

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA INDICADORES AMBIENTALES DEL
RECURSO HÍDRICO ASOCIADO A SISTEMAS AGRÍCOLAS DE FÓMEQUE,
CUNDINAMARCA.**

CARLOS IVÁN BONILLA PASCUAS

YONNY EDILBERTO LEÓN MARTINEZ

**UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

BOGOTA D.C.

2016

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA INDICADORES AMBIENTALES DEL
RECURSO HÍDRICO ASOCIADO A SISTEMAS AGRÍCOLAS DE FÓMEQUE,
CUNDINAMARCA.**

CARLOS IVÁN BONILLA PASCUAS

Ingeniero Agrónomo

YONNY EDILBERTO LEÓN MARTINEZ

Licenciado en Química y Biología

Trabajo presentado como requisito para optar al título de

Magister en Ciencias Ambientales

Director:

**LUIS ALEJANDRO ARIAS
RODRIGUEZ**

Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

**UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

BOGOTÁ D.C.

2016

CONTENIDO

	Pag.
1 INTRODUCCION.....	1
2 JUSTIFICACION.....	2
3 MARCO TEORICO.....	3
3.1 Sistemas de producción.....	3
3.1.1 Sistemas agrícolas.....	3
3.1.2 Tipología de fincas	4
3.2 Sostenibilidad ambiental y metodología MESMIS.....	4
3.2.1 Buenas prácticas agrícolas (BPA).....	5
3.2.2 Alteraciones a la sostenibilidad.....	5
3.2.2.1 Contaminación.....	7
3.3 Ordenamiento de cuencas.....	8
3.3.1 Indicadores ambientales.....	8
3.4 Marco legal.....	9
4 ESTADO DEL ARTE.....	10
5 OBJETIVOS.....	13
5.1 Objetivo general.....	13
5.2 Objetivos específicos.....	13
6 METODOLOGÍA.....	14
6.1 Área de estudio.....	14
6.1.2 Índices de contaminación ICOS.....	17
6.1.2.1 Índices de contaminación por materia orgánica (ICOMO).....	17
6.1.2.2 Índices de contaminación por solidos suspendidos (ICOSUS).....	17
6.1.2.3 Índices de contaminación trófico (ICOTRO).....	18
6.1.2.4 Índices de contaminación por mineralización.....	19
6.1.3 Encuestas.....	20
6.2 Propuesta metodológica de evaluación ambiental basada en el marco MESMIS.....	21
6.3 Vinculación de la comunidad educativa de la IED Monseñor Agustín Gutiérrez de Fómez en los procesos de diagnóstico socio ecológico de la zona de estudio.....	22
7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
7.1 Resultados de encuestas.....	23

7.2	Resultados de análisis de laboratorio e ICOS.....	26
7.3	Diseño de la metodología en el marco MESMIS.....	30
7.3.1	Algunas características de la metodología con base en el marco MESMIS.....	33
7.3.2	Resultados y análisis por zona de estudio.....	37
7.3.3	Resultados y análisis por sectores de la zona de estudio.....	40
7.3.4	Resultados y análisis por tamaño de fincas.....	44
7.3.5	Resultados y análisis de fincas por sistemas productivos.....	46
7.3.6	Resultados y análisis bajo la figura de finca modelo por cada sistema productivo.....	47
7.4	Resultados estadísticos.....	48
8	DISCUSION.....	48
9	CONCLUSIONES.....	52
10	RECOMENDACIONES.....	53
11	BIBILOGRAFIA.....	54
12	ANEXOS.....	65

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1	Valores de los parámetros físico químicos obtenidos en el laboratorio... 26
Tabla 2.	Índices de contaminación en época de lluvias en las estaciones de muestreo..... 27
Tabla 3.	Índices de contaminación en época seca en las estaciones de muestreo 27
Tabla 4.	Valores de referencia de los ICOs..... 27
Tabla 5.	Método de escala Likert (Valoración de 17 características del ecosistema)..... 28
Tabla 6.	Valores de referencia para la calificación final del ISRHA, con base en el área contenida dentro del biograma (diagrama radial)..... 39
Tabla 7.	Valor ISRHA de la zona de estudio en periodo de lluvias..... 36
Tabla 8.	Valor ISRHA de la zona de estudio en periodo seco..... 37
Tabla 9.	Valor ISRHA de los sectores en la zona de estudio (periodo lluvioso y seco)..... 43
Tabla 10.	Valor ISRHA de las fincas según el tamaño..... 45
Tabla 11.	Valor ISRHA de las fincas por vocación agropecuaria..... 47

Tabla 12.	Valor ISRHA de las fincas tipo en la zona de estudio.....	48
-----------	---	----

LISTA DE GRAFICOS

		Pag
Grafica 1.	Identificación del área de estudio.....	14
Grafica 2.	Precipitación promedio mensual.....	15
Grafica 3.	Esquema para el cálculo del índice de contaminación ICOs.....	19
Grafica 4.	Predios encuestados.....	20
Grafico 5.	Resumen de los valores ICO encontrado en los puntos de muestreo....	23
Grafico 6.	Comportamiento de colifórmes en las estaciones de muestreo.....	24
Grafico 7.	Comportamiento de parámetros en estaciones y periodos.....	25
Grafica 8.	Estructura del modelo presión, estado, respuesta PER.....	30
Grafica 9.	Sostenibilidad biofísica del recurso hídrico de la zona de estudio en periodo de lluvias.....	36
Grafica 10.	Sostenibilidad biofísica del recurso hídrico de la zona de estudio en periodo seco.....	37
Grafica 11.	Comparación periodo de lluvias y periodo seco.....	38
Grafica 12.	Sostenibilidad biofísica del recurso hídrico por sectores en la zona de estudio en periodo de lluvias.....	38
Grafica 13.	Sostenibilidad biofísica del recurso hídrico por sectores en la zona de estudio (periodo seco)	42
Grafica 14.	Sostenibilidad biofísica del recurso hídrico a nivel de fincas según tamaño.....	44
Grafica 15.	Sostenibilidad biofísica del recurso hídrico de fincas por vocación agropecuaria.....	46
Grafica 16.	Sostenibilidad biofísica del recurso hídrico de tres fincas tipo en la zona de estudio.....	47

RESUMEN

El manejo del recurso hídrico es un aspecto fundamental en la producción agrícola del país. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar aspectos ambientales de sistemas productivos asociados al recurso hídrico en Fómeque, Cundinamarca, con el fin de proponer indicadores ambientales para la región. Se analizaron 59 fincas productoras dedicadas a la agricultura, avicultura y ganadería en aspectos relacionados al manejo del recurso hídrico, por medio de encuestas bajo el enfoque de investigación exploratoria descriptiva de carácter semi-cuantitativo con la participación de la comunidad de la Institución Educativa Departamental Agustín Gutiérrez del municipio de Fómeque. Luego se realizaron análisis físico químicos y biológicos de agua y se calcularon los ICOs en tres puntos del río en época de lluvias y sequía. Tanto los resultados de las encuestas como los análisis de laboratorio se utilizaron para consolidar la información con el propósito de establecer indicadores ambientales asociados al recurso hídrico, utilizando la metodología MESMIS. El uso de indicadores permitió observar claras tendencias en la sostenibilidad general y en los aspectos económicos, ecológicos y socioculturales. Se observó que existen puntos críticos en la cuenca asociados al inadecuado manejo de aguas residuales, la baja cobertura boscosa, la carencia de tecnología adecuada de riego y desconocimiento de tecnologías químicas de control sanitario. Se concluye que el desarrollo del indicador MESMIS fue adecuado para detectar puntos críticos a la sostenibilidad del río negro, y por establecer sus causas y generar recomendaciones para mejorar las deficiencias.

Palabras claves: Cuenca, aguas residuales, MESMIS, sostenibilidad.

ABSTRACT

The water resources management is a key aspect for agricultural production in Colombia. This research aimed to evaluate environmental aspects of production systems to water resource in Fomeque (Cundinamarca) searching to propose environmental indicators for this region. Firstly, around 59 productive farms were analysed, most of them dedicated to agriculture, poultry farming and cattle raising, all these analysis were about water resource implications on relation to this areas. The results were obtained through surveys under the approach of descriptive exploratory research of semi - quantitative nature with school community Agustin Gutierrez Fómeque Township participation and support.

Secondly, physicochemical and biological water analyses were performed as well. Besides, the “ICOs” (in spanish) were calculated at three points of the river in the rainy and drought season. Both the survey results and laboratory data were used to consolidate information in order to establish environmental indicators associated with water resources, using methodology MESMIS. The use of indicators allowed observe clear trends in the overall sustainability and the different aspects such as; economics, ecological and socio-cultural. It was certainly clear that, there are certain remarkable problems in the basin, mostly associated with inadequate handling of wastewater. Apart from this, the indicators showed that the forest cover is very low and there is either no technology presence. The irrigation inconsistency is remarkably clear. In addition, the lack of sanitary chemical control technologies is clearly absent there as well. To sum up, the development of the MESMIS indicator was adequate in detecting those remarkable problems connected to Black River sustainability. It was also helpful for clarifying multiple causes on this matter and generating some ideas in order improve the deficiencies.

Keywords: Basin, wastewater, MESMIS, sustainability.

1. INTRODUCCION

En las últimas décadas, el sector agrícola en Colombia ha venido implementando modelos de producción de diversa índole con el objetivo de incrementar su eficiencia, la rentabilidad y el aprovechamiento de recursos naturales disponibles en las regiones. La política económica en todos sus niveles (nacional, regional y municipal) incluye el componente agropecuario como un ámbito estratégico de desarrollo local, estableciendo programas y proyectos de mejoramiento de los sistemas productivos, la adquisición de tecnologías más eficientes y la búsqueda de un bienestar socio económico de los pobladores campesinos.

Es precisamente, con la apertura económica del país, que se inicia desde la década de los noventa, procesos de cambio estructural para el sector primario de la economía colombiana conllevando una presión constante a los recursos ambientales de las regiones. Primando la productividad económica frente a la estabilidad de los sistemas ecológicos que la soportan y se sigue presentando, incluso con mayor rigurosidad, prácticas extractivas que alteran el equilibrio ecológico, la seguridad ambiental y alimentaria de las comunidades.

El municipio de Fómeque cuenta con una diversidad biológica propia de ecosistemas que se ubican entre los 1.550 y 3.480 m.s.n.m. conteniendo ecosistemas geoestratégicos para la nación en términos de disponibilidad hídrica (RAMSAR, 2012) y alimentaria para habitantes de la región y la ciudad capital. El recurso hídrico, específicamente el presente en ecosistemas del páramo de Chingaza, abastece a más del 65% de habitantes de Bogotá y cerca de 15 municipios de la sabana centro y occidente de la misma región; el sector agropecuario por su parte, se caracteriza como fuente alimentaria de especies hortícolas como, tomate y habichuela fundamentalmente, además de ser considerado como el mayor productor avícola (huevo) del departamento de Cundinamarca. (Fenavi, 2016)

Es así que, en este nivel altitudinal se presentan condiciones hídricas, climáticas, edáficas y sociales que posibilitan la implementación de la actividad avícola y el desarrollo de diversos sistemas productivos con características y diferencias que muestran patrones de comportamiento socio ecológico propios. Estas dinámicas territoriales están enmarcadas en una constante interacción con la oferta hídrica, estructurando tipologías que causan presión, alteraciones o impactos negativos a la sostenibilidad de estos agroecosistemas.

Precisamente para la medición de la sostenibilidad existen diferentes técnicas y métodos con diferentes enfoques que buscan facilidad y eficiencia para la evaluación completa de un territorio. Últimamente, la metodología MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad), ha despertado entre los científicos sociales y ambientales un gran interés por su aplicación incorporando en el proceso de evaluación territorial no solo variables productivas, sino sociales, económicas y ecológicas que terminan por definir cualitativa y cuantitativamente las dinámicas que suceden en territorios y el grado de sostenibilidad de las prácticas que se realizan a partir de unos recursos locales.

Con esta investigación se pretendió valorar el nivel de sostenibilidad ambiental frente al recurso hídrico que presentan los diversos agroecosistemas de la cuenca del Rio Negro, en una zona de estudio comprendida entre los 1,600 y los 1,950 m.s.n.m. proponiendo una metodología de trabajo de campo que articula la participación de las comunidades para la resignificación de las variables socioecológicas en torno al uso y manejo del recurso hídrico disponible actualmente.

2. JUSTIFICACIÓN

Aunque se han realizado diversos estudios en esta localidad sobre caracterización de sistemas productivos, tipologías de fincas y distritos de riego, el desconocimiento de algunas variables ambientales indica una brecha de información para una caracterización completa y detallada. Dado esto, se hace necesario dar apertura a la participación activa de la comunidad en el reconocimiento de su entorno, así mismo realizar un análisis de valoración estricto en temas ambientales que integre coherentemente las otras variables y que dimensionen el efecto de cada una de ellas bajo un eje articulador de la sostenibilidad, que en esta oportunidad es el recurso hídrico.

El presente estudio de sostenibilidad del recurso hídrico, aporta en parte de la solución a una problemática de falta de caracterización sobre el uso y manejo del recurso en la cuenca del Rio Negro en Fómeque, que fue identificada y manifestada en el documento de diagnóstico del Plan de Ordenamiento de las cuencas de los ríos Blanco y Negro del

municipio de Fómeque (Corpoguavio, 2007). Es así como, se avanza en la integración de variables sociales y tecnológicas previamente identificadas, con algunas variables ecológicas que afectan directa e indirectamente el principal cuerpo de agua de la cuenca, de manera que la comunidad que participa resulta fundamental en el reconocimiento de esta realidad que presenta niveles críticos de sostenibilidad y que se convierte en una amenaza para el equilibrio ecológico.

Por otra parte, se hace necesario además involucrar el sector educativo de la región, donde confluyen los jóvenes garantizando en cierta medida que generaciones futuras sean conscientes de las problemáticas propias; de esta manera, se enriquece la percepción de una cultura de respeto hacia el ambiente y propiciando espacios de reflexión para una educación ambiental completamente contextualizada a las problemáticas locales.

Las Corporaciones Ambientales Regionales (CAR) tienen el llamado del Estado a diagnosticar el manejo de los recursos naturales y establecer estrategias de manejo para el manejo de las cuencas del territorio nacional. En ocasiones, esta responsabilidad ha quedado en procesos de diagnóstico llegando a generar acciones concretas en beneficio de la población y del ambiente. Sin embargo, Corpoguavio que tiene jurisdicción en el municipio de Fómeque, con sus estudios diagnósticos ha abierto la posibilidad para que se desarrollen proyectos y actividades que favorezcan la región y la población.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Sistemas de producción

Se definen como el conjunto de insumos, técnicas, mano de obra, tenencia de la tierra y organización de la población para producir uno o más productos agrícolas y pecuarios. Hacen referencia a una unidad productiva que interrelaciona diferentes componentes físicos, bióticos, sociales, económicos y culturales y que están vinculados geográficamente con otras unidades similares o complementarias a la función del sistema.

Su característica principal es ser dinámico, por lo tanto cambiante y no estático. Es un sistema que integra subsistemas vivos que permanentemente están cambiando y

respondiendo a condiciones externas como el clima, factores sociales y/o políticos que afectan positiva o negativamente esa dinámica propia (Jouve, 1988).

3.1.1. Sistemas agrícolas

Dentro de la teoría clásica de los sistemas agrarios, se han catalogado como sistemas productivos, fundamentalmente los sistemas agrícolas cuyo objetivo es la producción de cultivos y los sistemas ganaderos con finalidad de producción de carne o leche o derivados de estos.

Este enfoque últimamente ha sido revaluado, dejando atrás la clasificación univariada, más bien contemplado una matriz de funciones multivariadas y de procesos múltiples (Escobar y Berdegué, 1990) que definen jerarquías y características particulares. En el análisis de sistemas productivos la caracterización proporciona información cualitativa y cuantitativa de las fincas consideradas en una muestra de estudio y esta técnica permite clasificar y tipificar a los productores en un territorio. (León & Barrera, 2003)

3.1.2. Tipologías de fincas

La tipología de fincas es un procedimiento para diferenciar grupos por características socioeconómicas y biofísicas de los sistemas de producción (Carvajal, 2014). Una clasificación de sistemas de finca ayuda al conocimiento de la dinámica de desarrollo agrícola de una región, informa sobre la situación actual y puntual de las fincas en un período de tiempo determinado (Kostrowicki, 1977) y brinda herramientas de análisis para evaluar comportamientos comunes de dinámicas socioeconómicas, permitiendo incluso priorizar programas de atención a las comunidades según los criterios de clasificación multivariado. (Escobar y Berdegué, 1990)

3.2. Sostenibilidad ambiental y metodología MESMIS

La sostenibilidad se ha relacionado como una condición que permite alcanzar niveles de menor vulnerabilidad de los sistemas frente a diferentes tipos de presiones; teniendo en cuenta que de su alcance depende que un colectivo social pueda generar condiciones que permitan cubrir sus necesidades, alcanzar sus aspiraciones y establecer parámetros de bienestar de acuerdo a sus expectativas socio-culturales (Rojas, 2012)

La sostenibilidad defiende la necesidad de adecuar las sociedades humanas y sus acciones a la capacidad del planeta de proveer recursos naturales y energéticos y soportar las cargas contaminantes provenientes de fuentes diversas (Subirana, 2000)

A nivel de fincas la sostenibilidad implica el desarrollo de la capacidad de las comunidades rurales a través de sus sistemas productivos y sus agroecosistemas de mantener altos niveles de productividad agraria, bienestar social y calidad del ambiente a través del tiempo. Últimamente, en los territorios se implementan prácticas y estrategias que propenden por el buen manejo de los recursos naturales y que a nivel de sistemas productivos agrarios están articulados con procesos de certificación para el beneficio no solo ambiental de las fincas, sino económico de los productores, a través del reconocimiento de un valor agregado por parte del mercado (Müller, 1996).

METODOLOGÍA MESMIS

El marco Mesmis (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad) propone a su vez cinco atributos o conjuntos de atributos para la sustentabilidad, que brindan el marco coherente e integral para hacer operativo el análisis. En primer lugar la productividad, entendida como la capacidad del agroecosistema para brindar los bienes y servicios; la estabilidad que es la capacidad de mantener estable un estado de equilibrio dinámico; la adaptabilidad que significa una capacidad de encontrar nuevos estados de equilibrio ante cambios en el largo plazo; en cuarto lugar la equidad y por último la autodependencia que implica una regulación hacia el exterior del sistema. (Masera, et al, 1999.)

La metodología conlleva la realización de 6 pasos de la siguiente forma:

Paso 1. Determinación del objeto de estudio: incluye la identificación de los sistemas de manejo en su contexto socio-ambiental, es decir, tanto en el que se va a analizar como el que se tiene de referencia en la región, incluso el sistema alternativo.

Paso 2. Identificación de los puntos críticos del sistema: se refiere a los aspectos que alteran positiva o negativamente los atributos para la sustentabilidad de los sistemas productivos.

Paso 3. Selección de los indicadores: tiene como punto de inicio la identificación de los criterios del diagnóstico (es decir aquellos que describen los atributos de la sustentabilidad) y a partir de ellos, hace la selección de indicadores.

Paso 4. Medición de los indicadores: se define el procedimiento que se empleará para la medición de los indicadores, ya sean mediciones directas, revisión bibliográfica, establecimiento de experimentos, modelos de simulación u otros.

Paso 5. Integración de resultados: se realiza determinando umbrales para cada indicador, construyendo índices que agreguen información de los indicadores evaluados y diagramando los resultados para facilitar su análisis. Se indican los principales obstáculos para la sustentabilidad, así como los aspectos que más la favorecen.

Paso 6. Conclusiones y recomendaciones sobre los sistemas de manejo: a partir de los resultados expresados, numérica y gráficamente se determinan juicios de calificación sobre los indicadores que más o menos están aportando al ideal de sustentabilidad, se hacen comparaciones entre los distintos indicadores y se emplean técnicas participativas que involucren los criterios tanto de los técnicos como de los agricultores.

3.2.1. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)

Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) son todas las acciones tendientes a reducir los riesgos microbiológicos, físicos y químicos en la producción, cosecha y acondicionamiento en campo, procesamiento, empaque, transporte y almacenamiento, y se definen como un conjunto de normas, principios y recomendaciones técnicas aplicadas a las diversas etapas de la producción agrícola, que incorporan el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades MIPE, el Manejo Integrado del Cultivo MIC, Manejo Integrado de Riego y Fertilización MIR- FE, y cuyo objetivo es ofrecer un producto de elevada calidad e inocuidad con un mínimo impacto ambiental, bienestar y seguridad para el consumidor y los trabajadores, y que permita además proporcionar un marco de agricultura sostenible, documentado y evaluable (Wilford, 2009)

Los aspectos que incluye la sostenibilidad de fincas desde las BPA, están centrados en diversas prácticas: manejo de suelos (prácticas de conservación), manejo del agua (uso y distribución por sistemas de riego), producción y protección de cultivos (uso de semillas

certificadas, control fitosanitario), cosecha, elaboración y procesamiento de alimentos. Como es frecuente, en las fincas no solo existen sistemas agrícolas sino también sistemas ganaderos y agroindustriales para el procesamiento de alimentos que igualmente exigen la implementación de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) y las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) como complemento a las BPA para alcanzar niveles óptimos de competitividad en el mercado. (Estrada, 2015).

