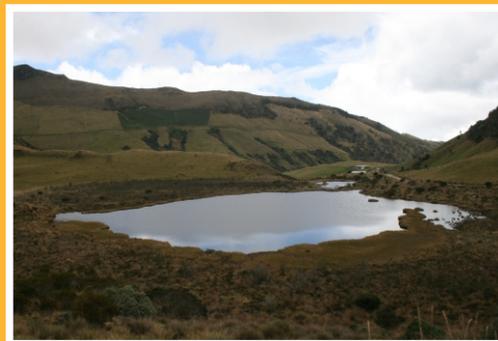


DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES DE LA LÍNEA BASE AMBIENTAL DE CALDAS



Germán A. Osorio-Zuluaga
Néstor Darío Duque Méndez
Editores



DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES DE LA LÍNEA BASE AMBIENTAL DE CALDAS

Definición de los Indicadores de la Línea Base Ambiental de Caldas

Germán A. Osorio-Zuluaga
Néstor Darío Duque Méndez
Editores



Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Indicadores de la línea base ambiental de Caldas /editores Germán A.

Osorio-Zuluaga, Néstor Darío Duque Méndez. -- Manizales : Universidad Nacional de Colombia.

Sede Manizales. Instituto de Estudios Ambientales – IDEA, 2014

X, 117 páginas : ilustraciones, 24 cm

Incluye bibliografía

ISBN 978-958-761-998-0

1. Conservación del medio ambiente – Investigaciones –Caldas – Colombia 2. Gestión ambiental – Investigaciones – Caldas – Colombia 3. Protección del medio ambiente –Investigaciones – Caldas – Colombia. Editores I. Osorio-Zuluaga, Germán A. II. Duque Méndez, Néstor Darío, III. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Facultad de Administración

333.7286135/D313d CDD 23 edición

© Universidad Nacional de Colombia

Sede Manizales

Instituto de Estudios Ambientales IDEA

© Corporación Autónoma Regional de Caldas

CORPOCALDAS

© Germán A. Osorio-Zuluaga

Néstor Darío Duque Méndez

Editores

© Autores varios

Definición de los Indicadores de la Línea Base Ambiental de Caldas

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad Nacional de Colombia y CORPOCALDAS, ni genera responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos contenidos en la obra, así como por la eventual información sensible publicada en ella.

Este libro o parte de él, no puede ser reproducido por ningún medio sin autorización escrita de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales y de CORPOCALDAS.

Esta publicación es un producto del proyecto de extensión "Estructuración de la Línea Base Ambiental de Caldas (contrato 158-2011), llevado a cabo por la Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales, para la Corporación Autónoma Regional de Caldas CORPOCALDAS.

Fotografías de la portada:
CORPOCALDAS

Diseño de carátula:
Jorge Rojas González

Primera edición, 2014
Impreso y hecho en Manizales, Colombia

Equipo técnico

Corporación Regional Autónoma de Caldas – CORPOCALDAS
Raúl Jiménez García - Director General

Subdirección de Planeación y Sistemas

Wilford Rincón Arango
Luz Adriana Ramírez López
Victoria Eugenia Puerta González
Diego Ricardo Ibarra Rodríguez
Lina Marcela Quintero Velásquez

Subdirección de Recursos Naturales

Mariela Londoño Silva
Hugo León Rendón Mejía
John James Muñoz Betancurth
Jony Albeiro Arias Ortegón
Carlos Julio Castillo Ríos
Dorancé Rincón Poveda
Paola Alejandra Vásquez Cardona
José Albeiro Gómez Chica
Oscar Alberto Cardona Aguirre.
Juan Carlos Bastidas Tulcán
Mauricio Velasco García
John Freddy Salas Marín
Fernando Ramírez Correa
Oscar Ospina Herrera
Cesar Alberto Ortiz Andrade
Álvaro Ilian Cardona Cifuentes
Martha Cecilia Escobar Muñoz
Mauricio Saavedra Sánchez

Sigma Ingeniería S.A.

Natalia Arroyave Ocampo
Diana Milena Alzate García

Universidad Nacional de Colombia

Germán Augusto Osorio Zuluaga
Néstor Darío Duque Méndez
Carla Fernanda Rojas Ríos
Carolina Sánchez Ramírez

Tema Biodiversidad

José Humberto Gallego A.
Cesar Augusto Duque
Daniel Moreno López
John Harold Castaño Salazar
Héctor Fabio Arias
Ángela C. Sucerquia G.
Yenny Andrea Valencia B.
Fabián G. Gaviria
Cristian Camilo Gaviria G.
Camilo Llano
Juan Carlos Obando
José Luis Benavides L.
Oscar J. Betancourt G.

