento y experticia en el área a abordar para direccionar objetivamente la investigación.

Los métodos de agregación del índice en esta investigación fueron complementarios uno del otro. El uso de análisis estadístico como el ACP generó un mayor soporte en la investigación, disminuyendo sesgos o interpretaciones subjetivas.

En esta investigación se evidencia la importancia del conocimiento sobre el entorno y los sistemas naturales a la hora de identificar cambios y posibles amenazas en los SE que en otros contextos no son tenidos en cuenta. La tecnología e innovación también es un valioso elemento que provee de herramientas a los beneficiarios de los servicios que pueden aplicar en sus predios.

El papel que cumplen las instituciones públicas en la CA de los beneficiarios también es reflejado en este estudio. Aunque en los municipios de la zona de estudio estas instituciones presentan calificaciones altas en las respectivas variables que evalúan las instituciones, aun se deben hacer mayores esfuerzos en mejorar el apoyo a los beneficiarios de los servicios en sus actividades en cada parte del territorio de la cuenca.

En cuanto a la recolección de información en campo, se pudo constatar que los municipios de Entreríos y Belmira son quienes mayor presión presentan sobre sus recursos. La tala de vegetación y bosque cercanos a las montañas es evidente para implementar los cultivos de papa y posteriormente utilizar este suelo en la actividad ganadera. El cultivo de papa además, genera contaminación a los cauces tras la utilización de fertilizantes. También se presentan descontento en general en la cuenca por la poca presencia de la autoridad ambiental ante los diferentes llamados por parte de ellos, mencionan que es poca la eficiencia por parte de la institución.

Esta investigación presenta un gran avance de la capacidad de adaptarse de diferentes perfiles de beneficiarios en el contexto de servicios a escala local, sin embargo se deben realizar mayores investigaciones que mejoren y refinen este tipo de información y que pueda ser útil para los diferentes actores. La escala determina las variables a tomar y la forma de medirla, en esto el contexto también será determinante.

Finalmente los resultados de esta investigación pueden ser tenidos en cuenta para discusiones de políticas que se implementen en toda la cuenca de Rio grande con el fin de respaldar las zonas donde se hace más evidente los bajos niveles de CA ante el deterioro o pérdida de los servicios ecosistémicos. En la implementación de estrategias es importante tener en cuenta a todos los actores vinculados con los servicios como son las comunidades, instituciones estatales y las instituciones privadas.

## 5.2 Recomendaciones

Para futuros análisis se debe tener especial cuidado con respecto a la medición de las variables. La forma de evaluarlas influirá en el resultado final del índice. Cabe anotar que este índice es útil a escala local puesto que las variables seleccionadas identifican características propias de los beneficiarios que a escalas mayores no es posible detallar.

Se recomienda refinar la forma de medición de variables como el CEL con preguntas más específicas que puedan capturar mejor esta información. También para la variable infraestructura disponible, se sugiere no solo evaluar la presencia de estos elementos en la comunidad sino analizar la calidad de los mismos.

Se recomienda tener en cuenta otras variables que pueden ser determinantes e informar sobre la CA que en esta investigación por el alcance de la metodología no pudieron tenerse en cuenta.