3.2.2. Alteración a la sostenibilidad

3.2.2.1. Contaminación

La contaminación en los sistemas productivos está referida fundamentalmente al uso inadecuado de los residuos agrícolas, aplicaciones irracionales de plaguicidas químicos, la disposición final de residuos sólidos y vertimientos de aguas residuales sin tratamiento.

La agricultura convencional pese a estar inmersa en un contexto ecológico donde se mantiene en algún nivel las coberturas boscosas, los modelos de explotación agrícolas y pecuarios generan constantemente una presión fuerte sobre los bosques y los suelos, por causa de la tala y quema para la ampliación de la frontera agrícola. (Vásquez y Zulaica. 2012)

Sobre el recurso hídrico generalmente las afectaciones son puntuales en una primera instancia, cuando las explotaciones no son extensivas y los niveles tecnológicos son bajos en los predios. Es común encontrar que la principal fuente de contaminación se ubica en el vertimiento de aguas residuales ya sea proveniente de las viviendas rurales o de puntos de recolección de aguas de lavado de explotaciones pecuarias (Rodríguez, et al. 2015); la disposición de residuos sólidos de envases y empaques de plaguicidas junto con los residuos líquidos que provienen de excedente de las fumigaciones o del lavado de máquinas de fumigación alteran significativamente la inocuidad de las aguas para consumo animal y humano. (Díaz, 2013)

Por último, debido a las prácticas de manejo a los sistemas de producción y en especial de los suelos y las coberturas, los cuerpos de agua terminan siendo receptores de partículas sólidas provenientes de fenómenos de erosión por escorrentía, erosión por sobrepastoreo o erosión eólica cuando los suelos quedan descubiertos justo después de la preparación de

suelos para la siembra. Esta última práctica tradicional de la agricultura es una de las causas principales de la pérdida de la materia orgánica en los suelos y por consecuencia de la reducción de la fertilidad de ellos, además de reducir los niveles de productividad de cultivos. (Auquilla Cisneros, 2005).

Existen otras fuentes de contaminación que son frecuentes pero desconocidas o sin valoración en su real impacto, como el uso de fertilizantes, abonos orgánicos o materiales de enmienda que se infiltran hacia capas sub superficiales de los suelos o se desplazan por escorrentía hacia los cuerpos de agua donde finalmente llegan de una u otra forma. (Brandán de Antoni, 2014).

3.3. Ordenamiento de cuencas

El IDEAM establece criterios para el ordenamiento de las cuencas por medio de los planes de ordenamiento ambiental que son los documentos guía para ejecutar las acciones para la preservación de los recursos del territorio nacional. Dentro este lineamiento de planificación se incluye las variables físicas, químicas, bióticas, socioeconómicas, tecnológicas, culturales y políticas que definen las estrategias a implementar para la preservación de los recursos hídricos. Dichas estrategias deben ser direccionadas con el aval de las comunidades que habitan los territorios para generar el impacto que realmente se proyecta ya sea a nivel predial o de cuenca. (Min ambiente, 2012)

3.3.1. Indicadores ambientales

Los indicadores son “variables cuyo propósito es medir un cambio en un determinado fenómeno o proceso” (Eswaran, 1994). Los indicadores son herramientas que ayudan a la consecución de objetivos y guían la toma de decisiones sobre la forma de utilización de los recursos naturales, pero no solo con una visión económica, sino complementada por medidas sociales y ambientales. (Noguera, 2003)

La evaluación a través de indicadores en sistemas productivos, facilita la medición y el seguimiento de las prácticas agroecológicas a nivel de fincas. Es necesario llevar a cabo esta actividad bajo los mismos criterios de valoración cualitativos o cuantitativos (Acevedo, 2013) para que los resultados sean comparables, de manera que se pueda seguir la

trayectoria de un mismo agroecosistema a través del tiempo, o realizar comparaciones entre fincas en varios estados de transición (Chango, 2014).

La eficacia de un indicador como herramienta de planificación y valoración ambiental solo se logra con una auténtica participación de las comunidades y le corresponde al investigador aplicar diversas estrategias para alcanzar las metas en el trabajo comunitario. Dichas estrategias o metodologías participativas como la Investigación Acción Participación (IAP), el diagnóstico rural participativo (DRP), la cartografía social, las encuestas dinámicas, escuelas de campo y parcelas demostrativas, entre otras, permiten tomar información eficaz de fuentes primarias sobre la calidad ambiental en miras de la realización de diagnósticos y evaluaciones más objetivas y ajustadas a la realidad. (Calderón, 2009).

3.4. MARCO LEGAL

La normatividad ambiental vigente para el ordenamiento del recurso hídrico en Colombia se explica inicialmente desde la constitución política de Colombia consagra derechos y obligaciones para proteger los recursos y garantizar un medio ambiente sano, en el decreto 2811 de 1974 en sus artículos: 77 a 78 Clasificación de aguas. Art. 80 a 85: Dominio de las aguas y cauces. Art. 86 a 89: Derecho a uso del agua. Art.134 a 138: Prevención y control de contaminación. Art. 149: aguas subterráneas. Art.155: Administración de aguas y cauces. El decreto 1449 de 1977 sobre disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática. Ley 09 de 1979 sobre el código sanitario nacional: Art. 51 a 54: Control y prevención de las aguas para consumo humano. Art. 55 aguas superficiales. Art. 69 a 79: potabilización de agua. Ley 99 de 1993, Art. 10, 11, 24, 29: sobre prevención y control de contaminación de las aguas. Tasas retributivas.

En cuanto a la ordenación según la ley 388 de 1997 define competencias en el manejo de las cuencas hidrográficas para elaboración y adopción de los POT en municipios y distritos, el decreto 1729 de 2002 establece las finalidades, principios y directrices para la ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas POMCA, la resolución 104 de 2010, reglamentaria

del decreto 1729/02, establece criterios y parámetros para clasificación y priorización de cuencas hidrográficas, el decreto 3930 de 2010 define los usos del agua, el decreto 2820 de 2010 establece todo lo relacionado con la autorización de licencias ambientales, las cuales deben estar articuladas al ordenamiento de las cuencas hidrográficas.

En cuanto a la calidad del recurso hídrico el decreto 1594 de 1984 que es reemplazado por el decreto 3930/10 están vigentes artículos relacionados con usos y criterios de calidad de agua, así como normas de vertimientos puntuales, en el decreto 1575 de 2007 que establece el sistema de protección y control de la calidad de agua para consumo humano, el decreto 3930 de 2010 establece que todo usuario que realice descargas de aguas residuales al suelo, aguas superficiales, aguas subterráneas y marinas deben tramitar y legalizar el permiso de vertimientos.

En cuanto a la cantidad de uso del recurso hídrico, el decreto 1541 de 1978 reglamenta las normas relacionadas con el recurso agua en todos sus estados: reglamenta el dominio y usos del agua con fines de desarrollo humano, económico y social, la ley 373 de 1997 obliga a incorporar el programa de uso eficiente del agua a nivel regional y municipal y a utilizar métodos eficientes en el uso del recurso hídrico, el decreto 155 de 2004 reglamenta el instrumento económico de las tasas de utilización del agua TUA. El decreto 1449 de 1977 establece obligaciones a los propietarios de predios para la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas, bosques, fauna terrestre, acuática y suelos, la ley 142 de 1994 establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, y la ley 1333 de 2009 establece el procedimiento ambiental sancionatorio y se dictan otras disposiciones.

4. ESTADO DEL ARTE

Diferentes autores han trabajado en propuestas de indicadores de sustentabilidad, por ejemplo, Ragas, et al. (1995), trabajaron en la formulación de un indicador de sustentabilidad a partir de parámetros biofísicos, Koning y Van de Kop (1997), emplearon el método de balance de nutrientes como un indicador de sostenibilidad de los agroecosistemas, Herrick. (2000), propone la calidad de suelo como un indicador de manejo sustentable de la tierra; Rodríguez y Jiménez (2007), proponen la aplicación de

indicadores del recurso suelo para evaluar la sostenibilidad de la microrregión plantar – la vieja en Costa Rica.

Ramírez et al. (2008) proponen indicadores para determinar la sostenibilidad agrícola en la cuenca media del río reventado en Costa Rica usando solo indicadores de calidad de suelo. Sin embargo, a pesar de tener claridad en que se deben superar las barreras sociales y científicas con el fin de entender, elaborar y medir la sostenibilidad, los indicadores propuestos por estos autores son desarticulados y la evaluación de la sostenibilidad solo se da en términos del estado ecológico de los sistemas de producción, lo cual no es suficiente para la gestión sostenible de la tierra.

Por su parte, Galván (2008), establece tres grupos de iniciativas para evaluar la sustentabilidad

1. Un primer grupo que constituye unos listados de indicadores aislados que evalúan la sostenibilidad en varias dimensiones (ambiental, social y económica) de forma desarticulada.
2. Un segundo grupo, donde se caracterizan por la integración de índices que recogen datos de diversos indicadores en uno solo (Kumaraswamy, 2012). Estos indicadores son actualmente usados para analizar la sustentabilidad de diversas prácticas a nivel de finca.
3. Por último, un grupo de métodos que crearon marcos de evaluación como referentes analíticos para la generación de los indicadores a partir de las propiedades de sustentabilidad de los sistemas de producción

Desde la década de los noventa la FAO desarrolló un Marco para la Evaluación del Manejo Sustentable de la Tierra (“Framework for the Evaluation of Sustainable and Management, FESLM”). En este marco se combina tecnologías, políticas y actividades dirigidas a la integración de principios socio-económicos y ambientales, cumpliendo unos criterios de sostenibilidad, a saber: mejoramiento en la productividad, garantía de inocuidad y seguridad para la producción, la protección de recursos naturales (suelo y agua principalmente), la viabilidad económica y la aceptabilidad social. (Smyth y Dumanski, 1993)

El FESLM fue diseñado como una guía para alcanzar la sustentabilidad del manejo de la tierra a partir de varios pasos secuenciales. Este marco busca conectar todos los aspectos que interactúan en el manejo de la tierra, bien sea de tipo ambiental, económico y/o social, las cuales determinan colectivamente si la forma de manejo es o no sustentable (Smyth y Dumanski, 1993).

El IICA y la GTZ (Hünneimyer, De-Camino y Müller, 1997) diseñaron un Marco Teórico para la definición de Indicadores de Sustentabilidad a partir de tres dimensiones básicas de la sustentabilidad, así: sustentabilidad ecológica, sustentabilidad económica y sustentabilidad social:

Este marco teórico propone un análisis de agroecosistemas desde el punto de vista sistémico reconociendo tanto los recursos del sistema (para cada dimensión) como su funcionamiento y los analiza desde el punto de vista de cuatro propiedades claves para caracterizar la sustentabilidad de un agroecosistema: productividad (relación entre insumos y producción), estabilidad (capacidad de mantenerse constante la productividad), resiliencia (capacidad del sistema para recuperarse ante distorsiones) y equidad (distribución equitativa de los beneficios y riesgos generados por el sistema).

En este análisis se generan descriptores de la sustentabilidad para los cuales, a su vez, se formulan indicadores que midan sus cambios. En este punto es importante establecer que como el indicador es de carácter cuantitativo puede servir al mismo tiempo para varios descriptores.

En 1993, Astier y Masera empezaron a consolidar una iniciativa de evaluación de la sostenibilidad basada en un marco conceptual y metodológico organizado. Iniciando la primera década del 2000 este marco fue consolidado por López, et al. (2000) y en México se propuso un marco referencial para la evaluación de la sostenibilidad y que fue denominado “MESMIS” (Metodología para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sostenibilidad). Este marco de evaluación permite formular indicadores agrupados en atributos, criterios de diagnóstico y puntos críticos. Actualmente este marco ha sido empleado en varios países latinoamericanos y las experiencias han sido exitosas para las escalas manejadas.

Bajo el enfoque de MESMIS, se conocen en México los trabajos de Moya, et al. (2001), Trinidad et al. (2000), Astier et al. (2008), Neri et al (2008) y Sanchez (2010); en Bolivia los desarrollados por Delgadillo et al. (2000) y Sandy et al. (2004); en Perú por Gomero et al. (2003); en Argentina los desarrollados por Loewy (2007). En Nicaragua recientemente se conocen los trabajos adelantados por Durán y Díaz (2008) en el cual se identificaron 73 indicadores; y en Chile se conocen los recientes trabajos de Vega (2009)

En Colombia, se tiene conocimiento de las investigaciones realizadas por Cárdenas et al. (2005), quienes trabajaron bajo el Marco de MESMIS para desarrollar y validar una metodología con el fin de evaluar indicadores de sustentabilidad de sistemas productivos campesinos de la Asociación de Caficultores Orgánicos de Colombia – ACOC. Esta investigación dejó como resultado 11 indicadores agrupados por atributos, criterios y puntos críticos y la determinación de los niveles de sustentabilidad para las fincas caficultoras orgánicas de Colombia. Igualmente Arias y Camargo (2007), trabajaron bajo este mismo enfoque para analizar la sustentabilidad de las unidades productivas ganaderas del municipio de Circasia – Quindío; esta investigación dejó como resultado 17 indicadores que además de ser propuestos bajo un agrupamiento de atributos y criterios, se discriminaron por dimensión (económica, ecológica y social).

Los indicadores de sostenibilidad son “la relación entre las diferentes dimensión de la sostenibilidad, reflejando la significación de las dinámicas desarrolladas en la complejidad del sistema más allá de lo reportado por cada dimensión del sistema separadamente” (Farsari, 2005).

5. OBJETIVOS

5.1.Objetivo General

Evaluar aspectos ambientales de sistemas productivos asociados al recurso hídrico en Fómeque, Cundinamarca, con el fin de proponer indicadores ambientales para la región.

5.2.Objetivos Específicos

- Caracterizar el uso y apropiación del recurso hídrico en los diferentes sistemas productivos agrícolas y pecuarios de la región.
- Proponer una metodología de evaluación ambiental basada en el método MESMIS.

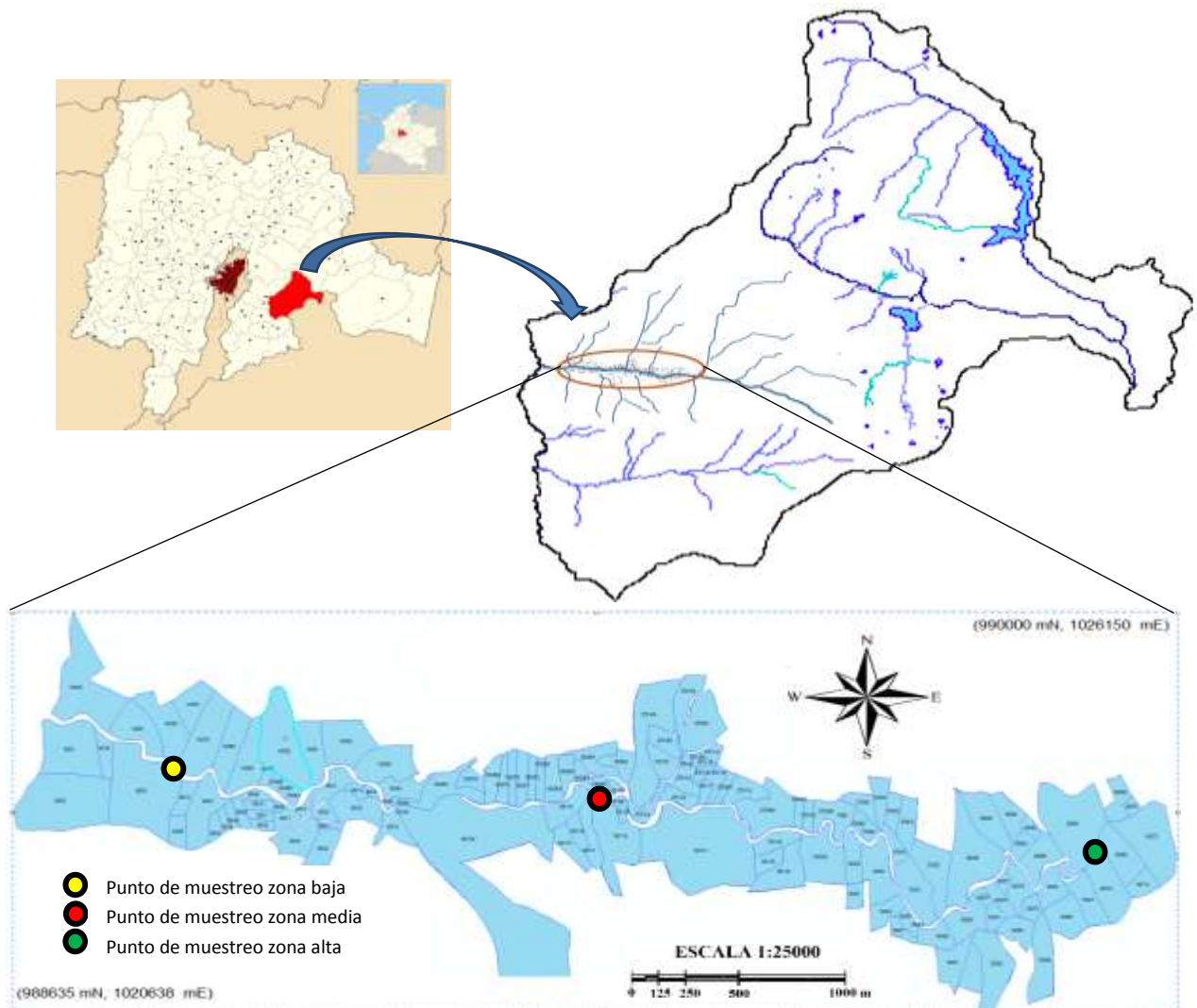
- Vincular a la comunidad educativa de la IED monseñor Agustín Gutiérrez de Fómez en los procesos de diagnóstico socio ecológico de la zona de estudio.

6. METODOLOGÍA

6.1. Área de estudio

La zona de estudio donde se adelantaron los trabajos de campo para la recolección de información primaria y la caracterización biofísica y social, es la zona de influencia de la IED Monseñor Agustín Gutiérrez denominada “sector China” en el cual, según las estadísticas de la institución, viven con sus familias 31 estudiantes activos de educación básica secundaria y media. Esta zona comprende una extensión de 227,66 Has con un total de 138 predios.

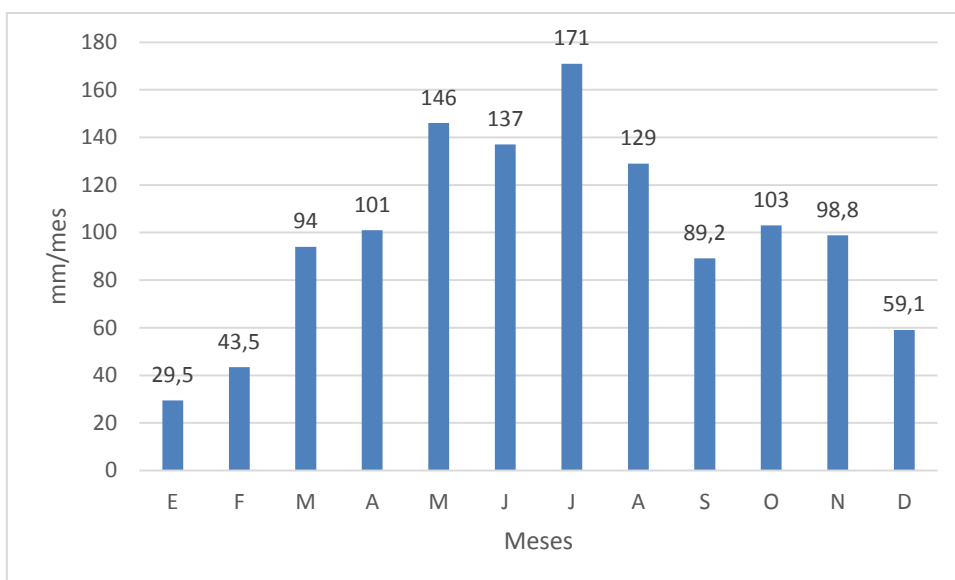
Grafica N° 1. Identificación área de estudio



Fuente: Elaborado por los autores. Bonilla y León (2016)

Los datos climatológicos proporcionados por el IDEAM y la Corporación ambiental, Corpoguavio muestran para la zona de estudio, régimen de precipitaciones con distribución unimodal, siendo los meses desde Diciembre hasta Marzo propiamente de sequía y los meses de Abril a noviembre de precipitaciones. Se registra un promedio histórico de precipitaciones en 1650 mm al año como lo muestra la gráfica N°2 y una oscilación de la temperatura promedio entre los 18 y 22° C en periodos fríos y periodos calidos del año.

