

Índice de sostenibilidad del recurso hídrico agrícola para la definición de estrategias sostenibles y competitivas en la Microcuenca Centella Dagua – Valle del Cauca

Index of sustainability of the water resource for the definition of technological sustainable and competitives strategies in the Microbasin la Centella

Recibido para evaluación: 10 de Octubre de 2011
Aceptación: 25 de Junio de 2012
Recibido versión final: 23 de Julio de 2012

Martha Constanza Daza¹
Aldemar Reyes Trujillo²
Wilmar Loaiza Cerón³
Martha Patricia Fajardo Vásquez⁴

RESUMEN

El Índice de Sostenibilidad del Recurso Hídrico en el sector Agrícola (ISRHA) implementado en la microcuenca Centella (Dagua, Valle del Cauca) evalúa la sostenibilidad del manejo del recurso hídrico en la agricultura, empleando indicadores de Presión, Estado y Respuesta para cuatro factores de análisis: biofísicos, tecnológicos, socio-económicos y político-institucionales. Cada factor está integrado por indicadores que son evaluados a partir de parámetros establecidos y hacen parte del ISRHA. Los resultados de la aplicación del índice mostraron una sostenibilidad media en las tres zonas de estudio (vertientes La Virgen, Aguas Calientes y Centella), las cuales obtuvieron una calificación de media a buena en la escala propuesta (1 a 5), identificando debilidades y fortalezas con relación a los factores considerados, lo que permite plantear algunas estrategias de sostenibilidad y competitividad del Recurso Hídrico en los sistemas productivos agrícolas de la microcuenca.

Palabras claves: índice de sostenibilidad, microcuenca, recurso hídrico, sistemas agrícolas.

ABSTRACT

The Index of Sustainable Water Resource Management in Agriculture (ISRHA) implemented in the watershed Centella (Dagua, Cauca Valley) assesses the sustainability of water resource management in agriculture, using pressure gauges, for State and Response factor analysis: biophysical, technological, socioeconomic and political-institutional. Each factor is composed of indicators which are evaluated based on parameters established by of ISRHA. The results of applying sustainability index shows a half the three study areas (watersheds La Virgen, Centella and Aguas Calientes), which were rated average to good in the proposed scale (1 to 5), identifying weaknesses and strengths in relation to the factors considered, which allows us to suggest some strategies for sustainability of and competitive for water resources in agricultural production systems in the watershed.

Key words: index of sustainability, microbasin, water resource, farming systems.

1. TorresIngeniera Agrícola M.Sc.
Docente Investigadora

2. Ingeniero Agrícola M.Sc.
Docente Investigador

3. Geógrafo Investigador
wiloce16@gmail.com

4. Economista Investigadora

Grupo de Investigación en
Ingeniería de Recursos Hídricos
y Suelos, IREHISA, de la
Universidad del Valle, Cali.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo sustentable se propone hoy como un enfoque que permite articular de manera sistémica los diferentes actores y procesos involucrados en el desarrollo de una región teniendo como base la conservación de los recursos naturales; no obstante, las amenazas ante el cambio global, los problemas de desigualdad y pobreza y la visión sectorial principalmente causan importantes impactos socio-económicos y ambientales que limitan la inversión en servicios básicos como educación, salud e infraestructura. De esta manera, el desarrollo sustentable puede verse como base y finalidad para dar solución eficaz a los problemas de una región que promueva, en términos de equidad para las generaciones actuales y futuras, el acceso integral a nuevos y mejores recursos socio-económicos y ambientales (Grupo de Investigación en Ingeniería de Recursos Hídricos y Suelos, IREHISA, Corporación Biotec y Universidad San Buenaventura, USB, 2008)

Particularmente, la microcuenca Centella en el municipio de Dagua (Valle del Cauca, Colombia) presenta desestabilización de la oferta ambiental, ampliación de la frontera agrícola, manejo inadecuado de los sistemas agrícolas, degradación de suelos, pérdida de la calidad de agua, contaminación por agroquímicos, manejo inadecuado de la producción de cultivos como la piña en zonas de ladera, y problemas sociales relacionados con la tenencia de la tierra, la eliminación del predio familiar, la concentración de los recursos y de la producción, que plantean la necesidad de orientar la toma de decisiones y las acciones en ella, hacia el desarrollo sustentable como una práctica libertaria. En este marco, el uso de indicadores que contribuyan a valorar la fragilidad del territorio y a demostrar, cuantificar y evaluar la magnitud de sus cambios puede ser de gran utilidad socio-económica, en la formulación de política local y regional para la toma de decisiones referentes al manejo y uso sustentable del recurso hídrico en sistemas agrícolas (Escobar, 2004; Chirino *et al.*, 2008; Grupo IREHISA, Corporación Biotec y Universidad San Buenaventura, USB, 2008).