Tema Ecosistemas Estratégicos

Germán E. Márquez Calle

Tema Aire y Clima

Beatriz Helena Aristizábal Zuluaga
Jorge Julián Vélez Upegui
Carlos Mario González Duque
Johana de la Paz Cortés Araújo

Tema Agua

Fernando Mejía Fernández
Joan Nathalie Suárez Hincapié
Jorge Julián Vélez Upegui
Marinela del Carmen Valencia Giraldo
John Alexander Pachón Gómez
Víctor Mauricio Aristizábal Murillo

Tema Suelo y Subsuelo

Carlos Alberto Escobar Chalarca
Leonel Russell Martínez Cervera
Johanna Ximena Escobar Castaño
Henry González González

Tema Uso los de Recursos

Henry González González
July Maritza Patiño Tirado
Amparo Giraldo
José Fernando Jiménez O.
Natalia Restrepo

Índice general

Prólogo	V
Introducción	IX
1. Línea Base Ambiental de Caldas: metodología y protocolos	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	2
1.2.1. Algunos conceptos sobre indicadores ambientales	2
1.2.2. Enfoque ecosistémico para la construcción de indicadores	3
1.2.3. Los indicadores en la gestión ambiental	3
1.3. Definición de los indicadores de la Línea Base Ambiental de Caldas	4
1.3.1. Premisas en la construcción de los indicadores	4
1.3.2. Marco ordenador para la construcción de los indicadores	5
1.3.3. Hoja metodológica para cada indicador	5
1.4. Conclusiones	9
Referencias bibliográficas	9
2. Línea Base Ambiental de Caldas: indicadores para ecosistemas estratégicos	11
2.1. Ecosistemas y sus funciones	11
2.2. Bienes y servicios de los ecosistemas	11
2.3. Ecosistemas estratégicos	13
2.4. Ecosistemas de Caldas	13
2.5. Ecosistemas e indicadores	15

2.5.1.	Índice de Vegetación Remanente IVR	15
2.5.1.1.	Aplicaciones del IVR o indicadores similares	16
2.5.1.2.	IVR en Colombia y en Caldas	17
2.6.	Otros indicadores basados en la cobertura de Vegetación Natural Remanente	18
2.6.1.	Pérdida total de hábitat	19
2.6.2.	Bloques de hábitat	19
2.6.3.	Grado de fragmentación	19
2.6.4.	Conversión de hábitat	20
2.6.5.	Grado de protección	20
2.7.	Unidades de análisis	20
2.7.1.	Unidades generales	20
2.7.2.	Estructura Ecológica	21
2.7.3.	Estructura Ecológica de Soporte EES	21
2.7.3.1.	Elementos que conforman la EES	22
2.8.	Hoja Metodológica Índice de Vegetación Remanente - IVR	22
2.9.	Conclusiones	26
	Referencias bibliográficas	27
	Bibliografía general consultada	28
3.	Línea Base Ambiental de Caldas: indicadores de biodiversidad	31
3.1.	El patrimonio biológico	31
3.2.	Caldas: territorio de biodiversidad	34
3.3.	Selección de Indicadores	38
3.4.	Conclusión	40
	Referencias bibliográficas	40
4.	Línea Base Ambiental de Caldas: indicadores de agua	43
4.1.	Aspectos generales	43
4.2.	Contexto nacional	46
4.3.	Contexto para Caldas	47
4.4.	Indicadores de agua propuestos para la Línea Base Ambiental de Caldas	48
4.5.	Indicadores ambientales para Caldas	49
4.6.	Conclusiones	54
	Referencias bibliográficas	55
	Bibliografía general consultada	56