Gráfica N° 2 Precipitación Promedio Mensual



Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM. Bogotá DC. 2007

La humedad relativa (Corpoguavio. 2008), presenta una distribución temporal de tipo monomodal, siguiendo la misma dinámica de la precipitación, presentando los valores más altos en los meses de abril a noviembre, con una valor promedio anual de 84,8%. Así mismo se tiene estimado que la Evapotranspiración Real promedia corresponde a 714 mm al año y la Evapotranspiración Potencial promedia a 978 mm anuales.

En cuanto a la geología, el estudio general de suelos realizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2000) revela las características predominantes y la cartografía muestra que para la zona de estudio se presentan formaciones geológicas del cuaternario donde predominan las formaciones Fómeque (Kif), Cáqueza (Kc 1-2) capas de Chingaza (Cch) y Guadalupe principalmente inferior (Ksg1). Estas formaciones se caracterizan por

tener como material parental principalmente las lutitas (lutitas negras), limolitas y areniscas cuarzosas. La formación Cáqueza aporta arcillolitas lo que define suelos con altos contenidos de arcillas y por lo tanto suelos pesados. Así mismo la formación Fómeque aporta arcillolitas limosas de color gris oscuro con aspecto de pizarra. (Corpoguavio, 2008)

En las visitas de campo se realizaron medidas de altitud tomadas de un equipo de posicionamiento global (GPS) marca Garmin Etrex, el cual arroja datos de altitud y distancias recorridas en un lote de una misma finca con un error de lectura de ± 3 metros. Posteriormente el cálculo de la pendiente se realizó con la ayuda del ordenador a través de una hoja de cálculo a partir de los datos tomados en campo. Las pendientes obtenidas oscilaron entre 12 y 75% y alimentó la base de datos para la tipificación de las fincas y la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas productivos.

Para determinar los tipos de suelos, se apoyó el trabajo de campo en la observación de algunos perfiles que se presentaban en las orillas de carreteras donde se evidenciaban los horizontes diagnósticos y se comparaba con la información cartográfica de Corpoguavio (Corpoguavio, 2008), que básicamente define tres tipos de suelos para la zona de estudio: inceptisoles, entisoles y andisoles.

Para determinar la calidad de las aguas del Rio Negro en un trayecto de seis kilómetros se tomaron tres estaciones de muestreo, conservando aproximadamente la misma ubicación que estableció Corpoguavio en el año 2009, con el fin de contrastar los posibles resultados con aquellos registros históricos, además considerando que cerca a estas estaciones de muestreo existen sistemas productivos característicos y representativos del sector (zona alta, media y baja). Al igual que en el 2009, se tomaron dos muestras por cada estación de muestreo, una en periodo lluvioso y la otra en periodo seco. Dichas estaciones seleccionadas para el presente estudio se ubicaron en las siguientes coordenadas geográficas:

Estación 1 (zona alta):	N: 04° 29.992' W: 73° 51.091'	Altitud: 1880 m.s.n.m.
Estación 2 (zona media):	N: 04° 30.079' W: 73° 53.018'	Altitud 1652 m.s.n.m.
Estación 3 (zona baja):	N: 4° 30.169' W: 73° 53.206'	Altitud: 1629 m.s.n.m.

Las muestras de agua obtenidas fueron enviadas al laboratorio de ingeniería ambiental de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá para su respectivo análisis físico - químico y microbiológico para aguas crudas, con el fin de determinar los índices de calidad y de contaminación de cuerpos de agua superficial (Corpoguavio, 2010).

Los métodos de análisis físico químicos realizados fueron:

Conductividad específica por el método electromagnético, dureza total por el método de titulación, alcalinidad por el método de titulación, sólidos suspendidos por el método de gravimetría, fósforo total por el método de cromatografía iónica, oxígeno disuelto por el método de oximetría, DQO por el método de reflujo cerrado, DBO por el método de digestión aerobia. El método para los análisis microbiológicos para determinar los coliformes totales fue filtración por Membrana. (APHA. AWWA, 1992)

Obtenidos estos resultados se usaron para determinar los ICOS (Índices de contaminación) así:

6.1.2. Índices de Contaminación – ICOS

Los índices de contaminación buscan determinar el grado de contaminación de un cuerpo de agua, de acuerdo a diferentes parámetros físicos. Están diseñados para valorar problemas ambientales diferentes y no se encuentran correlacionados los unos con los otros y permiten cuantificar el grado de contaminación de las aguas respecto a su condición general y no a contaminantes específicos. (Jiménez, 2006)

Los índices más importantes para el caso del presente estudio son:

6.1.2.1. Índice de Contaminación por materia orgánica (ICOMO)

Está conformado por la demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y el porcentaje de saturación del oxígeno. Éstos en su conjunto recogen efectos distintos de contaminación orgánica, sin estar los unos correlacionados con los otros. Este índice es el promedio de cada una de las variables. (Torres, 2008)

$$ICOMO = \frac{1}{3}(I_{DBO} + I_{\text{coliformes fecales}} + I_{\text{Oxígeno}})$$

$$I_{DBO} = -0.05 + 0.70 \log_{10} \left[DBO \left(\frac{g}{m^3} \right) \right]$$

$$I_{\text{coliformes fecales}} = -1.44 + 0.56 \log_{10} [\text{Colif totales (NMP)}]$$

$$I_{\text{Oxígeno \%}} = 1 - 0.01 \text{ Oxígeno (\%)}$$

6.1.2.2. Índice de Contaminación por Sólidos Suspendedos (ICOSUS)

Referente a los sólidos suspendidos totales. Estos sólidos pueden hacer referencia sólo a compuestos inorgánicos. Generalmente en muestras de campo los sólidos están dados por partículas de minerales provenientes de las rocas o sustratos por donde cursan los cuerpos de agua.

Es común ver que el comportamiento de dichos sólidos están directamente relacionada con la presencia de lluvias, siendo que en periodos de alta pluviosidad aumentan los valores y en periodos de bajas lluvias disminuyen los valores de sólidos suspendidos. Esta situación no es una norma ni es permanente en todos los casos, sin embargo se presenta con frecuencia esta situación en estudios de aguas.

$$ICOSUS = -0.02 + 0.003 \text{ sólidos suspendidos } \left(\frac{g}{m^3}\right)$$

Sólidos suspendidos por encima de 340 g/m³ tienen ICOSUS = 1

Sólidos suspendidos por debajo de 10 g/m³ tienen ICOSUS = 0

6.1.2.3. Índice de Contaminación Trófico (ICOTRO)

Se fundamenta en la concentración de fósforo total, el cual define por sí mismo una categoría discreta:

Oligotrófico: < 0.01 g/m³

Mesotrófico: 0.01 – 0.02 g/m³

Eutrófico: 0.02 – 1 g/m³

Hipereutrófico: > 1 g/m³

6.1.2.4. Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI)

Este índice incluye variables como conductividad, dureza y alcalinidad principalmente entre otros. Es el valor promedio de índices de cada una de las tres variables elegidas, las cuales se definen en un rango entre 0 y 1.

$$ICOMI = \frac{1}{3}(I_{\text{Conductividad}} + I_{\text{dureza}} + I_{\text{alcalinidad}})$$

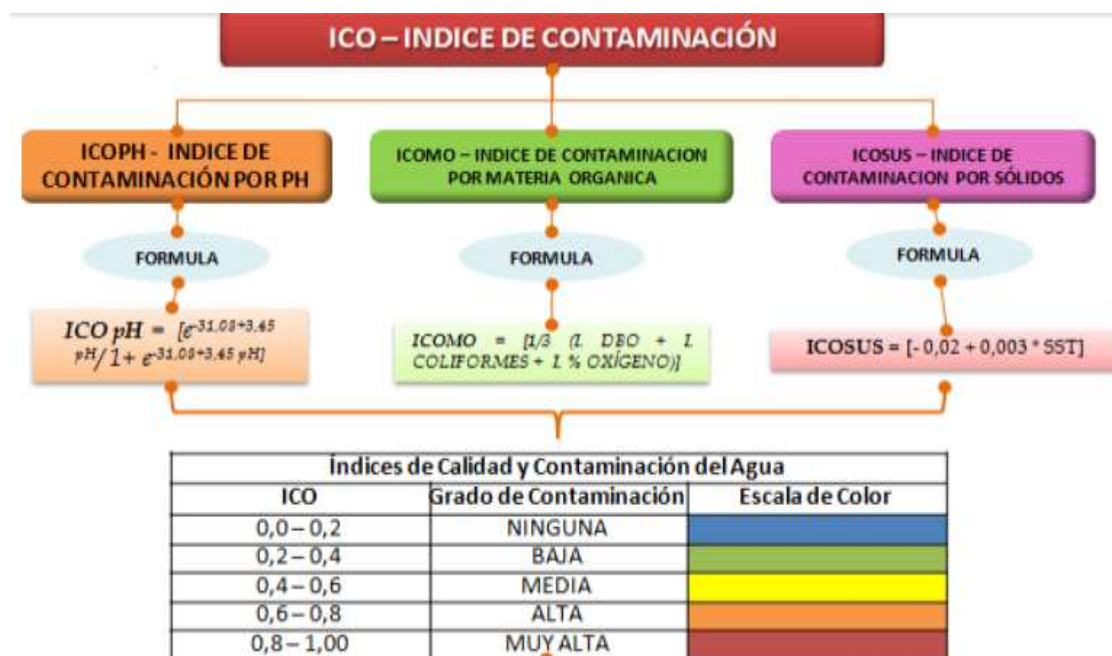
$$\ln(I_{\text{Conductividad}}) = -3.26 + 1.34 \ln[\text{Conductividad } (\mu\text{S/cm})]$$

$$\ln(I_{\text{Dureza}}) = -9.09 + 4.40 \ln[\text{Dureza } (\text{g/cm}^3)]$$

$$I_{\text{Alcalinidad}} = -0.25 + 0.005 \text{ Alcalinidad } (\text{g/cm}^3)$$

Para algunos autores (Ramírez, et al. 1997) el cálculo de ICO está dado fundamentalmente por el siguiente modelo de la gráfica N° 2

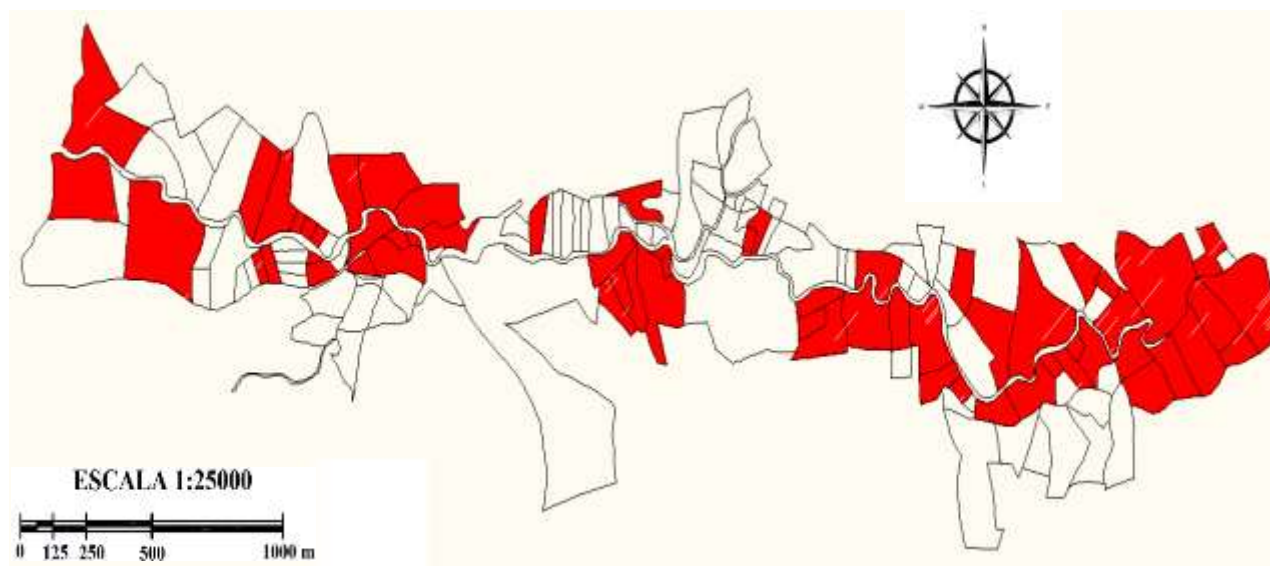
Gráfica N° 3 Esquema para el cálculo del índice de Contaminación (ICO)



Fuente: Ramírez, et al. 1997

6.1.3. Encuestas

Grafica N° 4. Predios encuestados (En rojo en el mapa)



Fuente: Elaborado por los autores. Bonilla y León (2016)

El diseño de las encuestas se realizó bajo el enfoque de investigación exploratoria – descriptiva de carácter semicualitativo utilizando el método de investigación participativa de manera transversal (Reina, 2015). Se realizó un muestreo de conveniencia para la aplicación de las encuestas en la zona de estudio, de manera que los encuestadores aplicaran los formularios de acuerdo a la cercanía geográfica a su lugar de residencia y el conocimiento del medio donde la aplicaría, donde existen ciertos tipos de fincas característicos:

- Sistema de producción ganadera (zona alta).
- Sistema de producción de cultivos de tomate y habichuela (zona media).
- Sistema productivo de avicultura (zona baja)

A partir de la información catastral suministrada por la Alcaldía Municipal y los estudiantes identificados por el colegio como habitantes de dicha zona de estudio y que hacen parte de las veredas de Coacha, Hatoviejo, Chinia, Cerezos, Coasavistá, Carrizal y Río Negro, se obtuvo el tamaño de los predios, la ubicación veredal y datos sobre el propietario de la

finca. Con esta información se estructuró la base de datos que posteriormente se alimentaría con la información tomada en campo por los encuestadores.

Las fuentes de información primaria a las que se recurrió fueron principalmente los productores de cada una de las fincas seleccionadas. La encuesta realizada se dividió en dos partes, la primera parte sobre el manejo de los sistemas de producción y el manejo del agua en la finca con un total de 38 preguntas que se realizaron en las 59 fincas encuestadas, la segunda parte sobre el manejo del agua en las fincas avícolas con un total de 27 preguntas que se aplicaron solo a las fincas con este sistema productivo (ANEXO, encuesta).

Para la tabulación, después del periodo de recolección de información en el segundo semestres del año 2015 y los primeros meses del año 2016, se procedió a construir una tabla de datos con hoja de cálculo de Excel, y sirvió como tabla de entrada para el debido procesamiento estadístico con ayuda del software especializado Infostat® 2016, realizando seguidamente el análisis descriptivo de las variables cuantitativas y aplicando la rutina de Análisis de Correlaciones Múltiples (ACM) para las variables cualitativas.

6.2. Proponer una metodología de evaluación ambiental basada en el marco MESMIS

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las encuestas y los análisis de laboratorio, se consolida la información con el propósito de establecer indicadores de sostenibilidad ambiental asociados al recurso hídrico en los sistemas de producción de la zona. En primer lugar, se identificaron las variables que están implicadas en las prácticas agropecuarias de manejo del recurso hídrico, ya sea por oferta o demanda y a éstas se les clasificó dentro del modelo de análisis Presión - Estado - Respuesta (PER) (Quiroga, 2007), que se visualiza finalmente por medio de esquemas radiales o también llamados biogramas y en cuya área se expresará el nivel de sostenibilidad del sistema analizado, para totalizarlo y expresarlo como un porcentaje (Sepúlveda, 2008).

La propuesta metodológica para la evaluación de la sostenibilidad, implicó la construcción de un modelo conceptual que incluye las variables de presión, estado y respuesta en los sistemas agropecuarios. Una vez realizada la definición de las variables con mayor impacto sobre el recurso hídrico, se construyó una tabla de referencias para la calificación de cada

una de ellas, en un rango de cero a cinco, siendo cinco el máximo valor permitido cuando se evidencia el más alto nivel de sostenibilidad en el sistema. Finalmente con la calificación y con las gráficas resultantes se utilizó el software Autocad, Autodesk 2010 ® para cuantificar el área y determinar de esta forma el valor del indicador ambiental del recurso hídrico para los diferentes casos en particular.

6.3. Vincular a la comunidad educativa de la IED Monseñor Agustín Gutiérrez de Fómeque en los procesos de diagnóstico socio ecológico de la zona de estudio.

Para lograr el éxito de la aplicación de las encuestas y la consecución de la información por medio de encuestadores que permitieran algún grado de familiaridad y empatía hacia el encuestado, fue necesario contar con el apoyo de los estudiantes del colegio de Fómeque, realizando talleres de formación para la aplicación de las encuestas y simulacros de aplicación de éstas.

Este proceso implicó identificar el número de estudiantes activos de la sede de Bachillerato de la IED Monseñor Agustín Gutiérrez de Fómeque, realizar un trabajo de sensibilización hacia los estudiantes seleccionados y que voluntariamente querían colaborar en el proyecto de investigación y abrir un espacio de encuentro en las instalaciones del colegio para las actividades programadas de convocatoria, socialización, capacitación, entrega de materiales y recepción de las encuestas diligenciadas.

7. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1. Resultados de encuestas

Para determinar el uso del recurso hídrico en la cuenca del río Negro a la altura de Fómeque en Cundinamarca se encuestaron 59 fincas seleccionadas a conveniencia. Dentro de las fincas encuestadas se encontraron actividades como ganadería, agricultura y avicultura, para lo cual se dividieron en tres zonas: alta, media y baja.

El 69% de las fincas están ubicadas aledañas a las fuentes hídricas de la región, lo cual indica que al menos 18 fincas no tienen acceso directo al agua para su uso diario, se podría inferir que se utiliza el agua de los acueductos veredales de la zona. De ellas el 56% de las fincas tienen franjas protectoras

La Ganadería es la segunda actividad predominante de la zona con un 44%, aunque al verificar la cantidad de semovientes en las fincas, no se puede determinar que sea una ganadería intensiva. La agricultura es representativa de la zona debido a las extensiones de cultivos como tomate con un 15% y habichuela con un 17% entre otros. La avicultura que tiene un porcentaje menor con un 14%, también es importante ya que la producción de huevos y gallinas para consumo es fundamental para la economía de Fómeque. El 29% de las fincas lleva de 5 a 10 años realizando estas actividades.

El 69% de los animales que poseen las fincas es ganado vacuno pero en general no excede cinco animales por finca, principalmente para consumo doméstico. El 42% de las fincas poseen hasta media hectárea para pastos de corte o utilizado para ganadería. El 64% de las fincas poseen bosque natural, y de ellas el 47% con una extensión de menos de media hectárea, estos resultados denotan que aún existen zonas de reserva natural en más de la mitad de las fincas.

Con respecto al manejo del estiércol de los animales se encontró que el 56% de los encuestados lo asperja o deja en los potreros, y de ellos el 59% realiza esta práctica con la idea de beneficiar el suelo, esto indica que en general las personas tienen una idea errada sobre como es el proceso de descomposición de la materia orgánica y el tiempo que tarde en descomponerse y mineralizarse para servir de nutriente a las plantas, por otro lado el estiércol puede convertirse en fuente de contaminación para los recursos hídricos cercanos con el posible aumento de colonias de colifórmes, ya que el 29% de las fincas utiliza en promedio de 5 a 10 bultos de estiércoles por hectárea, que al no estar descompuestos adecuadamente, se convierte en fuente de contaminación biológica para los cuerpos de agua.

El 66% de las fincas hace renovación de potreros, de éstas en el 39% se realiza el procedimiento de descanso y el 32% los deja descansar dos meses, lo cual no es suficiente para una renovación óptima del suelo.

En el 58% de las fincas podría darse el caso que en la época de lluvias dejen potreros o lotes con el suelo descubierto de los cuales un 44% tienen una extensión de menos de una hectárea, la característica de tener suelos descubiertos en mayor porcentaje puede

incrementar su erosión, arrastre de nutrientes por escorrentía en las épocas de lluvias y posteriormente la degradación del suelo.

En el 86% de las fincas no se utilizan plaguicidas de síntesis química para el control de plagas en los pastos, lo cual resulta positivo para el cuidado de las fuentes hídricas cercanas. De la misma manera el 83% no utiliza herbicidas para la preparación de la parcela.

En el 95% de los casos no se realiza análisis físico-químico de suelo previo a la siembra, el cual es fundamental para determinar cuáles enmiendas o fertilizantes serían necesarios como subsidio para el suelo y no exceder nutrientes como N o P que pueden llegar a ser contaminantes del mismo, y posiblemente de las fuentes hídricas.

El 39% de las fincas cuenta con cultivos permanentes en un área menor al 25% del total de la misma. El área aproximada que se prepara anualmente para dichos cultivos en un 25% de los casos es menos de media hectárea y un 24% entre media y una hectárea.

El 46% de las fincas protege de la erosión los suelos más pendientes, y de ellos un 34% lo hace sembrando árboles, esto puede ser una práctica errónea, ya que una mejor opción para proteger los suelos en pendientes consiste en sembrar plantas de porte bajo con raíces que se extiendan para dar mejor soporte al suelo, iniciando con gramíneas y nativas mezcladas con especies arbustivas heliófilas (Min ambiente & IIAP, 2012).

En el 75% de los casos utilizan el agua del acueducto regional para el consumo en las casas.