En este sentido, el trabajo presenta la aplicación del Índice de Sostenibilidad del Recurso Hídrico en el Sector Agrícola (ISRHA) en la microcuenca Centella, con el cual se evaluó la sostenibilidad del manejo del recurso hídrico en la agricultura, utilizando indicadores de Presión, Estado y Respuesta clasificados en cuatro factores de análisis: biofísicos, tecnológicos, socioeconómicos y político-institucionales (Masera, Astier & López-Ridaura, 1999; Astier & Masera, 1997).

La microcuenca se encuentra en relieve montañoso con pendientes mayores de 30%, a una altitud de 1517 msnm; cuenta con temperatura media anual de 25°C, precipitación anual de 1200 mm, con dos periodos de lluvias marcados entre los meses de septiembre a noviembre y entre marzo a mayo. Sus suelos provienen de

2. METODOLOGÍA

Descripción del área de estudio

El área estudiada corresponde a la microcuenca Centella, ubicada en el municipio de Dagua al suroccidente del departamento del Valle del Cauca en las coordenadas 3°38'45" de Latitud Norte y 76°41'30" de Longitud Oeste, con una extensión de 1814.1 Hectáreas (ver: figura 1).

rocas ígneas volcánicas máficas afaníticas y porfíricas. Su clasificación de zona de vida según Holdridge corresponde a bosque húmedo premontano (bh – PM). La escala espacial de los indicadores se estableció siguiendo el margen izquierdo a partir de la determinación de la línea divisoria de las principales vertientes en la cuenca, que son las quebradas La Virgen, Aguas Calientes y La Centella, según lo muestra la figura 1 (Grupo IREHISA, Corporación Biotec y Universidad San Buenaventura, USB, 2008; Loaiza & Carvajal, 2011).

La información básica se obtuvo a partir de la aplicación de encuestas y de fuentes secundarias de la zona de estudio como el estudio de "Levantamiento de suelos y zonificación de tierras del departamento del Valle del Cauca". Adicionalmente, se realizó un recorrido de reconocimiento del área con el fin de obtener una visión general sobre los usos de las tierras, cultivos predominantes y localización de sitios estratégicos para la toma de muestras de suelos y la realización de la campaña de aforos de las fuentes hídricas naturales.

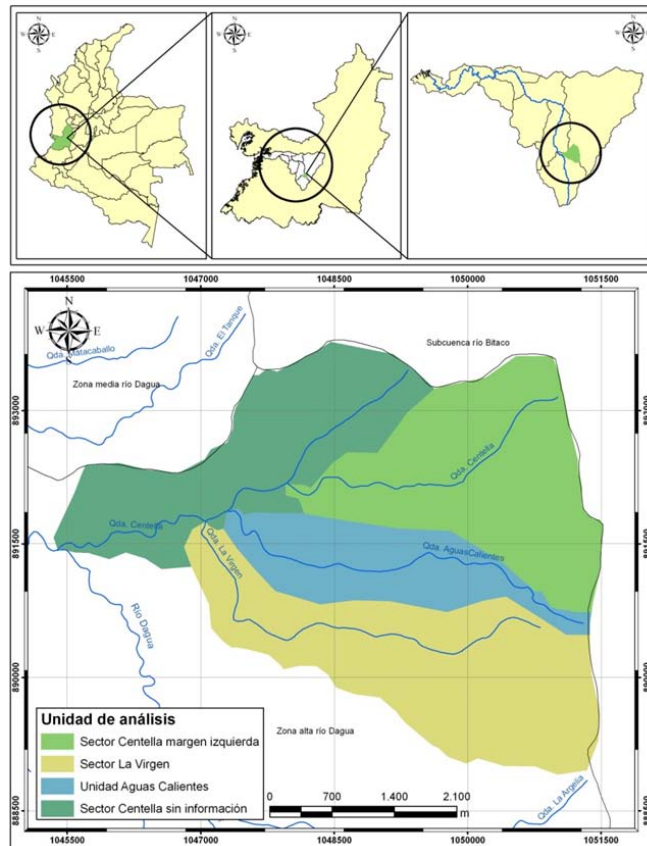


Figura 1. Localización general de la microcuenca La Centella, Unidades de análisis espacial del ISRHA y sitios de muestreo de calidad de agua.

3. EL MODELO DE ENFOQUE PRESIÓN-ESTADO-RESPUESTA (PER)

Este modelo evalúa el ambiente y los recursos naturales por las presiones socio-económicas directas e indirectas sobre el patrimonio natural y sus impactos por la eliminación de desechos sólidos, líquidos y emisiones sobre el medio ambiente. El modelo permite identificar la situación actual del ambiente e integra en su análisis la forma en que las acciones antrópicas responden ante las presiones y tendencias sobre la calidad y degradación del ambiente (Pérez, 2003; Castro, 2002; OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 1993).

Este modelo de indicadores se basa en la lógica causal de acción y respuestas, relacionando el desarrollo socio-económico bajo condiciones y dinámicas ambientales cambiantes. A continuación se describe el sistema de indicadores de Presión, Estado y Respuesta.