5. Línea Base Ambiental de Caldas: indicadores de aire y clima	57
5.1. Aspectos generales sobre el tema clima y aire	57
5.1.1. Atmósfera	57
5.1.2. Clima	58
5.2. Antecedentes sobre el seguimiento de indicadores en Caldas	59
5.3. Metodología de trabajo para la elección de indicadores	63
5.4. Análisis de indicadores definidos	63
5.5. Conclusiones	66
Referencias bibliográficas	67
Bibliografía general consultada	68
6. Línea Base Ambiental de Caldas: indicadores de suelo y subsuelo	69
6.1. Introducción	69
6.2. Conceptos integrales y holísticos del suelo	70
6.2.1. Definición de suelo	70
6.2.2. Factores formadores del suelo	71
6.2.3. Perfil del suelo	72
6.2.4. Formación y evolución del suelo	73
6.2.5. Objetivos de un sistema de clasificación de suelos	73
6.3. El mapa de suelos	74
6.3.1. La escala del mapa de suelos	74
6.3.2. Las unidades cartográficas o de mapeo	74
6.3.3. Las unidades taxonómicas	75
6.4. Calidad y salud del suelo	75
6.5. Indicadores de calidad y salud del suelo	75
6.5.1. Indicadores de propiedades físicas del suelo	76
6.5.2. Indicadores de propiedades químicas del suelo	76
6.5.3. Indicadores de propiedades biológicas del Suelo	77
6.5.4. Indicadores de sustentabilidad del suelo	78
6.5.5. Indicadores de sostenibilidad para diversas ecorregiones	78
6.6. Propuesta de indicadores de calidad y salud del suelo para el departamento de Caldas	79
6.7. Conclusiones	80
6.8. Recomendaciones	81
Referencias bibliográficas	82

7. Línea Base Ambiental de Caldas: indicadores de uso de los recursos	85
7.1. Introducción	85
7.2. Contexto nacional	86
7.3. Contexto regional	87
7.4. Indicadores para la línea base – componente uso de los recursos	89
7.4.1. Demanda y consumo de agua	89
7.4.2. Residuos	90
7.4.3. Energía eléctrica	91
7.5. Indicadores propuestos para el tema uso de los recursos	91
7.6. Análisis y conclusiones generales	91
Referencias bibliográficas	93
Bibliografía general consultada	94

A partir de la realización de la conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro 1992) y la aprobación de la Agenda XXI, numerosos países asumieron el compromiso de generar indicadores ambientales para hacer seguimiento al proceso de desarrollo, con el objetivo de verificar los avances en términos de desarrollo sostenible. En este marco, el gobierno Colombiano se dio a la tarea de estructurar el Sistema de Información Ambiental para el país, que se define como “el conjunto integrado de elementos conceptuales, procesos, orientaciones, normas y tecnologías de información que articulan la información ambiental generada y manejada por las diferentes entidades en los ámbitos nacional, regional y local; que permiten enriquecer el conocimiento sobre el medio natural y la gestión ambiental desarrollada en el país, y que contribuyan a la orientación de la toma de decisiones y la participación social”¹.

El Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) constituye una herramienta para garantizar:

- 1. Generar información ambiental oportuna y adecuada sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales;*
- 2. Precisar las presiones antrópicas ejercidas sobre el medio biofísico y,*
- 3. Servir al seguimiento y evaluación de la gestión desarrollada por las entidades del Sistema Nacional Ambiental (SINA) con el fin de contribuir a la definición y ajuste de políticas y la toma de decisiones en un marco participativo y de control ciudadano.*

Con el propósito de mejorar el conocimiento y la gestión de la información ambiental del departamento de Caldas, la Corporación Autónoma Regional de Caldas – CORPOCALDAS, elaboró un plan estratégico para fortalecer los sistemas de información institucionales, que incorpora cuatro ejes estructurantes: un repositorio central de la información, la automatización y

¹Sistema de Información Ambiental para Colombia. Propuesta de Trabajo para su Desarrollo. República de Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Dirección de Planeación, Información y Coordinación Regional. Bogotá, D.C., junio de 2003.

sistematización de los procedimientos ambientales, la implementación del sistema de gestión integrado y la conformación de la línea base ambiental del departamento de Caldas

El proyecto de estructuración de la línea base ambiental del departamento de Caldas, liderado por CORPOCALDAS, se entiende como la información básica para la caracterización del estado actual (uso-presión) en términos de cantidad, disponibilidad y calidad de los recursos naturales y del medio ambiente que permita, como punto de referencia, realizar las comparaciones y el seguimiento de los diferentes momentos de lugar y tiempo.