El 63% utiliza riego en sus cultivos, donde en un 37% el área aproximada para el mismo es de media a una hectárea. Para realizar el riego utilizan manguera en un 22%, lo cual es un indicador de propiciar erosión del suelo debido al impacto directo superficial, un 31% utiliza riego por aspersión, el cual puede disminuir el impacto del agua sobre el suelo, existen alternativas como el riego por micro aspersión o la nebulización, siendo escasos en la región, con excepción en algunos cultivos de tomate bajo invernadero.

El 27% de las fincas que utilizan riego obtiene el agua del río Negro, el 31% de las fincas a diario particularmente en los meses de temporada seca (noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo), con una duración entre dos a cinco horas en el 37% de los casos. Cabe

recordar que la agricultura gasta más del 70% del agua que se utiliza en el mundo y de ella se desperdicia o es mal usado el 80% (Larrin y Poo, 2010).

En el 25% de las fincas que poseen animales como ganado se permite su tránsito libre en las quebradas o cuerpos de agua, siendo una fuente de contaminación directa a los ríos y quebradas por el aumento de colifórmes.

En el 46% de las fincas con casa, se utiliza el pozo séptico como forma de verter las aguas servidas, pero de estos pozos sépticos un 59% no posee trampas de grasa y en un 63% de los casos los afluentes del pozo son dirigidos al suelo o potrero cercano, y en un 41% nunca se le hace limpieza a dicho pozo séptico. Estos resultados indican que no se hace un manejo adecuado de las aguas servidas, al igual que los efluentes del pozo séptico ya que la mayoría va al suelo y posiblemente a las fuentes hídricas convirtiéndose en fuente de contaminación.

Descripción de los Sistemas de producción avícola

Para las 8 fincas encuestadas cuya actividad productiva es la avicultura se obtuvo que el 88% obtienen el agua del acueducto, lo cual indica un gasto importante del agua potable de la zona.

El 50% no tienen un sistema de captación, y un 88% no cuenta con tratamiento de agua potable. Esto indica que no se aprovechan recursos como el agua lluvia haciendo un tratamiento de potabilización.

Un 25% realiza muestras de caracterización de agua potable y de estos un 12% realiza la caracterización en un laboratorio certificado, pero no conocen los parámetros utilizados. Esto indica que no se le da la importancia al análisis del agua que se consume en las casas y en los galpones, lo cual podría servir para evitar contaminaciones y enfermedades.

De la misma manera, el 24% poseen sistemas de captación de agua lluvia, aunque el 100% no realiza tratamiento de las mismas. El 24% aprovecha el agua lluvia para riego. Esto indica el poco uso que se le da a este recurso tan importante en una zona que posee una buena oferta hídrica por precipitaciones.

En el 64% de los casos el destino de las aguas residuales industriales es el pozo séptico, aunque en un porcentaje importante el 12% al alcantarillado que fluye directamente al río, esto es indicador de un foco de contaminación directa.

El 50% de las fincas posee viviendas, de las cuales el 84% no posee pozo séptico. Del 16% de las viviendas que posee pozo séptico el 24% hace un mantenimiento anual del mismo, los lodos que son retirados del pozo séptico fluyen hacia zanjas o potreros.

7.2. Resultados de análisis de laboratorio e ICOS

Los datos obtenidos a partir de los análisis de laboratorio y cuyos parámetros son fundamentales para los cálculos de los ICO se presentan resumidamente en la tabla N° 1

Tabla N° 1 valores de los parámetros físico químicos obtenidos en laboratorio.

Parámetro	unidades	Temporada Invierno			Temporada Verano		
		Zona alta	Zona media	Zona baja	Zona alta	Zona media	Zona baja
Conductividad especifica	uS/cm 25°C	497	522	523	823	895	890
Alcalinidad total	mg/L CaCO ₃	61	57	48	85	83	73
Dureza total	mg/L CaCO ₃	200	214	190	270	308	286
Oxígeno disuelto	mg/L	7.26	7.82	7.64	7.91	8.42	8.32
Fosforo total	mg/L	0.03	0.06	0.12	0.04	0.05	0.03
Solidos suspendidos totales	mg/L	320	656	304	121	154	139
Coliformes totales	UFC/100 ml	600	3.000	4.000	6.600	6.100	5.700
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	48	29	44	18	12	11
DBO	mg/L	24	15	22	9	6	5

Se tienen en cuenta como referencia los Indicadores de contaminación de las aguas superficiales (ICOS) ya que integran los parámetros químicos que indican el nivel de deterioro de la calidad de los cuerpos de agua, que en este caso es el río Negro de Fómeque.

Como se presentó en el marco teórico, los parámetros utilizados para la construcción de los ICOs fueron Conductividad, Oxígeno disuelto, Porcentaje de saturación de Oxígeno,

Alcalinidad, Dureza, DBO, coliformes fecales, fósforo total y sólidos suspendidos. Después de realizar los cálculos correspondientes de cada uno de los índices se obtuvieron los valores de ICO consignados en las **tablas 2 y 3 y la gráfica N° 5** resumen de los valores respectivos

Tabla N° 2 Índices de Contaminación en época de lluvias en las estaciones de muestreo

Sector de la Cuenca	Época de Lluvias			
	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOTRO
ALTA	0,685	0,614	0,94	0,7
MEDIA	0,678	0,565	1,0	0,7
BAJA	0,666	0,692	0,892	0,7

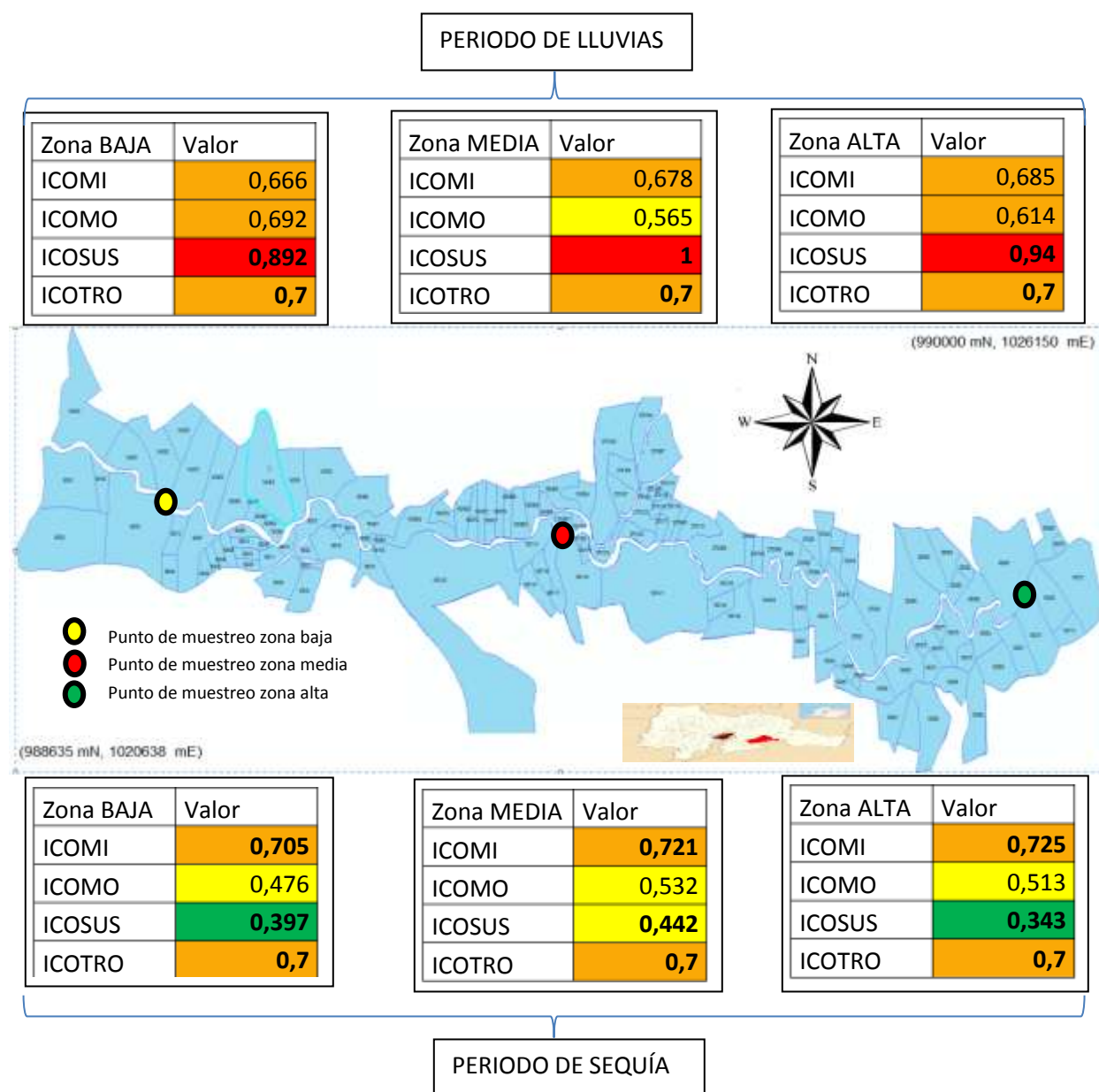
Tabla N° 3 Índices de Contaminación en época seca en las estaciones de muestreo

Sector de la Cuenca	Época Seca			
	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOTRO
ALTA	0,725	0,513	0,343	0,7
MEDIA	0,721	0,532	0,442	0,7
BAJA	0,705	0,476	0,397	0,7

Tabla N° 4 Valores de referencia de los ICOs

Valor ICO	Indicador (Rango numérico)
Muy mala	0.81 – 1.00
Mala	0.61 – 0.80
Regular	0.41- 0.60
Aceptable	0.21 – 0.40
Buena	0.00 – 0.20

Gráfica N° 5. Resumen de los valores ICO encontrados en las muestras de cada estación

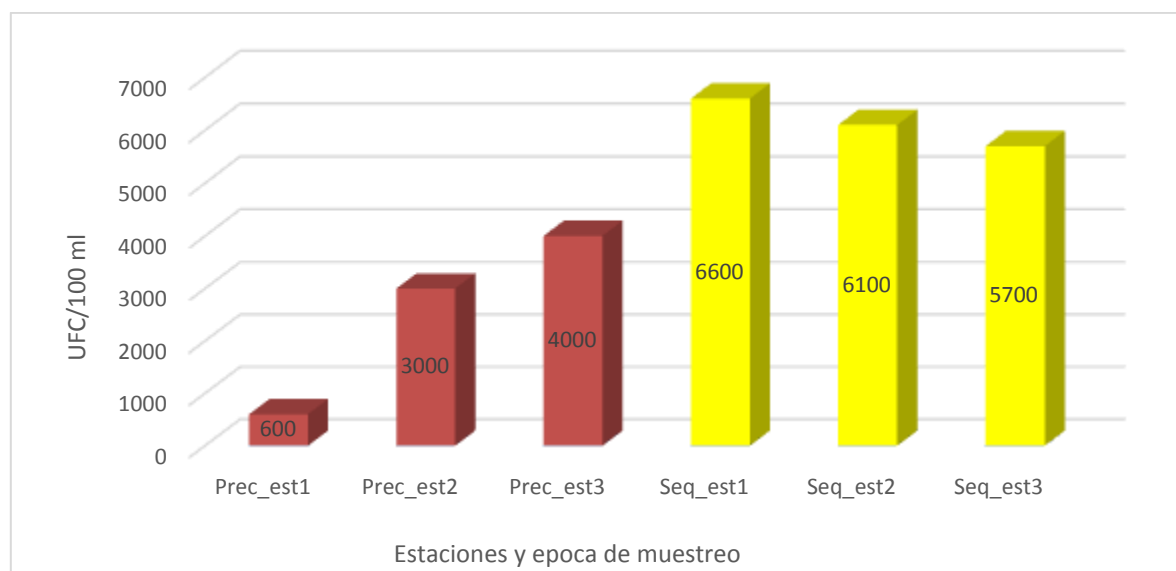


En las tres estaciones se encuentran niveles altos de contaminación, que en términos generales hace clasificar el agua en categoría de mala calidad, comportándose solamente con algún grado de variabilidad los índices ICOMO e ICOSUS, lo que da indicios que por efectos de lixiviación o escurrimiento de materiales orgánicos provenientes de la cuenca y por acción de las precipitaciones los niveles de contaminación aumentan considerablemente, así mismo hace ver que la zona estudio es vulnerable a fenómenos de periodos fuertes de lluvias.

Como se notó en la encuesta el manejo de las aguas vertidas y el estiércol de los animales es inadecuado ya que al dejarse en los potreros no se beneficia el suelo ya que el tiempo que tarda en descomponerse y mineralizarse para servir de nutrientes a las plantas es mayor que lo que tarda la lluvia en llevarlo por escorrentía a las fuentes hídricas cercanas y se convierte en fuente de contaminación biológica para los cuerpos de agua.

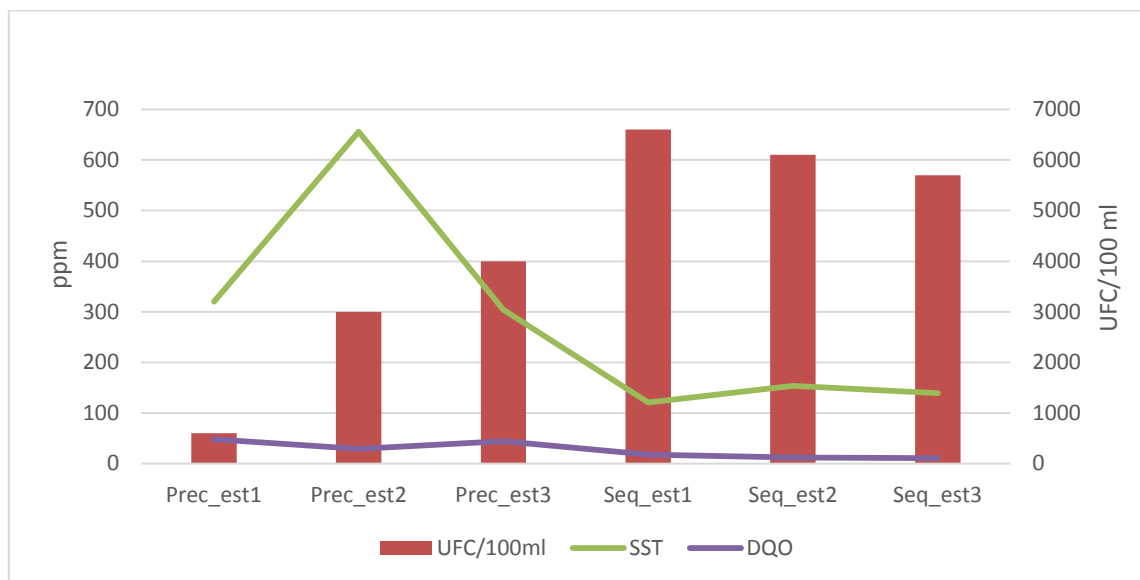
Adicionalmente a esto, de acuerdo a la gráfica N° 6 se puede evidenciar que mientras en periodo de precipitaciones los niveles de contaminación por coliformes son menores que en el periodo de sequía, sin embargo, pasa de presentarse menor contaminación en zona alta durante lluvias a ser el de mayor contaminación en periodo seco, lo que deja ver que el efecto de dilución de contaminantes es propio durante las lluvias pero podría pensarse que la migración de semovientes (ante la escasez de pastos en verano en zona baja), que es una práctica cultural común en la zona, pueda afectar y generar este comportamiento característico de una zona a otra entre los dos periodos.

Gráfica N° 6 Comportamiento de coliformes en las estaciones de muestreo



De forma resumida, el comportamiento de los parámetros más característicos y determinantes en los valores de los ICO para cada zona y en cada periodo se observa en la gráfica N° 7, donde se identifica claramente fuertes incrementos de la concentración de sólidos suspendidos totales en periodos de lluvias, lo que genera un valor alto en el índice de contaminación ICOSUS.

Gráfica N° 7 Comportamiento de parámetros en estaciones y periodos



	Lluvias			Sequia		
codigo	Prec_est1	Prec_est2	Prec_est3	Seq_est1	Seq_est2	Seq_est3
estación	1	2	3	1	2	3
UFC/100ml	600	3000	4000	6600	6100	5700
SST	320	656	304	121	154	139
DQO	48	29	44	18	12	11

Se explica el incremento del índice ICOMO debido al aumento de la DQO lo que podría contribuir a la disminución de la capacidad de depuración de las fuentes hídricas, disminución del oxígeno disuelto, y una pérdida de la biodiversidad acuática o la calidad del uso de sus aguas (Abel,1996). Por otra parte los cambios del ICOSUS se debe fundamentalmente a la presencia de partículas en suspensión que proviene del arrastre del material geológico de la zona, principalmente lutitas (Corpoguavio, 2010) que en los periodo de bajas lluvias es menor la concentración de partículas en las aguas del Rio Negro.

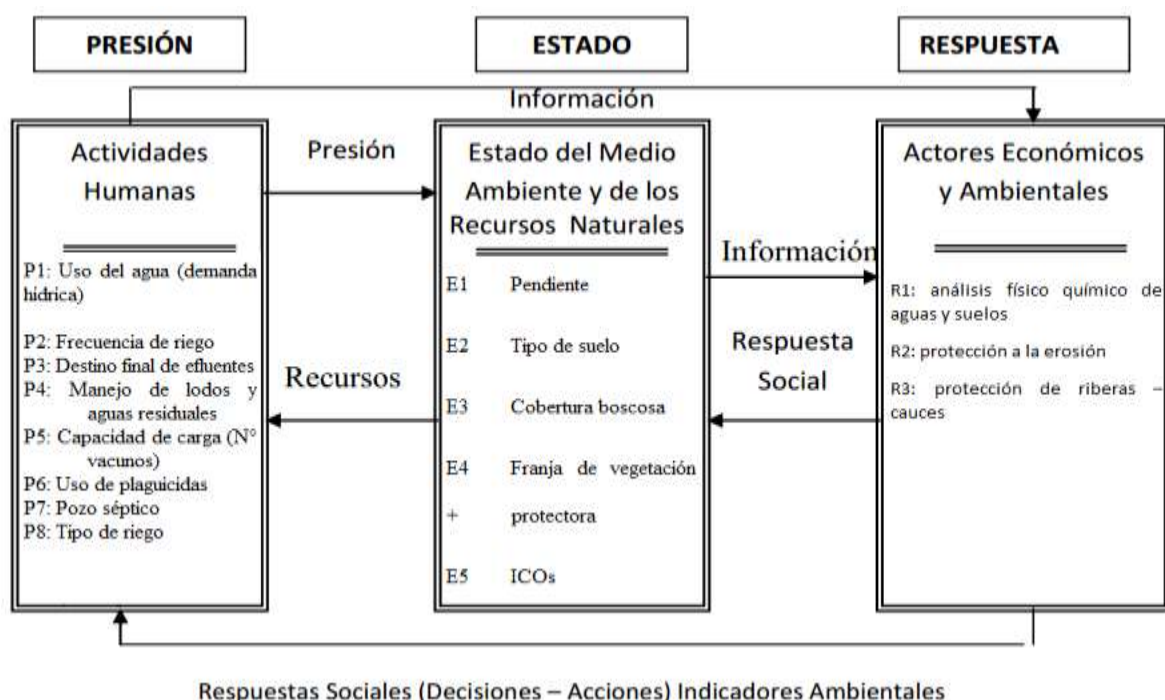
7.3. Diseño de la metodología en el marco MESMIS

De un total de 70 preguntas aplicadas por medio de las encuestas en cada uno de los diferentes sistemas productivos, se seleccionaron las preguntas que respondían a la caracterización biofísica del sistema y que mostraba una relación directa con la estructura

del modelo PER, de manera que finalmente se definieron 16 ítems que cualificaban la sostenibilidad del sistema en cuanto al grado de conservación del recurso hídrico y/o la implementación de buenas prácticas de manejo del agua.

El siguiente esquema conceptual muestra la estructura del modelo PER definido a partir de las variables relacionadas con el manejo y cuidado del recurso hídrico en los sistemas productivos (Grafica 4).

Grafica 8. Estructura del modelo presión, estado, respuesta (PER)



Fuente: Elaborado por los autores. Adaptado de (OCDE, 1993)

Se logró identificar 8 variables asociadas a acciones de presión de tipo antrópico sobre el recurso hídrico, por uso del agua para las actividades agropecuarias, presencia o ausencia de tecnologías para el uso correcto, y tratamientos especiales que dieran algún indicio de alterar la calidad físico química del recurso.

Esta presión presentó una relación directa con los recursos naturales de los sistemas productivos, observándose y midiendo en campo o en laboratorio la calidad de los recursos suelo, agua y biodiversidad vegetal (por cobertura) a través de cálculos porcentuales, de área, distancias o tiempos, medición de la concentración de parámetros químicos y por

conteo de individuos o especies. De esta forma se seleccionaron 5 variables que mostraban el estado de estos recursos al interior de los sistemas agropecuarios.