Indicadores de Presión: describen las presiones o intervenciones directas e indirectas que las actividades humanas ejercen sobre el medio natural. Los indicadores de presión se clasifican en dos grupos: el primero de ellos representa las presiones directas sobre el ambiente, ocasionadas por las actividades humanas, tales como el volumen de residuos generados, la emisión de contaminantes al aire, entre otros. En el segundo de ellos, están las actividades humanas en sí mismas, es decir, las condiciones de las actividades productivas o actividades que generan la problemática (Pérez, 2003; Instituto Nacional de Ecología, INE, 1997).

Indicadores de Estado: evalúan cuantitativa y cualitativamente el estado de los recursos naturales y del medio ambiente. Se refieren a la calidad del ambiente, así como a la cantidad y estado de los recursos naturales, por ejemplo, la calidad del aire (concentraciones de contaminantes) o del agua, así como a la cantidad de recursos naturales. Dichos indicadores constituyen generalmente los objetos de políticas de protección ambiental. En este tipo de indicadores, se incluyen los efectos

a la salud de la población y a los ecosistemas causados precisamente por el deterioro de la calidad ambiental (INE, 1997).

Indicadores de Respuesta: como resultado de las presiones sobre el medio ambiente, se generan diferentes respuestas desde el orden socio-político para evitar, corregir, mitigar o cambiar tendencias en el comportamiento de los individuos o de las políticas que por diferentes razones resultan lesivas al medio ambiente. Todos estos esfuerzos privados y públicos se incorporan a los “indicadores de respuesta”. Estos indicadores presentan los esfuerzos realizados por la sociedad o por una institución para reducir o mitigar la degradación del ambiente (Pérez, 2003).

La selección de aquellos indicadores de Presión, Estado y Respuesta (PER) que mayor incidencia tenían en el manejo del recurso hídrico en los sistemas agrícolas, se realizó con ayuda de paneles de expertos, los cuales registraron 35 indicadores para la construcción del ISRHA, de los cuales 9 fueron de presión, 18 de estado y 8 de respuesta.

4. CÁLCULO DE INDICADORES

Una vez seleccionados los indicadores por el panel de expertos, se procedió a la obtención de la información por medio de encuestas de diagnóstico en prácticas de manejo del recurso hídrico y la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) aplicadas en los sistemas de producción agrícola en la microcuenca Centella realizadas en 71 fincas de la misma microcuenca. Esta información ingresó al modelo PER como dato; es la unidad básica de un sistema de indicadores que está constituido por la combinación de dos o más datos, y estos indicadores (y/o muchos datos) son convertidos en un índice mediante una función matemática que los sintetiza (Segnestam, 2002). También se incluyó información obtenida en reuniones con los líderes comunitarios de la zona de estudio, campañas de aforos e información secundaria de documentos de instituciones públicas y privadas como las evaluaciones agrícolas de la Secretaría de Agricultura y Pesca del Valle, reporte de costos, rendimiento y producción de cultivos de interés de la UMATA.

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. Para la síntesis de los resultados en el Índice de Sostenibilidad, se usó un gráfico radial tipo “Rosa de los Vientos”, donde cada eje corresponde a un indicador y esta dividido en la escala de evaluación de 1 a 5 para el cálculo del ISRHA (ver: tabla 1).

Tabla 1. Escala de evaluación de los indicadores del ISRHA (Grupo IREHISA, 2009)

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

La relación entre el área síntesis y el área ideal de Sostenibilidad del Recurso Hídrico se determina construyendo un gráfico tipo radial mediante el Software AutoCad, procedimiento que arroja como resultado los Índices de Sostenibilidad del Manejo del Recurso Hídrico Agrícola en la microcuenca La Centella.

De acuerdo con Reyes (2007), el gráfico radial permite plantear las siguientes relaciones: muestra la relación entre el área síntesis de cada vertiente y el área ideal, y el nivel de sostenibilidad del manejo del recurso hídrico al que llega cada vertiente respecto al ideal, lo cual arroja como resultado el ISRHA. Además, este método permite identificar no sólo los puntos críticos o débiles sino también las fortalezas que tiene cada vertiente con relación a los factores considerados.

Con esta metodología, se obtuvo un área síntesis que representa los resultados de los 35 indicadores PER definidos para el ISRHA; el porcentaje de esta área síntesis respecto al área ideal, la cual ocurre cuando todos los indicadores han sido calificados con un valor de cinco, corresponde al Índice de Sostenibilidad del Manejo del Recurso Hídrico en el Sector Agrícola por vertiente.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la evaluación de los 35 indicadores bajo la escala del ISRHA, divididos en las tres unidades de análisis - La Virgen, Aguas Calientes y Centella - y divididos en Indicadores de Presión-Estado y Respuesta se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la evaluación de los indicadores para la síntesis del ISRHA