## Bibliografía

- Acosta, L., Klein, R. J. T., Reidsma, P., Metzger, M. J., Rounsevell, M. D. A., Leemans, R., & Schro, D. (2013). A spatially explicit scenario-driven model of adaptive capacity to global change in Europe, 23, 1211–1224. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.03.008>
- Adger, N. (1999). Social Vulnerability to Climate Change and Extremes in Coastal Vietnam. *World Development*, 27(2), 249–269.
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268–281. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Adger, W. N., Brooks, N., Bentham, G., Agnew, M., & Eriksen, S. (2004). New indicators of vulnerability and adaptive capacity.
- Bakkour, D., Enjolras, G., Thouret, J.-C., Kast, R., Mei, E. T. W., & Prihatminingtyas, B. (2015). The adaptive governance of natural disaster systems: Insights from the 2010 mount Merapi eruption in Indonesia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 13, 167–188. <http://doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.05.006>
- Below, T. B., Mutabazi, K. D., Kirschke, D., Franke, C., Sieber, S., Siebert, R., & Tscherning, K. (2012). Can farmers' adaptation to climate change be explained by socio-economic household-level variables? *Global Environmental Change*, 22(1), 223–235. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.11.012>
- Bennett, E. M., Cramer, W., Begossi, A., Cundill, G., Díaz, S., Egoh, B. N., ... Woodward, G. (2015). Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 76–85. <http://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.03.007>
- Berrio, L. I. (2014). Selección y priorización de impactos ambientales de proyectos de desarrollo lineal para su posterior valoración económica – Líneas de Transmisión -. *Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*, (1), 1–5. <http://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Berrouet, L.M. (2017). Vulnerabilidad de sistemas sociales frente a la modificación de servicios ecosistémicos en cuencas hidrográficas de media montaña. Tesis de doctorado en construcción. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín
- Bohórquez, J. E. T. (2013). Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (Colima). Un aporte de método. *Investigaciones Geográficas*. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.14350/rig.36333>
- Brooks, N., Adger, W. N., & Kelly, P. M. (2005). The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global*

- Environmental Change*, 15(2), 151–163.  
<http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.006>
- Brunner, S. H., Huber, R., & Grêt-Regamey, A. (2015). A backcasting approach for matching regional ecosystem services supply and demand. *Environmental Modelling & Software*, 75. <http://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.10.018>
- Bryan, B. a. (2013). Incentives, land use, and ecosystem services: Synthesizing complex linkages. *Environmental Science and Policy*, 27, 124–134.  
<http://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.12.010>
- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., & Müller, F. (2012). Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21, 17–29.  
<http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>
- Burney, J., Cesano, D., Russell, J., La Rovere, E. L., Corral, T., Coelho, N. S., & Santos, L. (2014). Climate change adaptation strategies for smallholder farmers in the Brazilian Sertão. *Climatic Change*, 126(1-2), 45–59. <http://doi.org/10.1007/s10584-014-1186-0>
- Carmona, F. (2014). Un ejemplo de Analisis de componentes principales, 1–7. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Castaño, E. (2012). Vi coloquio regional de estadística en la industria y escuela de verano, 1–247. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Clarvis, M. H., & Allan, A. (2014). Adaptive capacity in a chilean context: A questionable model for latin america. *Environmental Science and Policy*, 43, 78–90.  
<http://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.10.014>
- Collins, S. L., Carpenter, S. R., Swinton, S. M., Orenstein, D. E., Childers, D. L., Gragson, T. L., ... Whitmer, A. C. (2011). An integrated conceptual framework for long-term social-ecological research. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(6), 351–357.  
<http://doi.org/10.1890/100068>
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242–261. <http://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>
- Daramola, A. Y., Oni Timothy, O., Ogundele, O., & Adesanya, A. (2016). Adaptive Capacity and Coping Response Strategies To Natural Disasters: a Study in Nigeria. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 15, 132–147.  
<http://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.01.007>
- Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., ... Zlatanova, D. (2015). The IPBES Conceptual Framework - connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 1–16.  
<http://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002>
- Eakin, H., & Luers, A. L. (2006). Assessing the Vulnerability of Social-Environmental Systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 31(1), 365–394.  
<http://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144352>
- Engle, N. L. (2011). Adaptive capacity and its assessment. *Global Environmental Change*, 21(2), 647–656. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.019>
- Ensor, J. E., Park, S. E., Hoddy, E. T., & Ratner, B. D. (2015). A rights-based perspective