Así mismo, las acciones individuales o familiares para el beneficio o mejoramiento del recurso hídrico fueron identificadas como variables de respuesta en el modelo, sin considerar el grado de impacto que éstas pudieran brindarle, reconociendo que los principales factores limitantes para el equilibrio ecológico de la zona están focalizados fundamentalmente por problemas de deslizamientos y deforestación de las cuencas (Corpoguavio, 2008).

Por otra parte se tuvo en cuenta, lo propuesto por Ríos, (2010) quien utiliza el método de escala de Likert para evaluar grado de afectación de diferentes fenómenos en los ecosistemas, donde la valoración de uno (1) corresponde a una categoría que manifiesta insostenibilidad y afectación muy fuerte al sistema ecológico y por el otro lado la calificación más alta de 5 que corresponde a sistemas poco o no intervenidos donde se respetan las condiciones de equilibrio ecológico. Se tomó el rango de calificación de 0 a 5 dado que el indicador de contaminación de las aguas superficiales (ICOs) ya se ha definido por el IDEAM dentro de estos mismos valores (IDEAM, 2004).

Tabla N° 5. Método de escala Likert (Escala de valoración para 17 características del ecosistema)

1. POZO SEPTICO

Característica	Calificación
Sin pozo séptico	1
Con pozo séptico cercano al cuerpo de agua	2
Con pozo séptico que queda entre los cultivos o pastos	3
Con pozo séptico alejado de construcciones, cultivos y zonas de producción	4
Con pozo séptico alejado e inspeccionado frecuentemente	5

2. DESTINO FINAL EFLUENTES

Característica	Calificación
No tiene claramente identificada la salida del efluente	1
Salida del efluente hacia el río o quebrada	2
Salida del efluente hacia el lote de cultivos o pastos	3
Salida del efluente hacia el lote baldío y alejado de sistemas productivos	4
Salida del efluente hacia laguna de oxidación o planta de tratamiento	5

3. MANEJO DE LODOS

Característica	Calificación
No realiza recolección de aguas residuales	1
Dispone los residuos directamente al lote	2
Dispone los residuos al lote y los descompone o trata previamente	3
Dispone los residuos tratados al lote dosificadamente	4
Valoriza y/o enriquece los lodos tratados	5

4. FRANJA PROTECTORA

Característica	Calificación
No presenta franja protectora de cuerpos de agua	1
franja protectora hasta 10 metros de radio	2
franja protectora hasta 20 metros de radio	3
franja protectora hasta 30 metros de radio	4
franja protectora más de 30 metros de radio	5

5. COBERTURA BOSCOSA

Característica	% Área con presencia de bosque	Calificación
Ausencia de bosque protector	0 %	1
Presencia incipiente de bosque protector	Hasta 25 %	2
Presencia Media de bosque protector	Hasta 50%	3
Presencia Media – Alta de bosque protector	Hasta 75 %	4
Presencia importante de bosque protector	Hasta 100%	5

6. INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)

Clasificación de la calidad del recurso hídrico de acuerdo con el valor numérico obtenido del ICACOSU y su respectivo código de colores

Valor ICA	Indicador (Rango numérico)	Calificación
Muy mala	0.00 – 0.25	1
Mala	0.26 – 0.50	2
Regular	0.51 – 0.70	3
Aceptable	0.71 – 0.90	4
Buena	0.91 – 1.00	5

7. INDICE DE CONTAMINACIÓN DEL AGUAS (ICO)

Valor ICO	Indicador (Rango numérico)	Calificación
Muy mala	0.81 – 1.00	1
Mala	0.61 – 0.80	2
Regular	0.41 - 0.60	3
Aceptable	0.21 – 0.40	4
Buena	0.0 – 0.20	5

8. USO DE DISTRITO DE RIEGO (DEMANDA DE AGUA - área de la finca necesita riego) Se asume que el distrito de riego está diseñado para ser satisfacer las necesidades prediales en una extensión de 1 Hectárea

Característica	% Área que se aplica riego	Calificación
Riego intensivo	Hasta 100%	1
Riego moderadamente intensivo	Hasta 75 %	2
Riego moderado	Hasta 50%	3
Utiliza riego minoritariamente	Hasta 25 %	4
Ausencia de riego	0 %	5

9. FRECUENCIA DE RIEGO

Característica	Calificación
Utiliza riego diariamente	1
Utiliza riego frecuentemente	2
Utiliza riego esporádicamente	3
Utiliza riego minoritariamente	4
Ausencia de distrito de riego	5

(TECNOLOGÍA)

10. ANALISIS FISICO QUÍMICO DE AGUA Y SUELOS

Característica	Calificación
No lo realiza	1
Lo hace por cumplir una norma y no le ve relevancia	2
Lo hace con alguna periodicidad	3
Lo hace y conoce el valor de algunos parámetros importantes en ellos.	4
Lo realiza y planifica las prácticas de manejo ambiental	5

11. TIPO DE RIEGO (EFICIENCIA DE REGADÍO) – tipo de sistema de riego

Característica	Calificación
Sistema de manguera o manual	1
Sistema de aspersión	2
Sistema de micro aspersión	3
Sistema por Goteo	4
Sistema por nebulización	5

12. CANTIDAD DE ANIMALES VACUNOS (capacidad de carga)

Característica		Calificación
Alta capacidad de carga alta	Más de 4 animales por ha	1
Medio alta capacidad de carga	3 animales por ha	2
Media capacidad de carga baja	2 animales por ha	3
Media – baja capacidad de carga baja	1 animales por ha	4
Sin presión por capacidad de carga	No tiene ganado	5

13. PENDIENTE

Característica		Calificación
Pendiente nula	0 a 2 %	1
Ondulado	Hasta 25 %	2
Quebrado	30 a 45 %	3
Escarpada	Hasta 75 %	4
Fuertemente escarpada	Más del 75 %	5

14. TIPO SUELO

Característica	Calificación
Sin suelo	1
Inceptisoles – Entisoles con baja Materia Orgánica	2
Inceptisoles – Entisoles con moderada Materia Orgánica	3
Inceptisoles – Entisoles con alta Materia Orgánica	4
Andisoles con alto contenido de materia orgánica	5

15. USO DE PLAGUICIDAS

Característica	Calificación
Utiliza frecuentemente no respetando dosis	1
Utiliza con frecuentemente respetando dosis adecuada	2
Utiliza esporádicamente	3
Utiliza rara vez	4
No utiliza	5

VARIABLES SOCIALES

16. PROTEGE DE LA EROSION LA CUENCA (SI/NO)

Característica	Calificación
No protege	1
Protege no botando basura	2
Protege no talando árboles	3
Protege reforestando	4
Protege con campañas, investigación y obras de conservación	5

17. QUE HACE POR CUIDAR LA RIBERA (GRADOS DE VALOR SEGÚN IMPACTO)

Característica	Calificación
No protege	1
Protege no botando basura	2
Protege no talando árboles	3
Protege reforestando	4
Protege con campañas, investigación y obras de conservación	5

7.3.1. Algunas características de la metodología con base en el marco MESMIS.

El marco es aplicable dentro de los siguientes parámetros:

- La sostenibilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales por los siguientes atributos generales: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y auto seguridad.
- La evaluación es válida para sistemas de manejo en un determinado lugar geográfico, una escala espacial (por ejemplo, parcela, unidad de producción, comunidad, etc.) y para un determinado periodo de tiempo.

- Es un proceso participativo que incluye gente de afuera y participantes locales, para conformar un equipo interdisciplinario e interinstitucional.
- No se mide la sostenibilidad “per se”, sino que se hace a través de la comparación de dos sistemas o más. La comparación se hace transversalmente o longitudinalmente (Reyes, 2008).

La estructura del MESMIS es flexible y adaptable a diferentes condiciones económicas, técnicas y de acceso a información. Parte de un enfoque sistémico y multidimensional, en el que el sistema es evaluado en atributos o propiedades tales como: productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, equidad, autogestión y adaptabilidad.

Los pasos para trabajar con MESMIS son seis fundamentales: inicia con caracterización del sistema hasta llegar a la integración de los indicadores y la elaboración de conclusiones y recomendaciones.

- Caracterización del sistema de manejo: en este paso se definen los sistemas de manejo que se han de evaluar, sus características y el contexto socio ambiental de la evaluación.
- Determinación de los puntos críticos: fortalezas y debilidades del sistema.
- Selección de indicadores: aquí se determinan los criterios de diagnóstico y se derivan los indicadores estratégicos para llevar a cabo la evaluación.
- Medición y monitoreo de los indicadores: diseño de herramientas o instrumentos de análisis y obtención de la información deseada.
- Presentación e integración de resultados: comparar la sostenibilidad de los sistemas de manejo analizados indicando sus principales obstáculos y aspectos que los fortalecen.
- Conclusiones y recomendaciones: síntesis del análisis y elaboración de sugerencias para fortalecer la sostenibilidad de los sistemas de manejo y el proceso de evaluación.

Esta forma de evaluación, cumple una función importante en relación con el monitoreo y seguimiento de la sostenibilidad del recurso hídrico en la agricultura, dado que permite la evaluación continua (temporalmente) para obtener las intervenciones prioritarias actuales, a

partir de las acciones del pasado, que deberán fortalecerse o modificarse para promover la conservación (futura) del recurso hídrico

Los pasos para la consolidación del Indicador de Sostenibilidad del Recurso Hídrico Agrícola (ISRHA) está bien documentado y explicado en el trabajo de la micro cuenca Centella - Dagua Valle del Cauca (Daza, 2012). La construcción del ISRHA inicia con la evaluación del estado actual del recurso hídrico en los factores biofísico, tecnológico, socio-económico y político, los cuales indican el servicio ambiental centrado en el recurso hídrico para la agricultura; sobre éstos, las actividades antropogénicas (interacción sociedad-naturaleza) causan un daño ambiental, cuya relación se establece como la presión en el recurso hídrico. Adicionalmente, existen las acciones de respuesta que están determinadas por las evidencias (información) del estado del recurso hídrico y buscan la reducción de la presión del manejo del recurso hídrico en el sector agrícola.

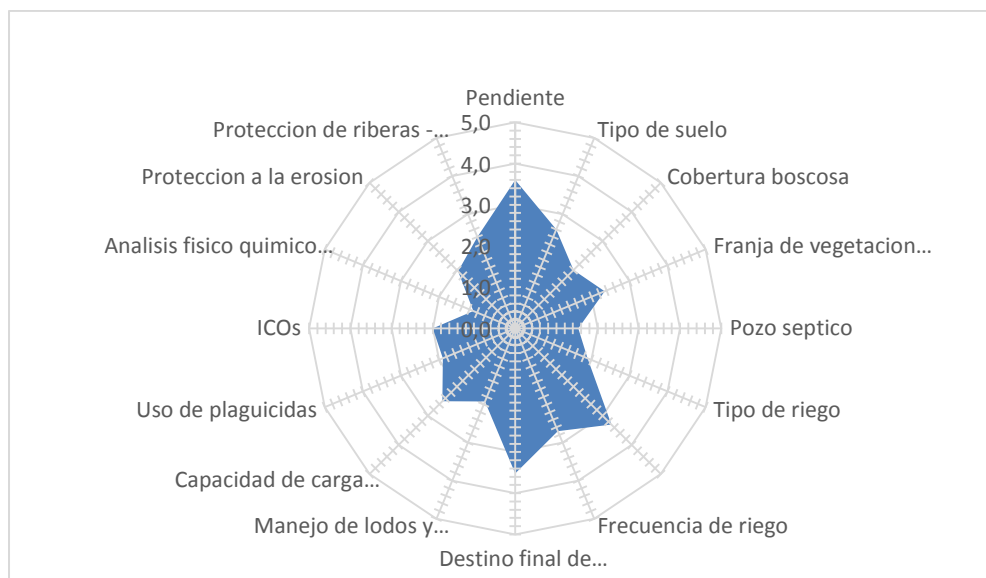
Luego se procede a la validación de las variables mediante la fundamentación conceptual de cada variable en su factor de análisis, bien sea tecnológico, biofísico, socio-económico o político. Una vez obtenidos los indicadores por factor de análisis, se emplea el diagrama radial de la rosa de los vientos siguiendo la tabla de referencia que se presenta a continuación.

Tabla N° 6. Valores de referencia para la calificación final del ISRHA, con base en el área contenida dentro del biograma. (Diagrama radial)

Valor del ISRHA	Porcentaje del Diagrama radial	Evaluación del indicador
1	0% – 20%	Manejo insostenible del recurso hídrico
2	20% - 40%	Manejo del recurso hídrico con baja sostenibilidad
3	40% - 60%	Sostenibilidad moderada en el manejo del recurso hídrico
4	60% - 80%	Alta sostenibilidad del manejo del recurso hídrico
5	80% - 100%	Muy alta sostenibilidad del manejo del recurso hídrico

Una vez contruidos los diagramas radiales, se interpretan los resultados y se dan recomendaciones para mantener o mejorar la sostenibilidad del recurso hídrico.

7.3.2. Resultados y análisis por Zona de Estudio



Gráfica N° 9. Sostenibilidad biofísica del recurso hídrico de la zona de estudio (periodo de lluvias)

La gráfica N° 9 muestra una baja en sostenibilidad del recurso hídrico en los sistemas productivos de manera global en el periodo de lluvias, con un valor de 21,33% como se puede observar en la tabla N° 6.

Tabla N° 7. Valor ISRHA de la zona de estudio en periodo de lluvias

Categoría de análisis	Porcentaje del biograma en periodo de lluvias	Valor del ISRHA
Cuenca	21,33 %	2

Los puntos críticos están focalizados fuertemente en manejo de pozos sépticos y las acciones ambientales de respuesta que no favorecen el equilibrio ecológico, es decir que no hay una cultura arraigada hacia la protección de los cuerpos de agua ni cultura hacia el análisis de aguas y suelos.



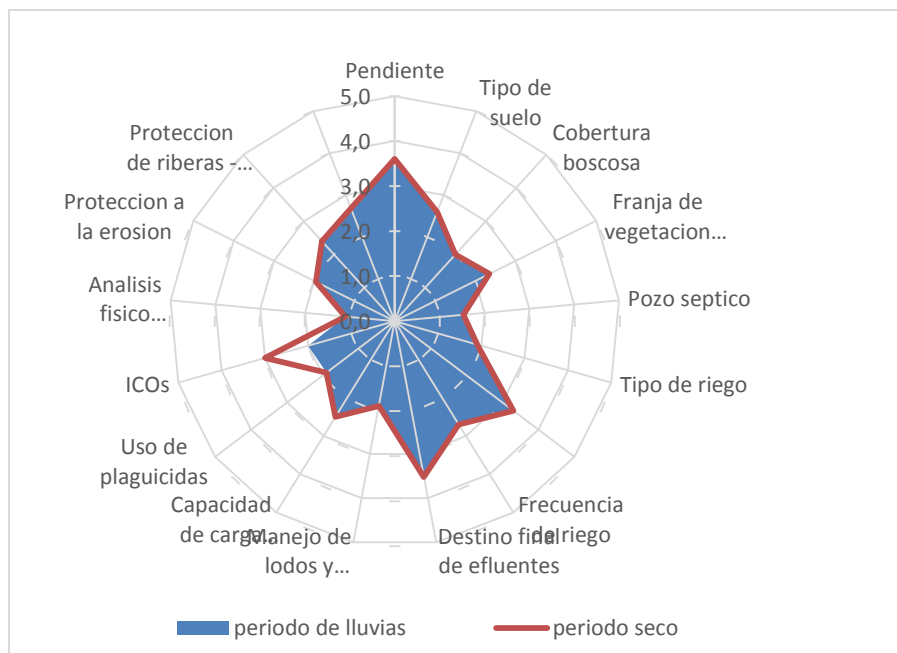
Gráfica N° 10. Sostenibilidad biofísica del recurso hídrico de la Zona de estudio (periodo seco)

Tabla N° 8. Valor ISRHA de la zona de estudio en periodo seco

Categoría de análisis	Porcentaje del biograma en periodo de lluvias	Valor del ISRHA	Porcentaje del biograma en periodo de sequía	Valor del ISRHA
Cuenca	21,33 %	2	22,21 %	2

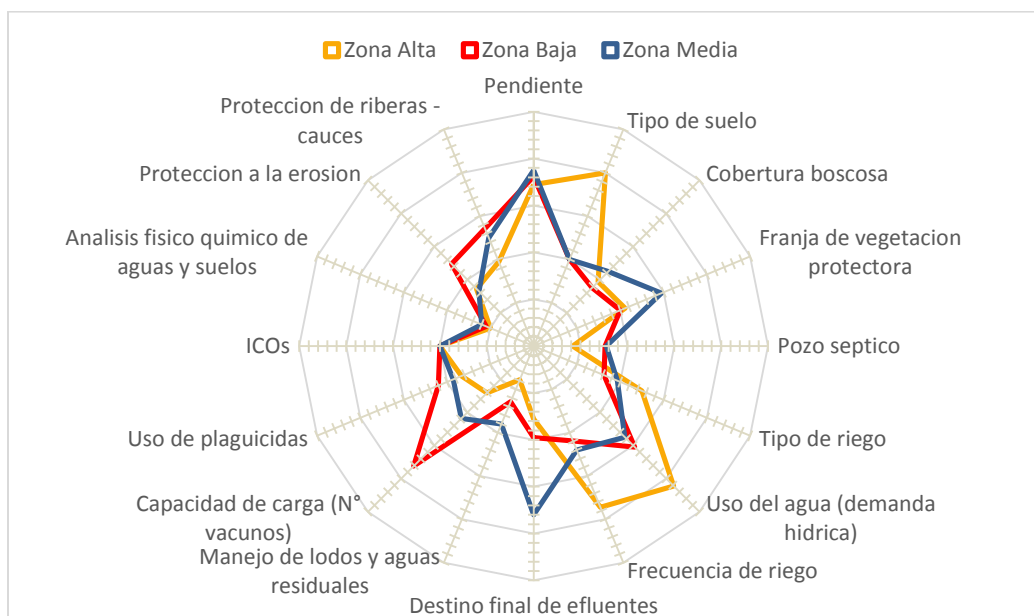
La cuenca presenta niveles bajos de sostenibilidad tanto en periodo de lluvias como en periodos secos, acercándose al límite de llegar a la total insostenibilidad. Especialmente se evidencian unos niveles de presión fuerte en aspectos como el tipo de riego usado, la conservación de coberturas vegetales, el uso de plaguicidas, el manejo de residuos sólidos y aguas residuales; adicionalmente los niveles de respuestas no muestran grados de sostenibilidad.

La calidad físico química de las aguas del rio Negro se ve alterada en el periodo de altas precipitaciones cuando los caudales son mayores, favoreciendo la escorrentía de elementos contaminantes y limitantes para el ecosistemas, fundamentalmente por las fuentes de contaminación biológica y orgánica (ganadería y manejo de pozos sépticos).

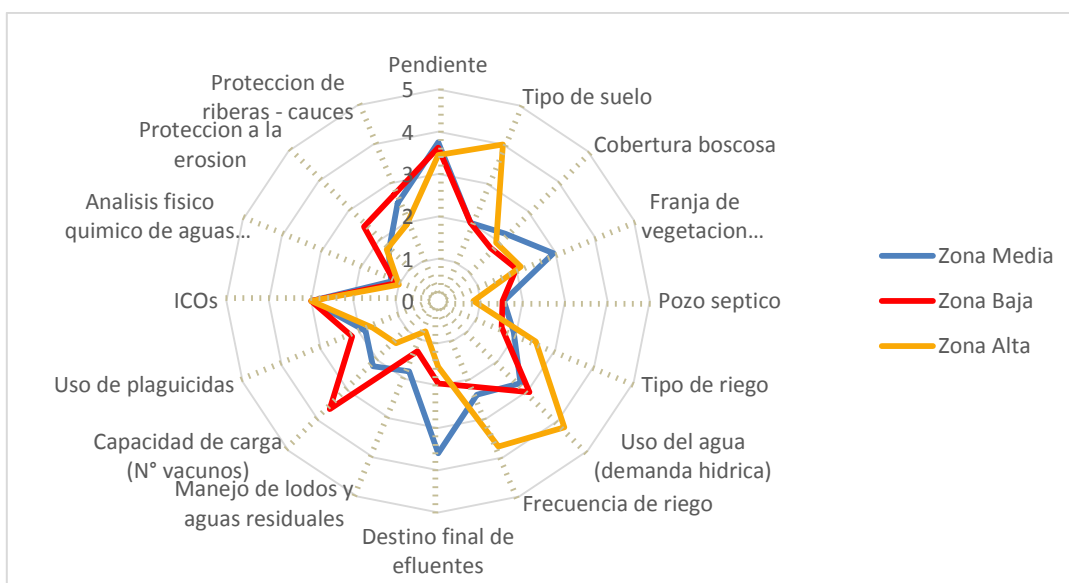


Grafica N° 11. Comparación periodo de lluvias y periodo seco

7.3.3. Resultados y análisis por sectores de la zona de estudio



Gráfica N° 12. Sostenibilidad biofísica del recurso hídrico por sectores en la zona de estudio (periodo de lluvias)



Gráfica N° 13. Sostenibilidad biofísica del recurso hídrico por sectores en la zona de estudio (periodo seco)

Tabla N° 9 Valor ISRHA de los sectores en la zona de estudio (periodo lluvioso y seco)

Categoría de análisis	Porcentaje del biograma en Periodo de lluvias	Valor del ISRHA	Porcentaje del biograma en Periodo de sequia	Valor del ISRHA
Zona Alta	20,24%	2	21,08%	2
Zona Baja	20,27%	2	19,63%	1
Zona Media	18,59%	1	20,87%	2

Los resultados del indicador biofísico de sostenibilidad del recurso hídrico agrícola graficas N° 8 y 9, no son significativamente diferentes comparando los valores entre las sub zonas (alta, media y baja) ni entre periodos de sequía y precipitaciones. Adicionalmente son muy semejantes a los valores encontrados del ISRHA a nivel de zona de estudio.