#	CONTEXTO	INDICADOR	LA VIRGEN	AGUAS CALIENTES	CENTELLA
1		Calidad del agua para riego (pH, Conductividad eléctrica, Relación de Adsorción de Sodio-RAS, Dureza, Carbonato Sódico Residual, Sólidos Totales Disueltos, Toxicidad, Fuente de agua para riego)	4	4	4
2		Oferta hídrica superficial para riego (Caudal medio mensual y percepción de la oferta hídrica)	5	4	3
3		Amenazas asociadas a variabilidad climática en el recurso hídrico (Erosividad de la lluvia y tendencia de la precipitación media)	4	4	4
4	PRESIÓN	Eficiencia del manejo del agua para riego y la escorrentía (Tipo de sistema de riego, Planificación de la frecuencia del riego, Cuantificación de requerimientos hídricos, Registro de consumo del agua para riego)	2	2	2
5		Sistema de Cobro del Agua	3	3	5
6		Conflictos por uso del agua (Presión en el recurso)	5	5	5
7		Disposición Final de los Residuos Sólidos	2	2	2
8		Cambios en los Sistemas de Riego y Drenaje	3	3	3
9		Vertimientos contaminantes a las principales fuentes de agua	1	1	1

#	CONTEXTO	INDICADOR	LA VIRGEN	AGUAS CALIENTES	CENTELLA
10		Participación colectiva en actividades para la Conservación del Recurso Hídrico	3	3	3
11		Ingresos laborales del agricultor	1	1	1
12		Nivel educativo del agricultor	2	2	2
13		Actividades del agricultor para la Conservación del Recurso Hídrico en su finca	3	3	3
14		Ingreso Reportado por el cultivo de café	1	1	1
15		Ingreso Reportado por el cultivo de plátano	5	5	5
16		Ingreso Reportado por el cultivo de caña panelera	5	5	5
17		Razón costo/rendimiento del cultivo de café	3	3	3
18	ESTADO	Razón costo/rendimiento del cultivo de plátano	3	3	3
19		Razón costo/rendimiento del cultivo de caña panelera	3	3	3
20		Conflictos por uso del agua (Afectan bienestar del agricultor)	5	5	5
21		Saneamiento básico	5	5	5
22		Costo del agua para riego	5	1	1
23		Costos de operación del sistema de riego	3	3	3
24		Participación en Junta de Aguas	4	4	5
25		Instancias públicas que desarrollan actividades para la Conservación	1	1	1
26		Participación del Comité Departamental de Cafeteros	5	5	5
27		Concesión de aguas	5	5	5
28		Análisis de la calidad del agua	1	1	1
29		Actividades de recuperación y conservación del recurso hídrico	3	3	3
30		Prácticas de control de erosión hídrica	3	2	3
31	RESPUESTA	Cambio Tecnológico para el manejo del agua para riego	1	2	1
32		Gestión ambiental	1	1	1
33		Resolución de conflictos por uso del agua	5	5	5
34		Consolidación de la Junta de Aguas	5	5	5
35		Organización comunitaria para la gestión del agua	4	5	5

Vertiente La Virgen

Como se observa en la figura 2, los factores biofísicos y tecnológicos (correspondientes a los indicadores 1 a 8) presentan las mayores deficiencias para la sostenibilidad de la microcuenca, principalmente por la poca eficiencia de los sistemas de manejo del agua para riego y la escorrentía, estrategias deficientes para la adaptación ante amenazas hidro-climáticas y pocos cambios tecnológicos que se han realizado para el manejo del agua para riego.