La Línea Base depende de la información regular y permanente que se produzca a través de indicadores ambientales estructurados, definidos y concertados que permitan una estandarización de la información, haciendo posible:

- *Atender y conocer en forma permanente el estado y la condición de los recursos naturales y del medio ambiente*
- *Hacer seguimiento a la gestión ambiental realizada por la Corporación y por otros actores del territorio*
- *Generar conocimiento sobre diferentes aspectos ambientales del territorio*
- *Fortalecer una nueva cultura de la gestión de la información ambiental donde se cuente con personas autónomas, con información precisa y confiable para su óptimo desempeño, procesos integrados que permitan la interacción, colaboración e integración entre las personas y los procesos de la Corporación.*

Entre los objetivos que se visualizan con el proyecto, se resaltan:

- ***Estandarizar métodos y procedimientos*** que apoyen la Gestión Institucional en materia ambiental y conlleven al cumplimiento de las normas que sobre seguimiento al estado de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente debe adelantar CORPOCALDAS; así mismo reconocer la importancia del control y seguimiento con base en indicadores de oferta, demanda e impacto por la actividad antrópica.
- ***Inventariar, diagnosticar, validar y centralizar la información*** bajo el modelo de base de datos corporativo, lo que se traduce en contar con información estandarizada y homologada en un sistema de información disponible para usuarios y tomadores de decisiones.
- ***Proteger la información***, con un plan adecuado para salvaguardarla, evitando la pérdida parcial o total de la misma.
- ***Garantizar una Línea Base Ambiental actualizada*** para proponer e implementar estrategias, acciones y mecanismos necesarios para el suministro permanente de la información.
- ***Proponer indicadores*** que muestren los cambios tanto a nivel espacial como temporal que se producen en los Recursos Naturales y el Medio Ambiente, partiendo de su estado natural hasta los impactos que sobre ellos ejercen las actividades antrópicas, además de reflejar el resultado de la gestión sobre los mismos.

CORPOCALDAS, en sus cuarenta años de historia posee un acervo de conocimientos e información que sirve de insumo para consolidar la línea base del departamento y construir con actores locales estrategias que mejoren la protección y manejo sostenible de los recursos naturales en el territorio. En este sentido para la ejecución del proyecto, se estableció una alianza interinstitucional entre CORPOCALDAS y la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, de la cual se genera el presente documento de trabajo, que para los propósitos del proyecto constituye un importante marco de referencia para proponer y elaborar indicadores ambientales en los componentes de biodiversidad, ecosistemas, agua, aire y clima, suelo y subsuelo, y el uso de recursos naturales en el departamento de Caldas; tal y como se describe en los seis capítulos que lo conforman.

La base de indicadores ambientales incorporados en esta publicación constituye uno de los eslabones necesarios para consolidar el sistema de información ambiental de Caldas, el cual debe avanzar hacia la unificación conceptual y metodológica para la generación, actualización, validación y control de la calidad de la información e intercambio de la misma, garantizando el acceso a ella y promoviendo su uso en los procesos de toma de decisiones por parte de las entidades públicas y privadas y la sociedad civil.

El avance en la posibilidad de integrar y analizar información permite determinar situaciones actuales y generar escenarios de futuro como mecanismo de herramientas de planificación. La valoración y evaluación a través de indicadores, admite análisis cuantitativos que hacen posible interpretar y calificar situaciones determinadas, además, el seguimiento permite determinar alertas tempranas para tomar acciones preventivas y correctivas que se traducen en menores impactos y mayor eficiencia.

El presente libro denominado, "Definición de los Indicadores de la Línea Base Ambiental de Caldas", da cuenta de la producción conceptual de profesionales de ambas instituciones y de un grupo de expertos convocados por la Universidad Nacional, que han puesto todo su conocimiento y capacidad de trabajo para sacar un producto de calidad, que estamos seguros, tendrá una amplia acogida por instituciones y personas interesadas en los temas de la gestión del conocimiento y la información ambiental en el departamento de Caldas, en la región y en el país.

Se espera que el contenido aquí expuesto permita a los planificadores, expertos, técnicos, tomadores de decisiones, comunidad académica y diferentes grupos de interés del departamento, elaborar y proponer indicadores ambientales, que fortalezcan los procesos de seguimiento, monitoreo y evaluación de la gestión ambiental de la región y, retroalimentar el sistema de indicadores medioambientales del país.