- on adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 31, 38–49.  
<http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.12.005>
- Felipe-Lucia, M. R., Martín-López, B., Lavorel, S., Berraquero-Díaz, L., Escalera-Reyes, J., & Comín, F. a. (2015). Ecosystem services flows: Why stakeholders' power relationships matter. *PLoS ONE*, 10(7), 1–21.  
<http://doi.org/10.1371/journal.pone.0132232>
- Ferrara, A., Kelly, C., Wilson, G. A., Nolè, A., Mancino, G., Bajocco, S., & Salvati, L. (2016). Shaping the role of “fast” and “slow” drivers of change in forest-shrubland socio-ecological systems. *Journal of Environmental Management*, 169, 155–166.  
<http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.12.027>
- Fisher, B., Turner, R. K., & Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*.  
<http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014>
- Gallopín, G. C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16(3), 293–303.  
<http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004>
- García Valdés, M., & Suárez Marín, M. (2013). El método Delphi para la consulta a expertos en la investigación científica. *Revista Cubana de Salud Pública*, 39(392), 253–267. Retrieved from <http://scielo.sld.cu>
- Goldman, M. J., & Riosmena, F. (2013). Adaptive capacity in Tanzanian Maasailand: Changing strategies to cope with drought in fragmented landscapes. *Global Environmental Change*, 23(3), 588–597.  
<http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.02.010>
- Gómez-Baggethun, E., de Groot, R., Lomas, P. L., & Montes, C. (2010). The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*, 69(6), 1209–1218.  
<http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>
- Göttingen, G. (2004). Ibero-Amerika Institut für Wirtschaftsforschung Instituto Ibero-Americano de Investigaciones Económicas Ibero-America Institute for Economic Research ( IAI ). *Development*, (102), 0–35.
- Grown, C., Rao Gupta, G., & Kes, A. (2005). *Taking Action: Achieving Gender Equality and Empowering Women*.
- Hahn, M. B., Riederer, A. M., & Foster, S. O. (2009). The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change-A case study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 19(1), 74–88.  
<http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.11.002>
- Haines-Young, R., Potschin, M., & Kienast, F. (2012). Indicators of ecosystem service potential at European scales: Mapping marginal changes and trade-offs. *Ecological Indicators*, 21, 39–53. <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.09.004>
- Hogarth, J. R., & Wójcik, D. (2016). An evolutionary approach to adaptive capacity assessment: A case study of Whitehouse, Jamaica. *Journal of Rural Studies*, 43, 248–259. <http://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.12.005>
- Ifejika Speranza, C., Wiesmann, U., & Rist, S. (2014). An indicator framework for

- assessing livelihood resilience in the context of social-ecological dynamics. *Global Environmental Change*, 28(1), 109–119.  
<http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.005>
- li, B. L. T., li, B. L. T., Matson, P. a, Matson, P. a, Mccarthy, J. J., Mccarthy, J. J., ... Martello, M. L. (2003). Illustrating the coupled human– environment system for vulnerability analysis: Three case studies. *America*.
- Iniesta-Arandia, I., García-Llorente, M., Aguilera, P. A., Montes, C., & Martín-López, B. (2014). Socio-cultural valuation of ecosystem services: Uncovering the links between values, drivers of change, and human well-being. *Ecological Economics*, 108, 36–48.  
<http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.09.028>
- IPCC. (2001a). Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity. Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability, 8(9), 880–912. Retrieved from <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/pdf/wg2TARchap18.pdf>
- IPCC. (2001b). Cambio climático 2001: Informe de síntesis / Impactos, adaptación y vulnerabilidad. *Cambio Climático 2001: Informe de Síntesis*, 3–92.
- Kalikoski, D. C., Quevedo Neto, P., & Almudi, T. (2010). Building adaptive capacity to climate variability: The case of artisanal fisheries in the estuary of the Patos Lagoon, Brazil. *Marine Policy*, 34(4), 742–751. <http://doi.org/10.1016/j.marpol.2010.02.003>
- Koschke, L., Fürst, C., Frank, S., & Makeschin, F. (2012). A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning. *Ecological Indicators*, 21, 54–66.  
<http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.12.010>
- Krishnamurthy, P. K., Lewis, K., & Choularton, R. J. (2014). A methodological framework for rapidly assessing the impacts of climate risk on national-level food security through a vulnerability index. *Global Environmental Change*, 25(1), 121–132.  
<http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.11.004>
- Luers, A. L., Lobell, D. B., Sklar, L. S., Addams, C. L., & Matson, P. a. (2003). A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental Change*, 13(4), 255–267.  
[http://doi.org/10.1016/S0959-3780\(03\)00054-2](http://doi.org/10.1016/S0959-3780(03)00054-2)
- Lopez , C. P (2014) Mapa de actores de la cuenca de río grande.
- Maldonado, J. H., & Moreno-Sanchez, R. D. P. (2014). Estimating the Adaptive Capacity of Local Communities at Marine Protected Areas in Latin America: a Practical Approach. *Ecology and Society*, 19(1). <http://doi.org/10.5751/ES-05962-190116>
- Marschke, M. (2006). Exploring Strategies That Build Livelihood Resilience: a Case From Cambodia, 11(1). <http://doi.org/10.1111/j.1360>
- Martín-López, B., González, J. A., Vilarly, S., de contenidos Berta Martín-López, C., Vilarly Elaboración de contenidos Berta Martín-López, S., Vilarly, S. P., ... Fernando Escobar, L. (n.d.). Guía Docente. *Depósito*, 28924–2012.
- Metzger, M. J., Rounsevell, M. D. a, Acosta-Michlik, L., Leemans, R., & Schröter, D. (2006). The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114(1), 69–85.  
<http://doi.org/10.1016/j.agee.2005.11.025>

- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Ecosystems* (Vol. 5). <http://doi.org/10.1196/annals.1439.003>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2015. Resolución 751 de marzo de 2015.
- Moss, R. H., Brenkert, A. L., & Malone, E. L. (2001). Vulnerability to climate change: a quantitative approach. *Pacific Northwest National Laboratory (PNNL-SA-33642)*. Prepared for the US Department of Energy, (September).
- Mussetta, P., Turbay, S., Barrientos, M., & Acevedo, E. (2016). Vulnerabilidad al cambio climático: Dificultades en el uso de indicadores en dos cuencas de Colombia y Argentina, 119–147.
- Narayanan, K., & Sahu, S. K. (2016). Effects of climate change on household economy and adaptive responses among agricultural households in eastern coast of India. *Current Science (00113891)*, 110(7), 1240–1250. <http://doi.org/10.18520/cs/v110/i7/1240-1250>
- Nelson, R., Kokic, P., Crimp, S., Martin, P., Meinke, H., Howden, S. M., ... Nidumolu, U. (2010). The vulnerability of Australian rural communities to climate variability and change: Part II-Integrating impacts with adaptive capacity. *Environmental Science and Policy*, 13(1), 18–27. <http://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.09.007>
- Nhuan, M. T., Tue, N. T., Hue, N. T. H., Quy, T. D., & Lieu, T. M. (2016). An indicator-based approach to quantifying the adaptive capacity of urban households: The case of Da Nang city, Central Vietnam. *Urban Climate*, 15, 60–69. <http://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.01.002>
- Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems, (July), 419–423.
- Pandey, R., & Bardsley, D. K. (2015). Social-ecological vulnerability to climate change in the Nepali Himalaya. *Applied Geography*, 64, 74–86. <http://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.09.008>
- Pender, A., Dunne, L., Dilworth, C., Doddy, M., Fennelly, R., Kealy, L., ... Scully, F. (2000). Environmental Indicators for the Urban Environment : A Literature Review, (October 2016), 0–37.
- Peral, B., Javier, F., Casas, G., & Mar, F. (2011). Una revisión crítica para la construcción de indicadores sintéticos. Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa, *Junio*(11), 41–70. Retrieved from <http://www.upo.es/RevMetCuant/art.php?id=48>
- Quiroga, R. M. (2007). Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe.
- Quiroga, R. M. (2009). Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe.
- Quiroga, S., Suarez, C., & Solis, J. D. (2015). Exploring coffee farmers' awareness about climate change and water needs: Smallholders' perceptions of adaptive capacity. *Environmental Science and Policy*, 45, 53–66. <http://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.09.007>
- Robinson, L. W., & Berkes, F. (2011). Multi-level participation for building adaptive