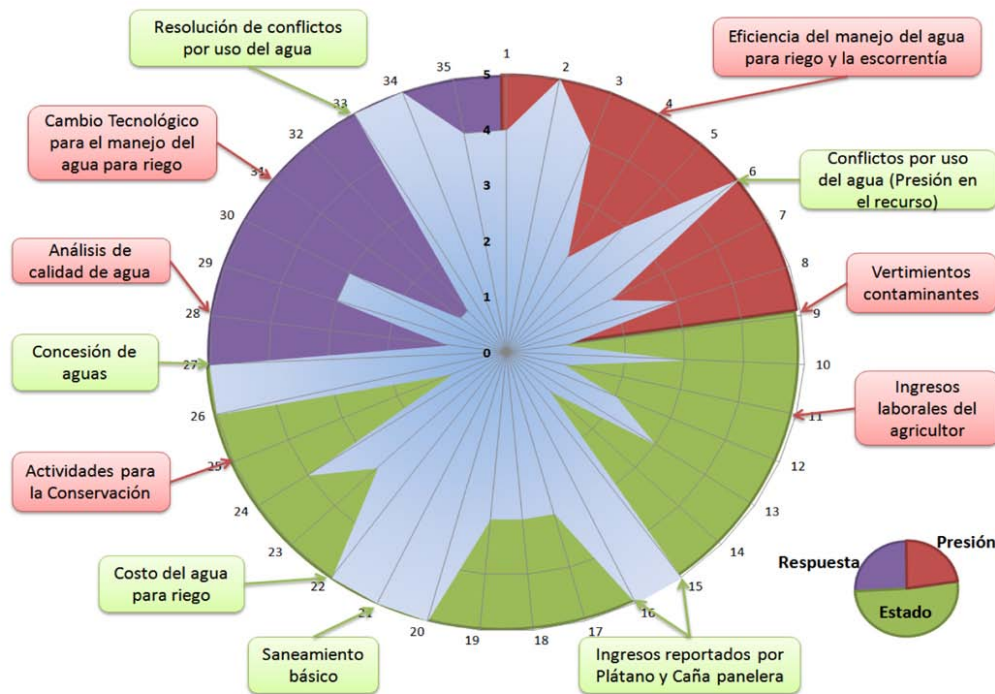


Figura 2. Rosa de los vientos del ISRHA en la vertiente La Virgen. Fuente: elaboración propia.

Área/Unidades	m ²	%	ISRHA
Área Total	31415,93	100	
Área Síntesis	19121,60	60,86	4

Así, como también consta en la tabla 1, el ISRHA es 4 y significa que, para el caso de la vertiente de La Virgen, el gráfico de la rosa de los vientos cubre entre el 60 y el 80% del área total del ISRHA, y que esta calificación corresponde a una alta sostenibilidad del recurso hídrico.

En cuanto a los factores socio-económicos, los aspectos a mejorar están relacionados con el sistema de cobro de agua y la disposición final de los residuos, temas relacionados directamente con la gestión ambiental integral de los recursos de la microcuenca, la cual es deficiente y genera problemas para la creación y aplicación de estrategias para la conservación del agua y el suelo. Por otro lado, existen otras variables que determinan la obtención de un mejor empleo y la obtención de mejores ingresos salariales, tales como el nivel educativo de los agricultores y el de su familia y los excedentes derivados de actividades netamente agrícolas, estas pueden mejorarse a través de políticas públicas ejecutadas por la administración municipal, enfocadas a satisfacer las necesidades básicas, aumentar el nivel de vida de los pobladores y lograr el desarrollo sostenible.

En contraste con lo anterior, existen elementos que aumentan la sostenibilidad del recurso, principalmente aquellos relacionados con la resolución de conflictos por el uso del agua y los ingresos reportados por el cultivo de plátano. Cabe destacar, que los agricultores ubicados en esta vertiente, pagan un cargo fijo mensual más el consumo de agua que realizan y han consolidado su junta de aguas, generando mayor sostenibilidad para la zona.

Otro punto importante a fortalecer hace referencia a los vertimientos contaminantes que

se descargan a las fuentes hídricas, que aunque no obtienen la más alta calificación, generan un aumento en la presión antropogénica sobre los recursos de la vertiente, en especial en el suelo, pues la mayoría de los agricultores no realiza un manejo adecuado de los residuos sólidos (procesos de compostaje y reciclaje sino que entierra las basuras o los lanza lejos de casa, constituyendo botaderos a cielo abierto).

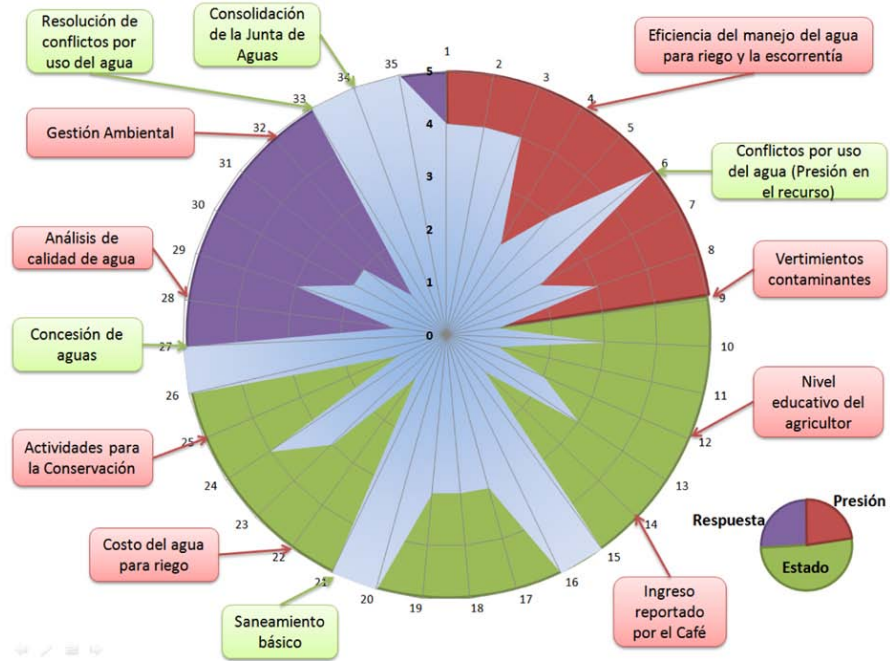
En cuanto al desarrollo de actividades para la conservación del recurso hídrico, es importante mejorar la participación de instancias públicas en la zona, puesto que, durante los dos últimos años, no se han desarrollado acciones con tal fin, en su defecto, ha sido la comunidad la que se ha organizado.