Aprovecho la oportunidad para agradecer la colaboración brindada por el IDEAM y el Instituto Alexander von Humboldt, instituciones que tienen a su cargo la tarea de apoyar el establecimiento del Sistema de Información Ambiental para Colombia, en coordinación con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Wilford Rincón Arango
Subdirector Planeación y Sistemas CORPOCALDAS

Introducción

En los diferentes procesos de CORPOCALDAS se recopila y se genera gran cantidad de información de variadas características y escalas, que permite obtener el conocimiento necesario para abordar el proceso de estructuración de la línea base. En consecuencia, se hace necesario que la información mínima y pertinente para la construcción de la línea base, esté disponible y sea accesible a los diferentes actores. Esta labor se está llevando a cabo desde el año 2010 y se inició con la compilación de información desde el año 2004, a fin de darle trazabilidad a la información producida en los dos últimos planes de acción. Entre esta documentación se encuentran diagnósticos, caracterizaciones, cartografía, planes de manejo ambiental y estudios correspondientes a los recursos de: agua, aire, biodiversidad, ecosistemas estratégicos, suelo, amenazas, riesgos y minería.

La Línea Base incorpora una gran cantidad de aspectos que tienen en cuenta, además de los datos contruidos a partir de indicadores, otros aspectos de contexto tales como: análisis multi-temporales, información de puntos de partida, indicadores de impacto y gestión, procesos relacionados, información existente y material disponible, bancos de registros de datos, contenidos de los planes de acción y los planes de gestión de CORPOCALDAS, documentos de política y planes de gobierno, metodologías existentes relacionadas, conocimiento actual de las diferentes variables, aspectos relacionados con territorio y demografía, inventarios de estudios existentes, descriptores cualitativos y cuantitativos y escalas de niveles de resolución de la información.

No es nuevo el uso de indicadores en los temas ambientales y actualmente su aplicación se ha generalizado, debido a la necesidad de conocer y monitorear las diferentes y múltiples variables en las situaciones ambientales. La dinámica y relación compleja de estas características sigue siendo un tema de estudio abierto, que se espera sea promisorio, pues gran parte de la definición de las políticas, las acciones estatales y privadas, y consecuentemente, la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental van a depender de esto.

Pero la utilidad de los indicadores no radica en el indicador mismo sino en su aprovechamiento como medida de los constituyentes dinámicos que representan transiciones importantes en el tiempo, reflejando la afectación que factores naturales o antrópicos generan en los recursos naturales y en el medio ambiente en general.

La construcción de los indicadores para la Línea Base Ambiental de Caldas se ha enfocado a este propósito: proporcionar datos, información y conocimiento sobre los diferentes temas ambientales, que permitan trazar planes, definir políticas y direccionar acciones donde participe toda la sociedad, orientadas a recuperar o mantener en el rango de condiciones favorables las variables que conforman dichos indicadores.

La definición de los indicadores de la Línea Base Ambiental de Caldas debe ayudar a brindar información consolidada, confiable, disponible, al mejoramiento en la toma de decisiones, mejor planeación del territorio y prospectiva y análisis de la información. Así mismo debe garantizar y propiciar escenarios que, teniendo en cuenta tiempo y espacio, permitan a la sociedad conocer y entender las dinámicas de la calidad y cantidad de recursos naturales, de los efectos de las acciones y de la eficacia de las acciones de respuesta para contrarrestar factores negativos en estas tendencias.

En este sentido, este libro recoge la experiencia vivida en esta primera etapa del establecimiento de la Línea Base Ambiental de Caldas como es la definición de sus indicadores. Este no es un proceso acabado, ya que como se mencionó anteriormente, es dinámico y a medida en que se empieza a trabajar con los indicadores, se presente nueva información o se expida nueva legislación de los entes nacionales que lo regulan, deberán revisarse y actualizarse.

Los temas tratados en este libro, están organizados en siete capítulos: en el primero, se presenta la metodología y protocolo del proceso llevado a cabo para llegar a los indicadores de la Línea Base en cada uno de los temas y se propone la hoja metodológica que deben llevar; en el segundo, se aborda el tema de ecosistemas estratégicos y se presenta la hoja metodológica completa del indicador IVR (Índice de Vegetación Remanente); en los siguientes capítulos se presentan los temas de biodiversidad, agua, aire y clima, suelo y subsuelo, y uso de recursos. Las hojas metodológicas de estas temáticas no se incluyen en el texto. Van en un disco compacto anexo.