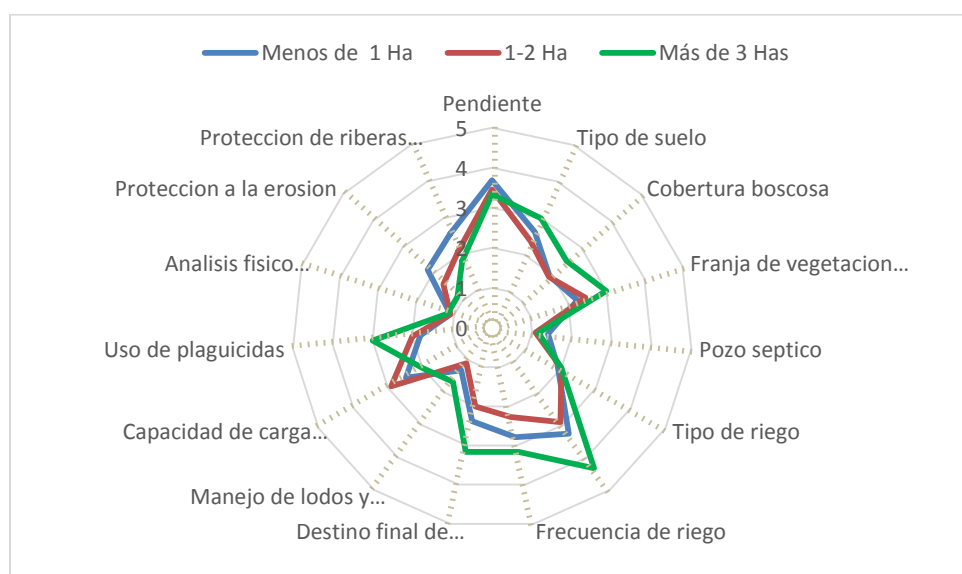
Esta similitud permite deducir que, para estudios de planificación ambiental y la toma de decisiones, es equiparable extrapolar las estrategias del nivel de sub zona hacia el nivel de zona de estudio y de forma inversa también podría ser igualmente posible.

Particularmente las diferencias entre las sub zonas se muestran en cuanto al tipo de suelo, las formas de uso de agua para riego y la presión por capacidad de carga en los potreros. Esto debido a las actividades productivas propias de los agroecosistemas de cada sub zona, donde en la sub zona baja los suelos son más arcillosos y hay menor cantidad de suelos de pastoreo; más bien se destinan hacia la producción agrícola altamente demandante de agua para regadío. (IGAC, 2000)

La sub zona media se puede valorar como un sector de mediana intervención al sistema boscoso debido a presentar los cuerpos de agua afluentes de mayor importancia en la cuenca que requieren de prácticas de conservación y cuidado para el control de la contaminación a nivel predial (franjas protectoras y manejo de pozos sépticos).

La sub zona alta pese a tener los mejores valores de las variables de estado (E) presenta los más bajos niveles de sostenibilidad por efectos de presiones de cargas contaminantes biológicas y químicas. Según muestra los resultados de laboratorio realizados para la sub zona alta, la carga contaminante por coliformes totales y fecales es fuerte, aunque no es común encontrarla en zonas altas; al parecer las prácticas de ganadería tienen una alta influencia en dicho comportamiento.

7.3.4. Resultados y análisis por tamaño de finca



Gráfica N° 14. Sostenibilidad biofísica del recurso hídrico a nivel de fincas según tamaño

Tabla N° 10. Valor ISRHA de las fincas según tamaño

Categoría de análisis (tamaño de fincas)	Porcentaje del biograma en tamaño de finca	Valor del ISRHA
< 1 Ha	19,11%	1
1-2 Ha	17,16%	1
> 3 Has	22,94%	2

La gráfica N°14 muestra un nivel de similitud alto de los valores de sostenibilidad y permite la interpretación que el tamaño de finca en la zona de estudio no determina un comportamiento diferencial característico frente a las variables ambientales. Esto significa que las herramientas de planificación ambiental del recurso hídrico no deben filtrarse o seleccionarse bajo el criterio de tamaño de finca, ya sea, minifundio o fincas de mayor tamaño y no puede haber preferencia o discriminación del direccionamiento estratégico por esta razón.

Dentro de la teoría del ordenamiento ambiental, se considera el ordenamiento a nivel predial, ya que es el mecanismo que permite conocer, dimensionar y actuar conforme a las necesidades particulares del sistema productivo (Santana, 2007). En esta gráfica de ISRHA tabla N° 9, por tamaño de finca y la siguiente gráfica N° 11 del ISRHA por sistema productivo se confirma que efectivamente para una mejor valoración de la realidad y un mayor nivel de éxito de la aplicación de políticas y estrategias de mejoramiento ambiental, se debe considerar la evaluación ambiental a nivel predial como herramienta de análisis donde se detalla con mayor precisión comportamientos ambientalmente sostenibles o insostenibles.

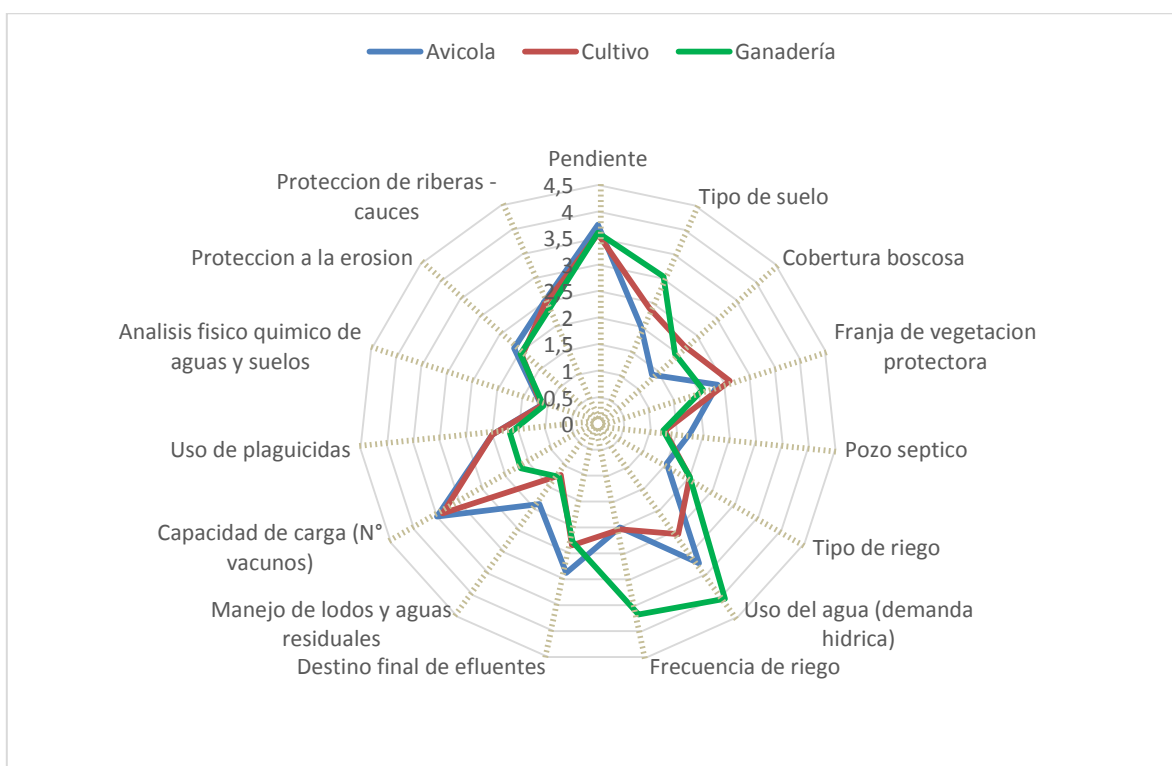
Dado esto, con las dos gráficas N° 10 y 11 se identifica cuatro puntos críticos que concretamente muestran la realidad de la cuenca, todos asociados a la problemática del manejo de suelos y aguas. Como primera instancia dos factores asociados que tienen que ver con el manejo de aguas residuales a saber: la ausencia de pozos sépticos y el respectivo manejo en tratamiento y disposición de las aguas servidas.

Un segundo fenómeno que es la baja cobertura boscosa asociada con el desconocimiento de prácticas de protección de suelos frente a la erosión y la conservación de cauces o riberas de cuerpos de agua.

En tercer lugar el uso de tecnologías de riego que generan procesos erosivos con niveles de eficiencia bajos o muy bajos (aspersión o riego manual con manguera).

Y finalmente, el desconocimientos de tecnologías químicas de control sanitario asociado a una falta de cultura y aprecio por el diagnóstico y la evaluación permanente de la calidad de las aguas y los suelos que brindan un mejor criterio técnico para el manejo sostenible de los recursos.

7.3.5. Resultados y análisis de fincas por sistemas productivos



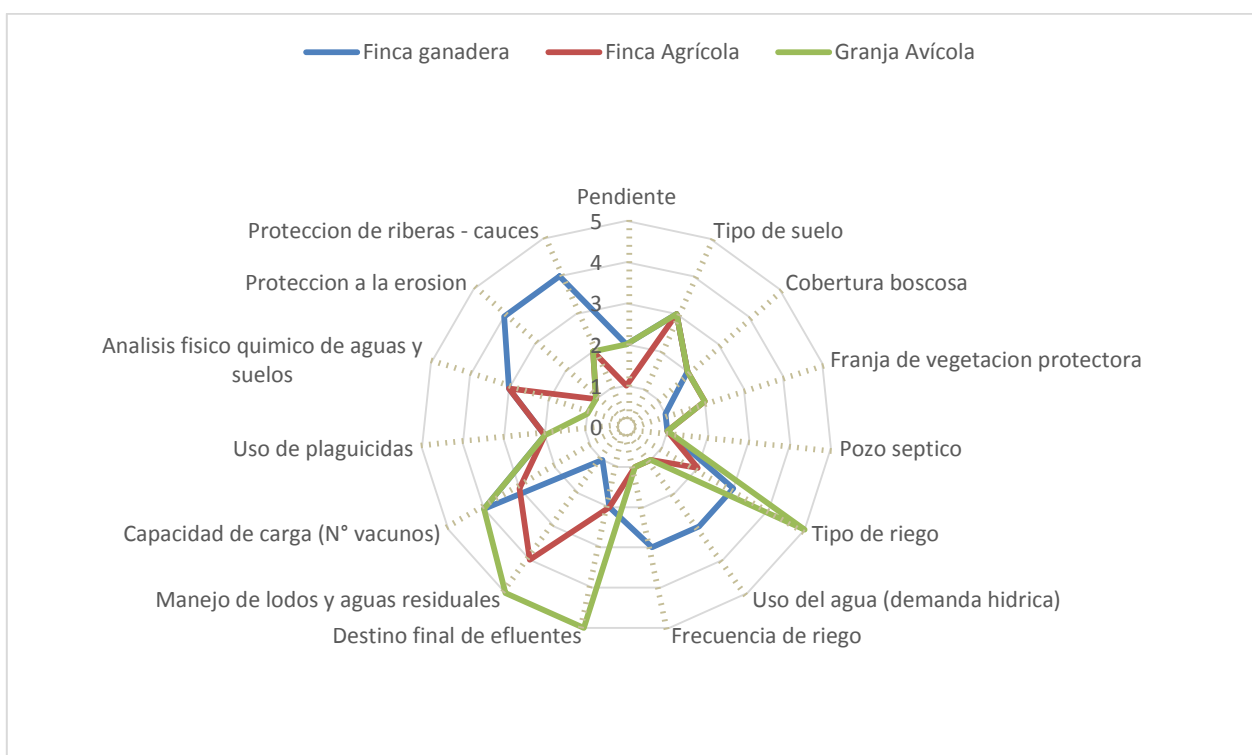
Gráfica N° 15. Sostenibilidad del recurso hídrico de fincas por vocación agropecuaria

Tabla N° 11. Valor ISRHA de las fincas por vocación agropecuaria

Categoría de análisis	Porcentaje del biograma en Sistemas productivos	Valor del ISRHA
Avícolas	19,85%	1
Cultivos	19,26%	1
Ganadería	19,57%	1

El valor ISRHA tabla N°10, por sistemas productivos es muy homogéneo entre las tres tipologías definidas. Como se comentó anteriormente, los cuatro puntos críticos marcan diferencias específicas de cada sistema y puede ser útil en la toma de decisiones de planificación territorial.

7.3.6. Resultados y análisis bajo la figura de Finca tipo por cada sistema productivo.



Grafica N° 16. Sostenibilidad biofísica del recurso hídrico de tres fincas tipo en la zona de estudio

Tabla N° 12. Valor ISRHA de las fincas tipo en la zona de estudio

Categoría de análisis	Porcentaje del biograma en Fincas Modelo	Valor del ISRHA
Finca tipo avícola	25,68%	2
Finca tipo cultivo	16,52%	1
Finca tipo ganadería	26,73%	2

Este mecanismo de análisis no muestra una realidad total del conjunto. Al tomar como ejemplo 3 fincas modelo (una para cada tipología encontrada en la zona), marca fuertes diferencias en el comportamiento de las variables, lo que no ha sido el común de las otras formas de análisis, sin embargo, este ejemplo muestra claramente las diferencias de un sistema a otro y valida anticipadamente la eficiencia en la toma de decisiones a favor de un ordenamiento predial y no de un ordenamiento a nivel de cuenca.

7.4. Resultados estadísticos

El análisis de correspondencia múltiple (ver anexos) arroja una diferencia entre los sistemas de producción, donde fundamentalmente se evidencia una gran dependencia de las prácticas culturales de los sistemas de cultivos en la afectación del recurso hídrico. Solamente en la avicultura se podría decir que el nivel de afectación es menor y que las variables son relativamente independientes de los impactos que se generan al recurso hídrico. Esto se puede entender reconociendo que la cantidad de este tipo de explotaciones es menor proporcionalmente hablando con respecto a las explotaciones agrícolas y ganaderas.

Sobre este último, la ganadería, tiene un comportamiento no muy homogéneo en las prácticas culturales al interior de las fincas y así mismo el nivel de afectación al recurso hídrico es diverso, sin embargo se podría considerar que este sistema productivo muestra un mejor comportamiento en los indicadores ambientales que fueron evaluados.

8. DISCUSIÓN

No es fácil lograr la sostenibilidad a nivel de fincas y aún más difícil en un nivel territorial mayor donde lo público y lo privado se entretejen (Villegas, 2014), sin embargo como

primer lugar para alcanzarla es entender la sostenibilidad a un nivel primario que implica exclusivamente las variables de tipo biofísicas ecológicas donde el propósito es optimizar el aprovechamiento de los recursos autóctonos y minimizar la dependencia externa de los recursos manteniendo el potencial productivo del agroecosistema. De esta forma, se dará el primer paso hacia el desarrollo local con indicadores que muestren verdaderamente ese avance (López, 2003)

Estos indicadores, algunos de ellos científicos otros autóctonos (Guerrero, 1996) pero juntos totalmente válidos y que responden a las necesidades de las comunidades, permiten caracterizar, valorar y evaluar la sostenibilidad de un agroecosistema. Ellos construyen en forma particular para la zona de estudio, la interpretación del contexto y buscan procesos de validación como son los talleres de evaluación o los consensos participativos (Rascón 2007).

Por esto, este trabajo contó con el apoyo de la IED Monseñor Agustín Gutiérrez, enriqueciendo y pluralizando la construcción participativa de soluciones a los conflictos ambientales e involucrando en condiciones de igualdad a los actores de dichos conflictos (Vergara, 2015). Hay que reconocer que la participación de la mujer y sobretodo de los jóvenes y los niños hoy en día es clave para todo proceso de educación ambiental y más allá de brindar una alternativa para comprender y evaluar los aspectos biofísicos de un ecosistema, el aporte pedagógico y la construcción del concepto ambiental en los habitantes de la zona fueron enriquecidos desde el trabajo e interacción con la comunidad educativa del colegio de Fómeque.

A partir de la caracterización de la zona y de los resultados físico químicos de aguas se evidencia que toda cuenca a medida que se incrementa la frecuencia de coberturas que ofrecen menor grado de protección al suelo, el deterioro de la calidad del agua aumenta (García, 2003). Para el caso de esta zona que está incluida en una cuenca altamente intervenida y deforestada, además sufre fenómenos de deslizamientos y remoción en masa, y es propensa a inundaciones y alteración profunda de la calidad de las aguas al punto de no ser apta para consumo humano ni animal.

Adicionalmente, respecto al componente social se evidenció fallas en la percepción y valoración del recurso hídrico, a pesar de los esfuerzos de diferentes sectores, no se

implementan buenas prácticas ambientales. Actualmente, existen conceptos como el de gestión individual del agua (Cardin, 2009), la cual no se entiende como una persona sola, sino un grupo de individuos organizados y que generalmente son comunidades de un distrito de riego o acueductos, que podría ser implementado en la zona de estudio, ya que la comunidad aledaña al río negro no diferencia entre el tipo de uso del agua para servicio agrícola o pecuario y el servicio para consumo humano, como se pudo evidenciar a través del trabajo de campo y el desarrollo de las encuestas.

En la región existen cinco distritos de riego y acueductos, algunos de estos provienen de la quebrada Caquinal (afluente del río Negro) y otros directamente del río., pero no existen grupos consolidados para su uso y cuidado. Hunt (1997) describe este fenómeno como grupos acéfalos, sin líderes que representen la comunidad de regantes y con criterios no muy claros sobre el manejo de los recursos que en este caso es el agua; esto se evidencia cuando existen propietarios de los predios o arrendatarios que utilizan indiscriminadamente el agua para consumo humano en las actividades agropecuarias, generando una mayor presión por parte del sistema productivo hacia el recurso hídrico.

Cuando se procedió a la construcción de los indicadores fue necesario no solo considerar la metodología MESMIS como eje articulador, sino los criterios y la percepción social del recurso hídrico para la definición de las variables más relevantes a la hora de evaluar y tomar decisiones, de manera que al final fueran socialmente aceptados y fáciles de entender para la continuidad de su aplicación (Cerón, 2012). Como lo muestran los resultados, esta metodología es aplicable para los tres tipos de sistemas productivos de la zona de estudio y que son los representativos del municipio y cumple además con una característica adicional que le permite entrar a diferenciar sistemas productivos aún dentro de un mismo estilo de agricultura (Sellepiane, 2008), como se logró observar al obtener las diferencias tipológicas entre ganadería y cultivos que en campo no se logra ver muy claramente, pues es fácil encontrar en las fincas sistemas ganaderos y de cultivos dentro de un mismo predio.

Con la caracterización de la zona y el desarrollo de la metodología de construcción participativa de los indicadores biofísicos ambientales bajo el marco MESMIS queda claro que los puntos críticos obtenidos responden a una dinámica social compleja, arraigada en unas costumbres tradicionales y que difícilmente permiten el acceso a tecnologías y

herramientas que mejoran la eficiencia (Foladori, 2001) y el aprovechamiento del recurso hídrico. Es el caso de las tecnologías de riego predominantes en la zona de estudio cuya eficiencia no supera más allá del 60% en la aplicación al cultivo (León, 2001). De la misma forma, se manifiesta el rechazo hacia la implementación de la cultura de realizar análisis de aguas y de suelos para llevar a cabo programas de fertilización más acordes a las necesidades de los cultivos o al tratamiento de las aguas, si son requeridos algunos procesos especiales, como es el caso de la avicultura y porcicultura principalmente para el consumo de agua apta para los animales que ayudan a mejorar los niveles de ingresos a los productores (Hernández, 2002). Este fenómeno pone de manifiesto la constante tensión cultural entre el avance de las formas modernas de la producción y los modos de vida tradicionales de sector rural colombiano (Espinosa-Alzate, 2015).

Finalmente, el mejoramiento de la metodología está por darse sin olvidar que debe cumplir los requerimientos del marco de evaluación MESMIS (Daza, 2012), y reconociendo que más allá de los indicadores biofísicos y ambientales están los indicadores de sostenibilidad y los indicadores de desarrollo sostenible (Quiroga, 2009). Será necesario permitir la continuidad de la participación de todos los actores, ampliar la cobertura hacia un territorio de mayor extensión, incluir con mayor detalle las variables socioeconómicas e incluso políticas y afectivas (Lirios, et al, 2015) y el factor tiempo para ser evaluada la sostenibilidad a un cierto momento.