De acuerdo con lo anterior, el Índice de Sostenibilidad de Uso y Manejo del Recurso Hídrico en Sector Agrícola para la vertiente La Virgen esta en un 60,86%, obteniendo el valor más alto respecto a las otras vertientes, lo cual, se expresa en términos del ISRHA en un valoración de 4, que se interpreta como una alta sostenibilidad del manejo del recurso hídrico.

Vertiente Aguas Calientes

El diagnóstico correspondiente a la vertiente de Aguas Calientes muestra grandes fortalezas en cuanto a los factores biofísicos de la zona, los cuales deben ser potenciados y perpetuados en el tiempo, como son las buenas condiciones de la calidad de agua y la buena oferta hídrica para riego; no obstante, el factor tecnológico sigue presentando grandes deficiencias en la zona (ver: figura 3), debido a la poca tecnificación en aspectos como la cuantificación de requerimientos hídricos, determinación de la humedad de aplicación del riego y los sistemas de almacenamiento para agua de fertirrigación, además, en lo que respecta a la planificación del riego y registros del consumo del agua para riego, son muy pocos los agricultores que utilizan estas actividades para un adecuado uso del recurso hídrico.

Figura 3. Rosa de los vientos del ISRHA en la vertiente Aguas Calientes.
Fuente: elaboración propia.



Área/Unidades	m ²	%	ISRHA
Área Total	31415,93	100	
Área Síntesis	18330,12	58,34	3

En cuanto a los factores socio-económicos y político-institucionales, se presentan los mejores resultados en la vertiente, como es el caso de los pocos conflictos que ocurren por el uso del agua, los ingresos reportados por los cultivos de plátano y caña panelera, y las buenas condiciones del recurso

hídrico que evitan la propagación de enfermedades que podrían afectar el bienestar del agricultor y su familia. No obstante, en lo referente a los costos del agua para riego, la vertiente presenta valores negativos, puesto que, los agricultores pagan una baja cuota fija anual por el uso del recurso hídrico, lo que hace que se utilice mucho más agua de la medianamente demandada por las actividades agropecuarias y domésticas en zonas rurales, ocasionando desperdicio del recurso.

En cuanto a los temas político-institucionales que permiten una buena sostenibilidad del recurso hídrico en la vertiente son la participación activa en las juntas de aguas y en actividades de protección y conservación del agua, la participación de entidades externas como el Comité Departamental de Cafeteros y el cumplimiento de los requerimientos técnicos y de ley exigidos por la licencia ambiental (concesión de aguas). Cabe mencionar que en esta vertiente, la presencia de planes, políticas y proyectos de instancias públicas es mínima.

Vertiente La Centella

En términos generales, la situación global de la vertiente Centella es preocupante, pues aunque obtiene una calificación media en la escala del ISRHA, contiene puntos críticos que necesitan una urgente intervención, tal es el caso de los manejos para el agua de riego y para el agua de escurrentía y el cambio tecnológico de los sistemas de riego (ver figura 4), todos estos constituyen factores de vulnerabilidad ante el creciente cambio climático.

A pesar de que, en las visitas de campo, se percibieron indicios de la posibilidad de obtener cafés especiales, el ingreso reportado por este cultivo continúa siendo poco atractivo económicamente.

En esta vertiente también es preocupante el sistema de cobro de agua, dado que cada predio paga una baja cuota anual, independiente del consumo que se realice, lo que ha generado usos inadecuados tanto en actividades agropecuarias como en las domésticas en zonas rurales y alta presión sobre el recurso hídrico; esta situación se repite en la mayoría de los habitantes y con mayor intensidad en los que cultivan frijol, zapallo, habichuela y productos de huerta, ya que emplean la manguera como método de riego planta a planta acentuando el desperdicio de agua. En definitiva, bajas tarifas de agua pueden incentivar abusos en su consumo pero es claro que el alzar las tarifas por si solas no lograría un mejor manejo del recurso hídrico.