- capacity: Formal agency-community interactions in northern Kenya. *Global Environmental Change*, 21(4), 1185–1194.  
<http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.07.012>
- Rodriguez sanchez, C. A. (2014). Evaluación de la capacidad adaptativa de comunidades de pescadores ubicadas en áreas marinas protegidas -amp- caso comunidad de barú, bolívar. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.
- Schirpke, U., Scolozzi, R., De Marco, C., & Tappeiner, U. (2014). Mapping beneficiaries of ecosystem services flows from Natura 2000 sites. *Ecosystem Services*, 9, 170–179. <http://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.06.003>
- Schuschny, A., & Soto, H. (2009). Guía metodológica Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. *Cepal*, 109. <http://doi.org/LC/W255>
- Serna-Chavez, H. M., Schulp, C. J. E., Van Bodegom, P. M., Bouten, W., Verburg, P. H., & Davidson, M. D. (2014). A quantitative framework for assessing spatial flows of ecosystem services. *Ecological Indicators*.  
<http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.024>
- Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 282–292.  
<http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>
- Sostenible, D. T. (2015). Dirección de Desarrollo Territorial Sostenible.Orientaciones para realizar la evaluación del desempeño integral municipal , vigencia 2014.
- Tolessa, T., Senbeta, F., & Abebe, T. (2016). Land use/land cover analysis and ecosystem services valuation in the central highlands of Ethiopia. *Forests, Trees and Livelihoods*, 8028(August), 1–13. <http://doi.org/10.1080/14728028.2016.1221780>
- Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., ... Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14), 8074–9. <http://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>
- United Nations. (1992). Convention on biological diversity. *Diversity*, 30.  
<http://doi.org/10.1146/annurev.ento.48.091801.112645>
- Universidad Nacional de Colombia, S. M. (2015). Actualización y ajuste plan de ordenación y manejo de la cuenca de los ríos grande y chico.
- Uriel, E., & Aldás, J. (2005). Componentes principales. Análisis Multivariante Aplicado, 552.
- Van Oudenhoven, A. P. E., Petz, K., Alkemade, R., Hein, L., & De Groot, R. S. (2012). Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services. *Ecological Indicators*, 21, 110–122.  
<http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.01.012>
- Vélez, J. (2013). El conocimiento local en la gestión del riesgo de inundaciones : comunidades del municipio de Mompós , Bolívar.
- Vervoort, J. M., Thornton, P. K., Kristjanson, P., Förch, W., Ericksen, P. J., Kok, K., ... Jost, C. (2014). Challenges to scenario-guided adaptive action on food security under climate change. *Global Environmental Change*, 28, 383–394.  
<http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.03.001>

- Vincent, K. (2007). Uncertainty in adaptive capacity and the importance of scale. *Global Environmental Change*. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.11.009>
- Wagner, M., Chhetri, N., & Sturm, M. (2014). Adaptive capacity in light of Hurricane Sandy: The need for policy engagement. *Applied Geography*, 50, 15–23. <http://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.01.009>
- Williges, K., Mechler, R., Bowyer, P., & Balkovic, J. (2016a). Towards an assessment of adaptive capacity of the European agricultural sector to droughts. *Climate Services*. <http://doi.org/10.1016/j.cliser.2016.10.003>
- Williges, K., Mechler, R., Bowyer, P., & Balkovic, J. (2016b). Towards an assessment of adaptive capacity of the European agricultural sector to droughts. *Climate Services*. <http://doi.org/10.1016/j.cliser.2016.10.003>
- Xenarios, S., Nemes, A., Sarker, G. W., & Sekhar, N. U. (2016). Assessing vulnerability to climate change: Are communities in flood-prone areas in Bangladesh more vulnerable than those in drought-prone areas? *Water Resources and Rural Development*. <http://doi.org/10.1016/j.wrr.2015.11.001>
- Yoo, G., Hwang, J. H., & Choi, C. (2011). Development and application of a methodology for vulnerability assessment of climate change in coastal cities. *Ocean and Coastal Management*, 54(7), 524–534. <http://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.04.001>