Hoy en día se consideran otras metodologías alternativas o complementarias como los estudios de huella hídrica de cuenca (Martínez, 2013) donde rigurosamente se hace un análisis de los distintos sectores socioeconómicos y una caracterización detallada de los usos del agua dentro de una demarcación de cuenca hidrográfica. Concretamente hay casos colombianos, propuestos desde las instituciones y la academia, para los estudios de sostenibilidad ambiental, como el caso del Sena que propone indicadores de desarrollo sostenible para fincas cafeteras y otros sistemas productivos (Quiñonez, 2015), el CIPAV con implementación de metodologías participativas y con enfoque de Investigación, Acción Participativa (IAP) (Ríos, 2010) e incluso metodologías adaptadas de México (Toledo, 2005) que se enfocan por el rescate de los saberes locales para la planificación y evaluación ambiental.

9. CONCLUSIONES

- El análisis de sistemas productivos bajo el marco MESMIS permitió evaluar la sostenibilidad considerando fundamentalmente variables de tipo biofísico, y complementándolas con algunas de índole social y cultural que han estado implicadas y asociadas a las prácticas de manejo del recurso hídrico en la región de estudio.
- Según la metodología propuesta, se evidenció que los predios que tienen influencia del Río Negro en la veredas implicadas presentan una baja sostenibilidad ambiental en su recursos hídricos, principalmente por la falta de manejo de las aguas residuales ya sea por ausencia de pozos sépticos o errónea ubicación de los mismos y sus efluentes y por efectos de la deforestación o prácticas asociadas a los sistemas agrícolas como el uso de abonos orgánicos, donde se evidencia por medio de la caracterización socio ecológica, las fallas de manejo por falta de aplicación de criterios técnicos de dosificación.
- Existe una carencia en la asesoría técnica de personal calificado a los sistemas productivos en cuanto al manejo del recurso hídrico, se evidencia la falta de cultura hacia la toma de datos y de caracterización físico química de las aguas y los suelos a nivel predial. Pese a que se reconoce la importancia de la tecnología para el incremento de los rendimientos de cosecha y de postura de huevos en los respectivos sistemas productivos, la cultura de preservación ecológica que se manifiesta cuando se hacen estudios de suelos, de aguas e implementación de sistemas de riego o prácticas de reforestación, no se asocia directamente estas decisiones para el beneficio o preservación de la calidad de las aguas.
- La ganadería es potencialmente una actividad de gran deterioro de la calidad de las aguas por incremento de los coliformes en la zona de mayor presencia de semovientes. Esta situación está atenuada gracias a los índices de capacidad de carga relativamente bajos en el sector de la zona alta, sin embargo se evidencia que la práctica ganadera es la fuente principal de contaminación de la zona de estudio;

en el caso de la los cultivos no es clara la evidencia de ser fuente de contaminación al recurso hídrico sin embargo el movimiento por escorrentía hacia los cuerpos de agua podría ser una causa de la alta proliferación de colifórmes.

- La participación de la comunidad es un pilar fundamental de caracterización y evaluación biofísica ambiental en los territorios y localidades. Para el caso de la zona de estudio se ha complementado exitosamente con la ayuda de la comunidad educativa de la IED Monseñor Agustín Gutiérrez de Fómeque y deja abierta la posibilidad para que este tipo de experiencias se puedan replicar en otras cuencas dentro del municipio o por fuera de él con la inclusión del estudiante como eje articulador de la participación de la comunidad y como estrategia de educación ambiental contextualizada.

10. RECOMENDACIONES

Es necesario proporcionar un complemento a la metodología con el establecimiento de variables sociales, políticas y económicas que estén relacionadas con las prácticas para la conservación, manejo y aprovechamiento del recurso hídrico. Esto requiere de un trabajo interinstitucional en apoyo con las dependencias de la Alcaldía municipal y otras entidades que tengan dentro de sus funciones el diagnóstico, el trabajo comunitario y la implementación de prácticas sociales en la población municipal. Es muy posible que el estudio de variables sociales sobrepasen los límites físicos de esta zona de estudio y tengan que incluir las dinámicas de otros ecosistemas articulados a esa dinámica social.

Una práctica de mejoramiento a la sostenibilidad en la zona de estudio es el establecimiento de pozos sépticos correctamente diseñados, controlados y supervisados en las viviendas rurales. Hoy en día, esta necesidad de saneamiento ambiental es fuertemente regulada por el estado y por organismos internacionales de tal forma que un avance significativo hacia estas metas ambientales no solo dependerá de los recursos asignados hacia el cumplimiento de ellas, sino que deben ser mediadas por actores políticos que garanticen la participación de la comunidad y la satisfacción plena de sus necesidades.

Las campañas de reforestación que frecuentemente son promovidas por la Corporación Ambiental, Corpoguavio, podrían ser fortalecidas por prácticas de educación ambiental de reconocimiento de especies apropiadas para la recuperación de suelos, restablecimiento de coberturas, protección de franjas de conservación de nacimientos de agua y cauces de ríos y quebradas. Así mismo, es necesario la promoción de la investigación y el aprendizaje hacia la identificación de especies indicadoras de contaminación en suelos y aguas que estimulen una cultura hacia el diagnóstico y la autoevaluación ecológica permanente a nivel predial.

Asociado a esto, se hace necesario un trabajo más riguroso de control de residuos de plaguicidas y de uso de productos químicos de fertilización. El acompañamiento técnico es sustancial para el cuidado de los recursos y para la formación de nuevas generaciones de productores del campo que tengan como premisa en los sistemas productivos el cuidado y valoración de los recursos naturales.

Otra acción es la identificación y cuantificación de predios que afectan directamente la calidad de los ríos por presencia de semovientes a las orillas de ríos, quebradas y manantiales, dejando expuestos los excrementos a la lixiviación directa hacia estos cuerpos de agua. No solo se requiere una acción sancionatoria sino más bien un trabajo de reconversión de tecnologías de manejo y aprovechamiento animal de productos y subproductos o residuos que pueden ser reincorporados a ciclos productivos dentro de las granjas.

11. BIBLIOGRAFÍA

Abel, P. D. (1996). Water pollution biology. CRC Press.

Acevedo, Álvaro. 2013. Metodología para la evaluación de sustentabilidad a partir de indicadores locales para el diseño y desarrollo de programas agroecológicos – MESILPA. Bogotá: Corporación Universitaria Minuto de Dios. Facultad de Ingeniería.

Alvarez, S., Paas, W., Descheemaeker, K., Tittonell, P., Groot, J.C.J., 2014. Construcción de tipologías, una forma de manejar la diversidad de las fincas: directrices generales para Humidtropics. Informe para el Programa de Investigación de CGIAR

sobre Sistemas de los Trópicos Húmedos. Grupo de Ciencias de las Plantas, Universidad de Wageningen, Países Bajos.

APHA. AWWA. WPCF, 1992 Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ed. Diaz Santos, SA, 4-199

Arias-Giraldo, L.M y Camargo, J.C. 2007. Análisis de sustentabilidad en unidades productivas ganaderas del municipio de Circasia (Quindío - Colombia), Cuenca del Río La Vieja. *Livestock Research for Rural Development* 19: 10

Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., Williams, J.R., 1998. Large Area Hydrologic Modeling and Assessment Part I: Model Development. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 34, 73–89. Año 1998

Astier, M., Masera O., Galvan, Y. 2008. Evaluación de sustentabilidad un enfoque dinámico y multidimensional. Sea, CIGA, ECOSUR, CIEco, UNAM, GIRA, Mundiprensa, Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable España. p 200

Aquilla Cisneros, R. C. (2005). Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la subcuenca del Río Jabonal, Costa Rica.

Brandán de Antoni, E Z. et al. 2014. Implementación de normas BPA, global GAP, BPM, HACCP en la enseñanza de grado de horticultura en las ciencias agronómicas universitarias. *Revista BIOLOGÍA EN AGRONOMÍA* Volumen 4, No. 2 Octubre de 2014.

Calderón, P. 2009. Planificación participativa de fincas con modelos agrosilvopastoriles: alternativa para la productividad agropecuaria y la sustentabilidad en el Departamento de Caldas. Tesis, MSc. Universidad de Caldas. Manizales, CO. 223 p

Cárdenas, G.I; Giraldo, H; Idárraga, A; Vázquez, L.N. 2005. Desarrollo y Validación de Metodología para Evaluar con Indicadores la Sustentabilidad de Sistemas Productivos Campesinos de la Asociación de Caficultores Orgánicos de Colombia – ACOC

- Cardín Pedrosa, M., & Álvarez López, C. J. (2009). Indicadores de sostenibilidad y gestión del desarrollo rural. IBADER: Recursos Rurais-Serie Cursos Vol, 5.
- Carvajal, JB. 2014. Tipología de fincas, capital social y cobertura arbórea en el cañón de Anaime. En revista Agroforestería neotropical N°4 (2014) Universidad de Tolima.
- Cerón, W. L., Trujillo, A. R., & Escobar, Y. C. (2012). Aplicación del Índice de Sostenibilidad del Recurso Hídrico en la Agricultura (ISRHA) para definir estrategias tecnológicas sostenibles en la microcuenca Centella. Ingeniería y Desarrollo, 30(2), 160-181.
- Chango, Edison. 2014. Evaluación del avance agroecológico mediante indicadores de sustentabilidad en las fincas de la unión de organizaciones productoras agroecológicas y comercialización asociativa Pacat. Tesis de Magíster en Agroecología y Ambiente. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
- Corpoguavio. 2007. Diagnóstico de la reserva forestal de los ríos Blanco y Negro del Municipio de Fómeque
- Daza, Martha, et al. 2012. Índice de sostenibilidad del recurso hídrico agrícola para la definición de estrategias sostenibles y competitivas en la Microcuenca Centella Dagua – Valle del Cauca. Revista Gestión y Ambiente. Volumen 15 - No. 2, Agosto de 2012, Medellín
- Delgadillo J. y Delgado F., 2001.Evaluación de la Implementación de Prácticas de Conservación de suelos: El caso de la comunidad Chullpa K`asa, Bolivia. En: LEISA, Revista de Agroecología. Ocho estudios de caso. Edición especial Perú. Pág. 24-31
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Díaz, P. B., & Contreras, L. M. (2013). Contaminación de aguas superficiales por residuos de plaguicidas en Venezuela y otros países de Latinoamérica.Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 29, 7-23.

Durán A.L; Díaz, O.J. 2008. Diagnóstico Agroecológico Del Estado Actual De La Sostenibilidad En Los Sistemas Locales De Producción Agraria En Diez Localidades Del Municipio De Darío-Matagalpa, 2006. Tesis ingeniería Agrónoma Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, 50 p

Escobar, G & Berdegué, J. 1990. Tipificación de sistemas de producción agrícola. RIMISP – Chile.

Espinosa-Alzate, J. A., León-Sicard, T. E., & Ríos-Osorio, L. A. (2015). Tipología y usos del suelo en agroecosistemas del valle del guamuez, Putumayo– Colombia/Typology and land use in agroecosystems of Guamuez Valley, Putumayo, Colombia. *Revista Sociedade & Natureza*, 27(2).

Estrada Toledo, R. D. J. (2015). Plan estratégico agro industrial de calidad y ambiental, del sector pecuario de Córdoba, con base en las BPA, BPM y BPG.

Eswaran, H., 1994. Indicators and their Utilization in a Framework for Evaluation of Sustainable Land Management. In: Proceedings of the International Workshop on Sustainable Land Management for the 21st Century, Wood, R.C. and Dumanski, J. (eds.). Vol. 2: Plenary Papers. The Organizing Committee. International Workshop on Sustainable Land Management. Agricultural Institute of Canada, Ottawa. pp. 205-225

FAO 2002. LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS. Documento disponible en www.fao.org/ag/esp/revista/faogapes.pdf

FAO. 2004. LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS. Documento preparado por el Ing. Ricardo Inciarte como parte de un contrato de autor y recopilación de información sobre el tema Buenas Prácticas Agrícolas, efectuado en el año 2003. Disponible <http://www.fao.org/3/a-ai010s.pdf>

Farsari Y, y Prastacos P. “Sustainable Development Indicators: An overview”. 2005, 16 p. [en línea]. <http://www.iacm.forth.gr/papers/Asteras-English.pdf>

Fenavi. 2016. Fómeque. El pequeño gran productor avícola. En Revista Avicultores N° 236. Abril de 2016. Colombia

Foladori, G., & Tommasino, H. (2001). Espacio, lugar y tiempo: la reapropiación social de la naturaleza y la construcción local de la racionalidad ambiental.

Galván-Miyoshi, Y. et al. 2008. Las evaluaciones de sustentabilidad. Un Enfoque Dinámico y Multidimensional. Valencia - España. pp. 41-57

Garcés, W. 2010. Aporte de un ecoindicador para la construcción de un sistema de gestión ambiental desde la perspectiva crítica contable. Modelo conceptual del ISRHA; índice de sostenibilidad de manejo del recurso hídrico con énfasis en el sector agrícola. Publicación en el Foro Virtual de Contabilidad Ambiental y Social. Escuela EIDENAR – Univalle. Cali- Colombia

García Obando, L. A. (2003). Indicadores técnicos y evaluación de la influencia del uso de la tierra en la calidad del agua, subcuenca del río Tascalapa Yoro, Honduras.

Gomero L. y Velasquez H., 2000. Evaluación de la Sustentabilidad del Sistema de Algodón Orgánico en la zona de Trópico Húmedo del Perú. En: LEISA, Revista de Agroecología, Ocho estudios de caso. Edición especial. Perú. Pág. 47-52

Guerrero, A. D. (1996). Indicadores autóctonos tendientes a la sostenibilidad en los sistemas de producción de la microcuenca del Río Dos Novillos (No. PG 66 1996).

Hernández Carbajal, J. I. (2002). Comparación costobeneficio entre sistemas productivos y su relación con el estado nutricional de los suelos en tres microdrenajes en la microcuenca El Zapotillo, Güinope, Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ing. Agr., Zamorano, Honduras.

Herrick, J.E. 2000. Soil quality: an indicator of sustainable land management? USDA-ARS Jornada Experimental Range. Elsevier - Applied Soil Ecology 15. Pp 75–83

Hünemeyer, A-J. ; De-Camino, R. y Müller, S. (1997). Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica: indicadores para la agricultura y los recursos naturales. Proyecto IICA/GTZ sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible. San José, Costa Rica.

Hunt, R. 1997 “Sistemas de riego por canales: tamaño del sistema y estructura de la autoridad” en T. Martínez Saldaña y J. Palerm (editores), Antología sobre pequeño riego, México: Colegio de Postgraduados

IDEAM. 2011. Sistemas agroforestales y restauración ecológica como medidas de adaptación al cambio climático en alta montaña, Caso piloto, Proyecto Nacional de Adaptación al Cambio Climático –INAP– componente B, IDEAM y Conservación Internacional, Bogotá

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. 2004. Guía para el monitoreo y seguimiento del agua. Bogotá, Colombia

Jouve. (1988). Réflexion sur la spécificité et l'identification des systèmes agraires. Les Cahiers de la Recherche – Développement

Koning, G.H.J; Van de Kop, P.J & Fresco, L.O. 1997. Estimates of sub-national nutrient balances as sustainability indicators for agro-ecosystems in Ecuador. Elsevier - Agriculture, Ecosystems and Environment 65: 127-139

Kostrowicki, J., 1977. Agricultural typology concept and method. Agricultural Systems 2, 33-45

Kumaraswamy, S. 2012. Sustainability issues in agro-ecology: Socio-ecological perspective. Agricultural Sciences 3(2): 153-169.

Larraín, S. y Poo, P (editoras). (2010). Conflictos por el agua en Chile. Entre los derechos humanos y las reglas del mercado. Ediciones Chile Sustentable, Santiago

León, J. M. C., & Callau, J. B. (2001). Sobre la eficiencia, el uso sostenible del recurso del agua y la gestión del territorio. Ager: Revista de estudios sobre despoblación y desarrollo rural= Journal of depopulation and rural development studies, (1), 85-112.

Leon-Velarde, C.U & Barrera, V. 2003. Metodos bio-matematicos para el analisis de sistemas agropecuarios en el Ecuador. INIAP y CIP. Quito, Ecuador

Lirios, C. G., Guillén, J. C., Valdés, J. H., Fuentes, J. A. A., Rosas, F. J., Ferrusca, M. D. L. M. F., & Estrada, E. G. (2015). Gobernanza de las emociones sociopolíticas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2, 45-52.

Loewy, T. 2007. Indicadores sociales de las unidades productivas para el desarrollo rural en Argentina. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* Vol. 9: 75-85

Lopez – Ridauro, S; Astier, M & Masera, O. 2000. Evaluando la sostenibilidad de los sistemas integrados: el marco MESMIS. *Revista Leisa* 16.4

López, C. V. (2003). La sostenibilidad biofísica de los agroecosistemas: componente básico del desarrollo local. *Revista Internacional de Desarrollo Local*. Vol, 4(6), 67-76.

Manyong, A.M., et al. 1988. "Research on a typology of traditional farming in Burundi". In: *Agricultural Systems* 28:103-117.

Martínez, F. P., Perni, Á., & Paz, J. M. M. (2013, December). La huella hídrica total de una cuenca: el caso de la demarcación hidrográfica del segura. In 8. ° Congresso Ibérico de Gestão e Planeamento da Água (pp. 507-517).

Min Ambiente.2012. Guía para el ordenamiento del recurso hídrico. Paso a paso para el ordenamiento del recurso hídrico. Documento de la Dirección de gestión Integral del recurso Hídrico del 16 de Julio de 2012.

Minambiente & IIAP, 2012. Protocolo de restauración ecológica de áreas degradadas por minería a cielo abierto de oro y platino en el chocó biogeográfico. Convenio 82 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP).

Minambiente. 2012. Guía metodológica para el diseño e implementación del incentivo económico de pago por servicios ambientales – PSA.

Moya X., Caamal A, et al., 2002. La Agricultura Campesina de los Mayas en Yucatán. En: LEISA, *Revista de Agroecología*,. Ocho estudios de caso. Edición especial Perú. Pág. 7-17

Müller S. 1996. ¿Cómo medir la sostenibilidad? Una propuesta para el área de la agricultura y de los recursos naturales. San José, CR, IICA, BMZ/GTZ. 55 p.

Neri-Noriega, R; Ocampo Fletes, I & Escobedo-Castillo J.F. 2008. La Sustentabilidad de los Sistemas Agrícolas con Pequeña Irrigación. El Caso De San Pablo Actipan. Revista Ra Ximhai Vol 4. Número 2, mayo – agosto. pp 139-163

Noguera (2003). Aproximación a un sistema de indicadores de sostenibilidad para la ganadería ovina en la provincia de Castellón. Documento presentado dentro de la convocatoria de ayudas para programas innovadores sobre experiencias y desarrollo agropecuario de la Axcma. Diputación provincial de Castellón.

OECD. 1993. “OECD Core set of indicators for environmental performance reviews”. Environmental Monographs N°83. Organisation for Economic Co-Operation and Development, OECD/GD(93)179. 39 pp.

Pallela, Santa.2003. Metodología de la investigación cuantitativa. Fedupel. Universidad Pedagógica experimental Libertador. Caracas- Venezuela.

Quiñonez, H. A. S. (2015). Una propuesta metodológica para el análisis de sostenibilidad de las unidades productivas rurales. *Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura*, 2(2).

Quiroga Martínez, R. (2007). Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe. CEPAL.

Quiroga Martínez, R. (2009). Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe. CEPAL.

Ragas, A.M.J; Knapen, M.J; Van de Heuvel, P.J.M; Eijkenboom, R.G.F.T.M; Buise C.L. y Van de Laar, B.J. 1995. Towards a sustainability indicator for production systems. Elsevier - J. Cleaner Prod., Vol. 3, No. 1-2, pp. 123—129

Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación. CT&F-Ciencia, Tecnología y Futuro, 1(3), 135-153.

Ramírez, L; Alvarado, A; Pujol, R; McHugh, A; Brene, LG. 2008. Indicadores para Estimar la Sostenibilidad Agrícola de la Cuenca Media del Río Reventado, Cartago, Costa Rica. Revista Agronomía Costarricense 32(2): 93-118. ISSN:0377-9424

Rascón Ramos, A. E. (2007). Metodología para la elaboración de la línea base y para la implementación del monitoreo biofísico y socioambiental de la cogestión de cuencas en América Central.

Reina, M & Guzmán A. 2015. Servicios ecosistémicos en los sistemas rurales campesinos de Fómeque, Cundinamarca. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Reyes, A. (2008). Metodología para la integración social del conocimiento en el marco de las buenas prácticas agrícolas del sector hortifrutícola en cinco municipios del valle del cauca. Tesis de Maestría. Universidad del Valle, Colombia.

Rios, Gloria. 2010. Propuesta para generar indicadores de sostenibilidad en Sistemas de producción agropecuaria, para la toma de Decisiones. Caso: lechería especializada. Tesis Maestría en Ingeniería Administrativa. Universidad Nacional de Colombia. Medellín Colombia.

Rodríguez, Genny. 2007. Optimización técnica y operativa para la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de Fómeque – Cundinamarca. Proyecto de Grado Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de la Salle. Bogotá.