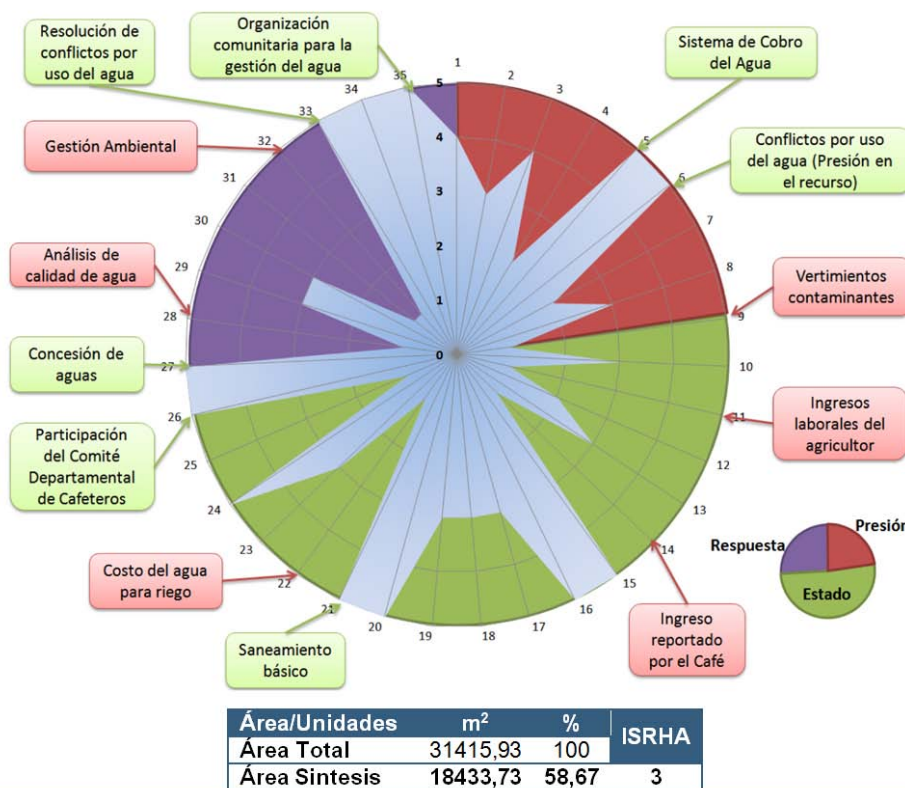


Figura 4. Rosa de los vientos del ISRHA en la vertiente La Centella. Fuente: elaboración propia.

No obstante, se presentan situaciones ideales que deben ser mantenidas, tales como la poca presencia de conflictos por el uso del agua, el ingreso devengado de actividades agrícolas con caña panelera y plátano es favorable, el buen control de enfermedades asociadas a la manipulación del agua y la consolidación y participación activa en la Junta de Aguas; pese a esto, es importante fomentar la participación de instituciones públicas y privadas en proyectos que permitan crear mecanismos y promuevan la economía y el desarrollo de la región.

En términos generales en cuanto a los indicadores de respuesta para las tres vertientes, en las figuras 2, 3 y 4, se observa un comportamiento similar, con valores críticos (indicadores del 28 al 32: análisis de la calidad del agua para riego, actividades de recuperación y conservación del recurso hídrico, prácticas de control de erosión hídrica, cambio tecnológico para el manejo del agua para riego) y gestión ambiental, lo que sugiere que los agricultores no perciben problemas ambientales, particularmente generados por el inadecuado manejo del recurso hídrico en la microcuenca La Centella.

No obstante, al analizar el comportamiento de los indicadores de respuesta 28 y 29 (análisis de la calidad del agua para riego; actividades de recuperación y conservación del recurso hídrico), se observa que en general los agricultores de las tres vertientes no perciben la necesidad de mejorar la calidad de agua para riego a través de tratamientos, pero presentan un creciente interés en garantizar que la oferta del recurso hídrico abastezca la demanda de la zona.

Del análisis del indicador 30 (Prácticas de control de erosión hídrica), se puede afirmar que en general los agricultores de las 3 vertientes perciben la susceptibilidad de la microcuenca a la degradación del suelo e implementan acciones para el control de la erosión del mismo como: siembra en curvas a nivel, dejar residuos vegetales de la cosecha sobre el suelo como cobertura, siembra de barreras vivas o uso de coberturas vivas.

Al analizar el indicador 32 (Gestión ambiental), también se observa una calificación baja similar para las 3 vertientes, donde en general los agricultores no perciben la importancia de mejorar el medio ambiente. No obstante, el 31,3% de los agricultores encuestados en Aguas Calientes, el 12,5 % en la Centella y el 11.4% en la Virgen si perciben la importancia de mejorar el medio ambiente y consideran el emprendimiento de acciones para la conservación del medio ambiente.

El indicador 35 (Organización comunitaria para la gestión del agua) también presenta un comportamiento similar en las 3 vertientes con una calificación entre 4 y 5. Se considera que la Junta de aguas, como institución coordinadora de la gestión del agua en la microcuenca, puede jugar un papel más activo y tratar de vincular a todos los agricultores para unificar esfuerzos. No obstante, las luchas de poder entre los agricultores de las diferentes vertientes, pueden retrasar el avance hacia una gestión sostenible y equitativa del recurso hídrico.

En cuanto al aspecto socioeconómico, la población posee bajo nivel de escolaridad, la mayoría de los agricultores solo ha estudiado hasta quinto de primaria y no hay facilidad para acceder a alternativas educativas técnicas o tecnológicas como las ofrecidas por el SENA. Un punto crítico a mejorar son los ingresos laborales del agricultor, potenciando actividades agrícolas productivas que tienen que ver con los cultivos de café y plátano; la mayoría de los encuestados no recibe más de un salario mínimo mensual vigente, esto reduce significativamente su poder adquisitivo y su conjunto de bienes y servicios alcanzable, reduce su excedente de consumidor y perjudica en gran medida la adquisición de herramientas y métodos que permitan la ejecución de Buenas Prácticas Agrícolas. Al igual que en las otras dos vertientes, hay poca presencia de planes, políticas y proyectos de instancias públicas.

6. CONCLUSIONES

Los índices son herramientas creadas para obtener un diagnóstico o mirada sintética de la realidad; y en esta medida, el ISRHA ha mostrado una representación sintética de lo que acontece en la microcuenca La Centella (Dagua, Valle del Cauca). El análisis por vertiente deja notar puntos críticos que necesitan ser revertidos de manera conjunta e inmediata, en donde la participación de instituciones públicas y privadas en conjunto con la comunidad son clave para alcanzar la sostenibilidad del recurso hídrico en los sistemas productivos agrícolas de la región.

A pesar de que el ISRHA desarrollado en la presente investigación constituye un importante

instrumento para el análisis y la toma de decisiones, es indispensable continuar trabajando en la creación de nuevas herramientas que no sólo contemplen el recurso hídrico, sino que evalúe la sostenibilidad de los sistemas productivos con mirada más amplia e involucre otros aspectos como la biodiversidad y la adaptación al cambio climático.

El modelo PER resultó ser una herramienta adecuada y confiable para la construcción y aplicación del ISRHA y poder evaluar la sostenibilidad del recurso hídrico en sistemas productivos agrícolas; sin embargo, el análisis de una gran cantidad de indicadores y de criterios de evaluación de cada indicador resultó dispendiosa.

Con la aplicación y evaluación del ISRHA en la microcuenca se pueden diseñar estrategias de sostenibilidad entorno al Recurso Hídrico en cada una de las vertientes de análisis, con el objetivo de mitigar los desequilibrios ambientales presentes, la pérdida de la calidad y cantidad de agua, el manejo inadecuado del sistema productivo y de riego, la degradación de los suelos, conflictos sociales, déficit de política pública que promueva el desarrollo de las zonas rurales, entre otras; lo cual hace necesario plantear nuevas acciones hacia el desarrollo sostenible y competitivo de la microcuenca.

BIBLIOGRAFÍA

- Astier, M. & Masera, O., 1997. Documento de trabajo 17. Metodología para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sostenibilidad (MESMIS). México: Grupo interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada.
- Castro, M., 2002. Indicadores de Desarrollo Sostenible Urbano. Una aplicación para Andalucía. [En línea]. Doctorado en Economía, Departamento de Economía Aplicada, Estadística y Econometría, Universidad de Málaga, Málaga, marzo 15 2011. Disponible en Internet: <http://www.eumed.net/tesis/jmc/index.htm>.
- Chirino, E., Abad, J. & Bellot, 2008. Uso de indicadores de Presión-Estado-Respuesta en el diagnóstico de la comarca de la Marina Baixa, Ecosistemas, 17 (1), 107-114.
- Escobar, L., 2004. Construcción de Índices de Calidad Ambiental Urbana: Un modelo general y aplicación para Cali, Colombia. Trabajo de Investigación titulado Universidad de Alcalá, España.
- Grupo de Investigación en Ingeniería de Recursos Hídricos y Suelos, IREHISA, 2009. Modelo conceptual ISRHA- Índice de sostenibilidad del manejo del recurso hídrico en el sector agrícola. Colombia: W. Loaiza & M. P. Fajardo.
- Grupo IREHISA, Corporación BIOTEC & Universidad San Buenaventura, USB, 2008. Diseño y desarrollo de un sistema productivo sostenible en el marco del Plan Bioregión 2019: Caso modelo en la microcuenca La Centella en el municipio de Dagua. Colombia: Grupo IREHISA, Corporación BIOTEC & USB.
- Instituto Nacional de Ecología, INE, 1997. Avances en el desarrollo de indicadores para la evaluación del desempeño ambiental en México. [En línea]. INE, México, mayo 23 2011. Disponible en Internet: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/126/marco.html>
- Loaiza, W. & Carvajal, Y., 2011. Estrategias para el desarrollo sostenible y la competitividad del Valle del Cauca: el caso Bioregión 2019 y el modelo agroecológico en la microcuenca Centella (municipio de Dagua), unpublished.
- Masera, O., Astier, M. & López-Ridaura, S., 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS, 1a ed., 1-110.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE/OECD, 1993. OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews, Environment Monographs, N° 83, 1-39.
- Pérez, M., 2003. Marco conceptual y metodológico para la construcción de indicadores ambientales. Nicaragua: Sistema Nacional de Información Ambiental, SINIA, 14p.
- Reyes, A., 2007. 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.

Segnestam, L., 2002. Indicators of environment and sustainable development: Theories and practical experience. Environmental Economics Series. Paper N° 89. The World Bank Environment Department