Rodríguez, M. P., Rodríguez, J. G. M., & Viramontes, U. F. (2015). Desarrollo sustentable de los recursos naturales al disminuir riesgos de contaminación en actividades agropecuarias. CULCyT, (20).

Rojas, Jose. 2012. Contribución al establecimiento de sistemas sostenibles de producción campesinos de alta montaña ecuatorial a partir de una experiencia en los

municipios de San Juanito y El Calvario (Meta). Tesis de Maestría en Desarrollo Rural. Universidad Javeriana.

Sánchez, C.R. 2010. Diseño De Un Índice De Sustentabilidad En Agrosistemas De Producción De Bioenergía. Caso De Estudio En El Valle De Mexicali. TeisTijuana, México, 164 p

Sandy C. y Delgado F., 2000. Estudio de Indicadores de Sostenibilidad del Sistema Familiar Campesino en Ecosistema de Montaña: El caso de la comunidad de Tres Cruces. En: LEISA, Revista de Agroecología. Ocho estudios de caso. Edición especial. Perú. Pág. 32-38

Santana Medina, N. J., & Medina, N. J. S. (2007). Alcances de la planificación predial en la planificación local y regional: los planes de manejo predial como punto de partida para formulación de programas de Asistencia Técnica Agropecuaria y Ambiental en la localidad de Sumapaz, DC (No. PDF 993)).

Sellepiane, A. V., & Sarandón, S. J. (2008). Evaluación de la sustentabilidad en fincas orgánicas, en la zona hortícola de La Plata, Argentina. Revista Brasileira de Agroecologia, 3(3), 67-78.

Sepúlveda, S. S., Sepúlveda, S., Sepúlveda, S., Sepúlveda, S., Chavarría, H., Castro, A., & Rojas, P. S. (2008). Biograma: metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios (No. IICA P01-137). IICA.

Smyth, A. J. and Dumanski, J. 1993. FESLM: an international framework for evaluating sustainable land management. Roma: World Soil Resources Report 73, FAO

Subirana, P. “La facilitación ecológica. Un método hacia la sostenibilidad”. Ecologista. No 21, 2000. En: <http://www.airelibrelapalma.org/sosten.htm> [Consulta: 23 de diciembre 2005]

Toledo, V. M. (2005). La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. *Leisa Revista de agroecología*, 20(4), 16-19.

Vazquez, P., & Zulaica, L. (2012). Transformaciones agroproductivas e indicadores de sustentabilidad en el partido de tandil (provincia de buenos aires), durante los períodos 1988-2002 y 2002-2010 en: campo-território: revista de geografia agrária, 7(13).

Vega – Sepúlveda, D.E. 2009. Medición comparativa de la sustentabilidad en agroecosistemas campesinos polirubristas: Estudio de casos en la comunidad de Tralcao, Provincia de Valdivia, Región de los Ríos. Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Agronomía – Universidad Austral de Chile. VALDIVIA – CHILE

Vergara, R. 2015. Agenda interinstitucional con enfoque de género para la protección del recurso hídrico en Vergara, Cundinamarca.

Villegas Rodríguez, E. (2014). Propuesta de lineamientos conceptuales y metodológicos para la planificación de la gestión sostenible de la cuenca hidrográfica del Rio Bogotá, desde una perspectiva Regional (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales).

Wilford, D. G. (2009). Buenas prácticas agrícolas y mejores prácticas de manejo de plaguicida en el cultivo del frijol. Informe del proyecto demostrativo de la cadena productiva del cultivo de frijol en la cuenca del rio Coco. UNEP.

ANEXO 1 FORMATO DE ENCUESTA

INFORMACIÓN GENERAL DE LA FINCA

Nombre de la finca: _____ Coordenadas: _____

Area de la finca: _____ Altitud _____ m. s. n. m. Pendiente: _____ %

Nombre del propietario: _____ C.C.N° _____

Nombre del Arrendatario: _____ C.C. N° _____

Dirección de la granja: _____

Ubicación de la granja: Vereda _____ Municipio _____

¿Hay fuentes hídricas cerca de la granja?: Sí ☐ No ☐ Qué distancia: _____

¿Las fuentes hídricas tienen franja protectora?: Sí ☐ No ☐

Ancho: 10m ☐ 20m ☐ 30m ☐ +30m ☐

1. ¿Cuál es la actividad predominante de la finca?

☐ GANADERÍA ☐ CULTIVO DE HABICHUELA ☐ CULTIVO DE TOMATE ☐ GRANJA DE GALLINAS
PONEDORAS

2. ¿Cuánto tiempo hace que desarrolla esta actividad en la finca?

3. ¿Cuánta área está ocupada por pastos? _____

4. Tipo y número de animales que posee

a	Vacuno		d	Cerdos	
b	Gallinas		e	Asnales	
c	Caballar		f	Otros	¿Cuál?: _____

5. ¿Hay zonas de bosque natural en la finca? _____ ¿Qué área ocupan aproximadamente? _____

INFORMACIÓN SOBRE PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN Y MANEJO DE LA FINCA

6. ¿Qué se hace con el estiércol de los animales?

7. ¿Compra estiércol o gallinaza?

8. ¿En qué se utiliza?

9. ¿Cuánta cantidad por hectárea o fanegada o por planta?

10. ¿Hace renovación de potreros? _____ ¿Cuánto tiempo descansa un potrero?

11. ¿Con qué frecuencia y cuánta área cada vez? (área/año)

12. ¿Qué procedimiento realiza para la renovación del potrero?

13. Podría darse el caso que cuando lleguen las lluvias haya potreros con el suelo descubierto?
_____ Cuánta área? _____

14. ¿Qué tipo de abono y enmienda utiliza para los pastos o cultivos?

Cultivo	Area/año	Abono (Cantidad/ Area)	Época de abonar (#veces/ año)	Enmienda (Cantidad/ Area)	Época de enmienda (#veces/ año)

15. ¿Utiliza algún químico para el control de plagas en los pastos? ____ Cuáles?

16. ¿Realiza análisis de suelos antes de sembrar, de abonar o aplicar enmiendas?

17. ¿Qué porcentaje de la finca permanece con cultivos en el año?

Menos del 25%	entre 25 a 50%	entre 50 a 75%	Más del 75%
---------------	----------------	----------------	-------------

18. ¿Qué área aproximada se prepara anualmente para cultivos?

19. Utiliza herbicidas para la preparación de la parcela? _____ Que herbicida usa?

Plagas a controlar	Época de año	Producto utilizado	Sitio de aplicación Modo de aplicación	N° aplicación / Cosecha

20. Protege de la erosión los suelos más pendientes? _____ Cómo?

21. Protege las riberas de las quebradas? _____ Cómo?

INFORMACIÓN SOBRE EL MANEJO DEL AGUA EN LA FINCA

22. De donde proviene el agua para consumo de la casa?

23. Utiliza riego? _____ ¿Qué vegetación de la finca necesita riego? _____

24. Qué sistema de riego tiene? _____

25. De dónde proviene el agua para riego?

26. Con qué frecuencia usa riego: Anual ☐ Semestral ☐ Trimestral ☐ Bimensual ☐ Mensual ☐ Semanal ☐

27. En qué meses del año se requiere riego? _____

28. Durante cuántos días puede necesitarse el riego? _____

29. Duración del riego (en horas o minutos) _____

30. Puede el ganado entrar libremente a las quebradas o cuerpos de agua? _____
Por qué? _____
31. Cuánta agua puede consumir diariamente el ganado? _____
32. Dónde se vierten la aguas servidas? _____
33. El tanque séptico posee trampas de grasas? _____
34. Hacia dónde van los efluentes del pozo séptico? _____
35. Con qué frecuencia se limpia el pozo séptico? Anual ☐ Semestral ☐ Nunca ☐ / Otra: _____
36. Mapa con la ubicación de la quebrada de muestreo y los componentes más importantes de la finca.

AGUA POTABLE - AVICULTURA

1. ¿Cuál es la fuente de suministro de agua? Acueducto ☐ Pozo Artesiano ☐ Reservorio ☐
Naciente ☐ Quebrada ☐ Río ☐ Pozo ☐ Puntillo ☐
Otro: _____
2. ¿Tiene algún sistema de captación?: Sí ☐ No ☐ Motobomba ☐ Gravedad ☐
Otro: _____
3. ¿Cuenta con planta de tratamiento de agua potable?: Sí ☐ No ☐
3 a. ¿Qué tipo de tratamiento?: Floculador ☐ Filtro de carbón ☐ Filtro de arena ☐
Otro: _____
4. ¿Qué insumo utiliza para el tratamiento? Hipoclorito ☐ Alumbre ☐ Cal ☐ Flúor ☐
Otro ☐
Cuál: _____
5. ¿Realice algún tratamiento especial de potabilización? Sí ☐ No ☐ ¿Cuál? _____
6. ¿Realiza muestras de caracterización de agua potable? Sí ☐ No ☐
Periodicidad: Semanal ☐ Quincenal ☐ Mensual ☐ Otro _____
7. La caracterización la realiza un laboratorio certificado: Sí ☐ No ☐
¿Cuál? _____
8. ¿Conoce que parámetro son analizados? Sí ☐ No ☐ Cuáles _____
9. ¿Conoce el valor(es) de la última muestra? Sí ☐ No ☐ Mencione _____
10. Conoce el consumo promedio del agua potable para las actividades diarias Sí ☐ No ☐
Cuánto _____
11. ¿Existe un sistema de captación de aguas lluvias? Sí ☐ No ☐
12. ¿Realizan tratamiento a las aguas lluvias? Sí ☐ No ☐
13. ¿Qué insumo utiliza para el tratamiento?: Hipoclorito ☐ Alumbre ☐ Cal ☐ Flúor ☐
Otro: _____
14. ¿Qué tipo de aprovechamiento le da a las agua lluvias: Consumo humano ☐ Consumo animal ☐
Lavado ☐ Riego ☐ Otro ☐
Cuál: _____

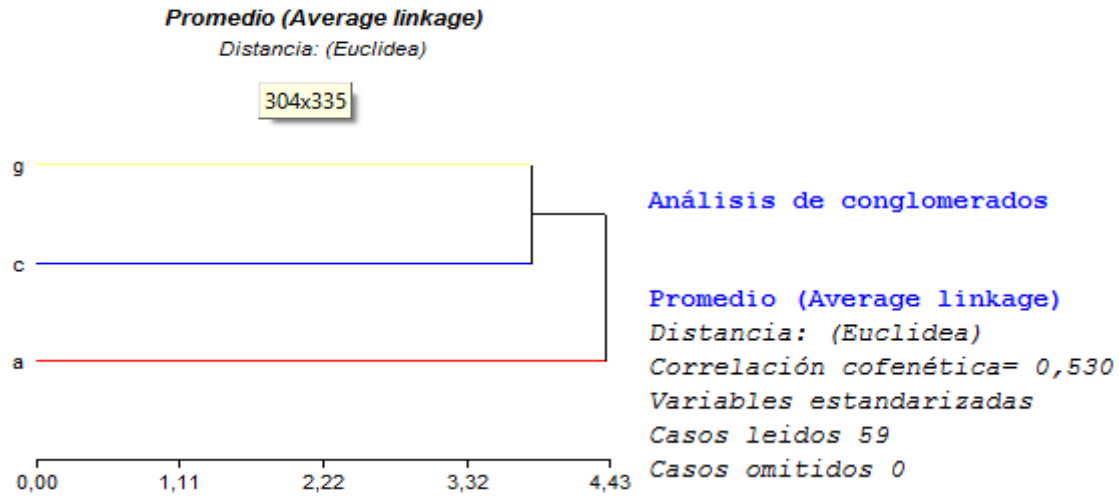
AGUAS RESIDUALES - AVICULTURA

1. ¿Cuál es el destino de las aguas residuales industriales? ☐ Pozo séptico ☐ Laguna de oxidación
☐ Alcantarillado ☐ Fuentes hídricas ☐ Laguna facultativa
2. Existen casas de habitación dentro de la granja: Si ☐ No ☐ Cuántas: _____
3. ¿Cuál es el destino de las aguas residuales domésticas? : ☐ Pozo séptico
☐ Laguna de oxidación ☐ Alcantarillado ☐ Fuentes hídricas ☐ Laguna facultativa
Otro: _____
4. ¿La(s) casa(s) de habitación de la granja cuentan con pozo séptico? Sí ☐ No ☐
5. ¿Cada cuánto se le hace mantenimiento a los pozos sépticos? _____
6. ¿Qué manejo ambiental le hace a los lodos retirados de los pozos sépticos? _____
7. ¿Existe algún tipo de tratamiento de agua residuales?: Si ☐ No ☐
Cuál: _____
- 7 a. ¿Qué insumo utiliza para el tratamiento?: ☐ Hipoclorito ☐ Alumbre ☐ Cal ☐ Flúor
Otro: _____
- 7 b. Se encuentra funcionando adecuadamente este sistema: Si ☐ No ☐
- 7 c. ¿La planta reduce el 80% de la carga contaminante? Sí ☐ No ☐
Por qué? _____
8. ¿El caudal de entrada es proporcional al caudal de salida? Sí ☐ No ☐
9. ¿Realiza Muestras de caracterización de agua residual? Sí ☐ No ☐
Periodicidad: semanal ☐ quincenal ☐ mensual ☐ Otro: _____
10. ¿La caracterización la realiza un laboratorio certificado?: Si ☐ No ☐
Cuál: _____
11. ¿Conoce que parámetros son analizados?: Sí ☐ No ☐
Cuales: _____
12. ¿Conoce el valor(es) de la última muestra?: Sí ☐ No ☐
Mencione: _____
13. ¿Utiliza el agua tratada como insumo para alguna otra actividad productiva?: Sí ☐ No ☐
Riego ☐ Consumo animal ☐ Otro: _____

ANEXO 2

RESULTADOS ESTADISTICOS

Análisis de conglomerados por Sistemas Productivos: Ganadería (g), Cultivos (c) y Avicultura (a)



Análisis de componentes principales

Análisis de componentes principales

Datos estandarizados
Casos leídos 59
Casos omitidos 42

Variables de clasificación

sistema P

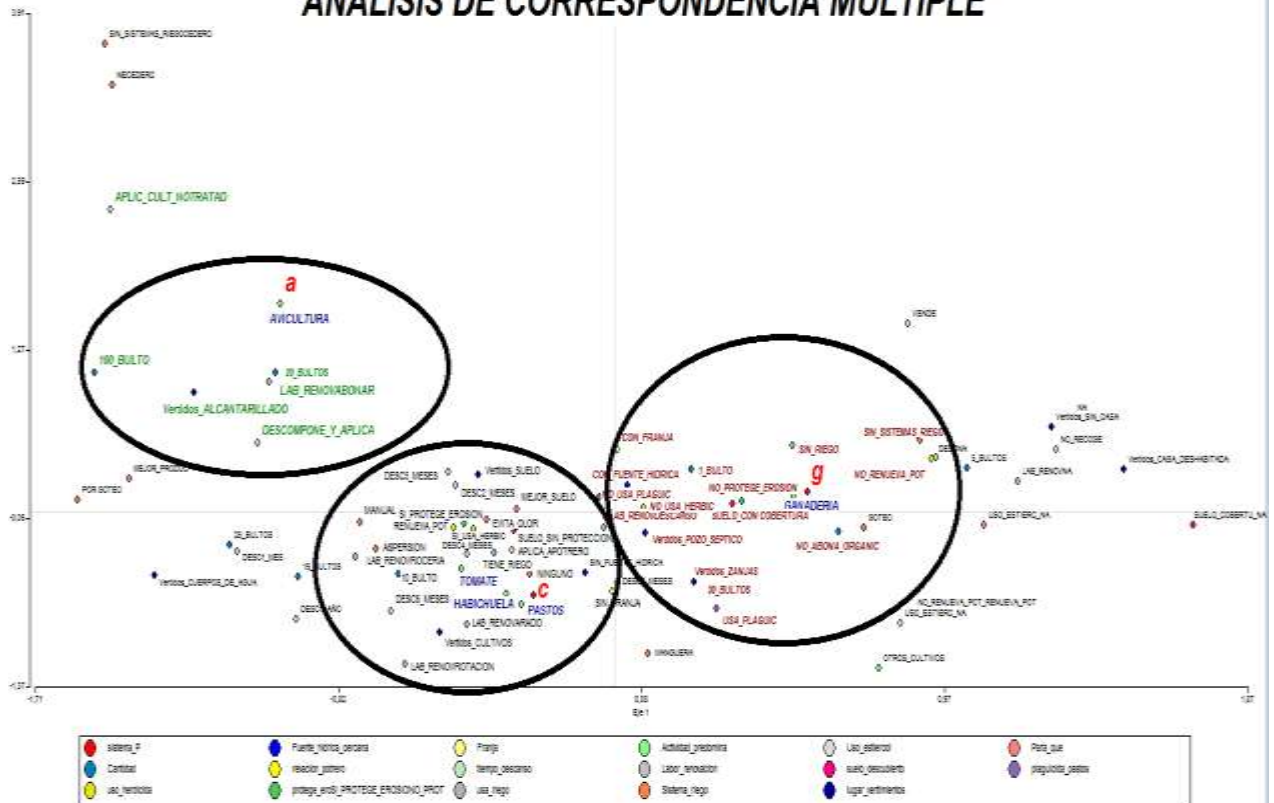
Autovalores

Lambda	Valor	Proporción	Prop	Acum
1	7,78	0,60	0,60	
2	5,22	0,40	1,00	
3	0,00	0,00	1,00	
4	0,00	0,00	1,00	
5	0,00	0,00	1,00	
6	0,00	0,00	1,00	
7	0,00	0,00	1,00	
8	0,00	0,00	1,00	
9	0,00	0,00	1,00	
10	0,00	0,00	1,00	
11	0,00	0,00	1,00	
12	0,00	0,00	1,00	
13	0,00	0,00	1,00	

Autovectores

Variables	e1	e2
N° vacunos	0,33	-0,17
Pendiente	0,35	0,10
altitud	0,36	-0,04
area_Ha	-0,26	-0,30
area_Ha1	-0,26	-0,30
Cuánto_tiempo	0,21	-0,35
Cuanta_area	0,30	-0,24
tiempo_descanso_meses	0,15	0,40
area_descubierta	-1,6E-03	0,44
porcentaje_cultivos	-0,05	0,43
area_anual	0,35	-0,09
area_necesita_riego	0,34	-0,13
duracion_riego_horas	0,32	0,20

ANALISIS DE CORRESPONDENCIA MULTIPLE



ANEXO 3

RESULTADOS DE LABORATORIO

		Temporada Invierno			Temporada Verano		
Parámetro	unidades	Zona alta	Zona media	Zona baja	Zona alta	Zona media	Zona baja
Turbiedad	UNT	276	296	208	94.9	94.2	130
Color verdadero	UPC	10	10	10	12	15	20
pH		8.09	8.11	8.13	8.16	8.22	8.21
Conductividad específica	uS/cm 25°C	497	522	523	823	895	890
Alcalinidad total	mg/L CaCO ₃	61	57	48	85	83	73
Alcalinidad hidróxidos	mg/L CaCO ₃	0	0	0	0	0	0
Alcalinidad carbonatos	mg/L CaCO ₃	0	0	0	0	0	0
Alcalinidad bicarbonatos	mg/L CaCO ₃	61	57	48	85	83	73
Acidez total	mg/L CaCO ₃	2	1	1	2	2	2
Acidez mineral	mg/L CaCO ₃	0	0	0	0	0	0
Acidez sales hidrolizables	mg/L CaCO ₃	1	1	1	1	0	1
CO ₂ libre	mg/L CaCO ₃	1	0	0	1	1	1
Dureza total	mg/L CaCO ₃	200	214	190	270	308	286
Dureza carbonacea	mg/L CaCO ₃	61	57	48	85	83	73
Dureza no carbonacea	mg/L CaCO ₃	139	157	142	185	225	213
Calcio	mg/L CaCO ₃	124	138	156	186	234	250
Magnesio	mg/L CaCO ₃	76	76	34	84	74	37
Hierro	mg/L Fe	0.3	0.2	3.5	2.3	2.4	2.4
Manganeso	mg/L Mn	0.14	0.13	0.2	0.06	0.07	0.07
Amonio	mg/L N- NH ₄	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.75
Nitritos	mg/L N- NO ₂	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nitratos	mg/L N- NO ₃	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
Cloruros	mg/L Cl	20.1	22.1	21.9	72.8	86.2	86.5
Sulfatos	mg/L SO ₄	164.7	179.6	178.6	247	272	275
Ortofosfatos	mg/L PO ₄	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Oxígeno disuelto	mg/L	7.26	7.82	7.64	7.91	8.42	8.32

Fosforo total	mg/L	0.03	0.06	0.12	0.04	0.05	0.03
Solidos totales	mg/L	632	656	690	670	750	738
Solidos suspendidos totales	mg/L	320	656	304	121	154	139
Coliformes totales	UFC/100 ml	600	3000	4000	6600	6100	5700
E. coli	UFC/100 ml	200	200	1100	300	800	500
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	48	29	44	18	12	11
DBO	mg/L	24	15	22	9	6	5