Línea Base Ambiental de Caldas: metodología y protocolos

NÉSTOR DARÍO DUQUE MÉNDEZ GERMÁN AUGUSTO OSORIO ZULUAGA
CARLA FERNANDA ROJAS RÍOS

Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

1.1. Introducción

Desde el siglo pasado Colombia ha utilizado indicadores económicos, sociales y demográficos para conocer su realidad, pero solo a partir de 1973 con la expedición de la Ley 23 de ese año, se dictan los principios fundamentales sobre la prevención y el control de la contaminación del suelo, el agua y el aire y se otorgan facultades al Presidente de la República para expedir el Código de los Recursos Naturales (Decreto ley 2811 de 1974). Con este código nacional se reafirma que el ambiente es patrimonio común, el estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, adicionalmente se regula el manejo de los recursos naturales, se habla de la defensa del ambiente y de los elementos que lo componen. Ya en esa década a nivel mundial, los países se ven en la necesidad de aplicar en los temas ambientales, indicadores que den a conocer de manera sistemática la oferta natural y hagan seguimiento a diferentes fenómenos relacionados con la problemática ambiental suscitada como consecuencia de la relación sociedad-naturaleza (SINCHI, 2003).

En el año 2002, el Ministerio de Medio Ambiente junto a varios institutos de investigación ambientales realizaron la consolidación de un sistema de indicadores a través de ejercicios interinstitucionales que dieron como resultado la *Primera Generación de Indicadores de la Línea Base de la Información Ambiental de Colombia*; en este documento se estructuró una línea base sobre el estado de los recursos ambientales y la gestión ambiental, cuyo contenido abordaba

temas como: agua, atmósfera, clima, biodiversidad, bosques y usos de la tierra, tierras y suelos, amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos naturales y antrópicos, generación y manejo de residuos sólidos, sostenibilidad de procesos antrópicos, población y capítulos regionales para Amazonia y Pacífico.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Algunos conceptos sobre indicadores ambientales

Para el Ministerio de Medio Ambiente (2002) los indicadores ambientales han sido definidos como la expresión de una variable o relaciones simples o complejas entre variables y puede tener un carácter cuantitativo o cualitativo. Se utilizan indicadores cualitativos cuando no es posible acceder a información cuantitativa porque no está disponible, el costo de generarla es alto o el fenómeno no es posible cuantificarlo.

Según Quiroga (2001, citado por SINCHI 2003:32), “un indicador es más que una estadística, es una variable que en función del valor que asume en determinado momento, despliega significados que no son aparentes inmediatamente, y que los usuarios decodificarán más allá de lo que muestran directamente, porque existe un constructor cultural y de significado social que se asocia al mismo”.

La Organisation for Economic Co-Operation and Development OCDE (1993) en forma muy general plantea que “un indicador puede ser definido como un parámetro o un valor derivado de parámetros, lo que proporciona información acerca de un fenómeno. Los indicadores son desarrollados para un propósito específico”.

En el documento citado, la OCDE le asigna a los indicadores dos funciones principales:

1. Reducir el número de mediciones y parámetros que normalmente se requieren para dar una "exacta" presentación de una situación. El tamaño y el contenido de los mismos es un factor clave en el diseño, para evitar confusiones por exceso o insuficiencia por defecto.
2. Simplificar y adaptar a las necesidades de los usuarios los resultados de las medidas.

Según los propósitos, la OCDE define criterios generales para la selección de indicadores. Tres criterios básicos han sido utilizados en sus trabajos:

1. **La relevancia política y utilidad para los usuarios:** Un indicador ambiental debe representar las condiciones y acciones ambientales actuales y ser sensible a los procesos asociados en el tiempo; debe ser simple e interpretable, permitiendo comparaciones a diferente escala. Un factor importante para el análisis son los valores de referencia para su confrontación.
2. **La solidez analítica:** Un indicador ambiental debe tener sustento teórico, técnico y científico, respetando normas y estándares aceptados. Estas características le permiten interactuar con otros modelos y sistemas en el ámbito de aplicación.

3. **Capacidad de medición:** El valor de los indicadores está asociado a la posibilidad de que sea posible su cálculo tanto por la disponibilidad de los datos como por el costo asociado a su gestión en el tiempo.

Por otro lado, Winograd (1995) plantea que la definición, construcción y uso de indicadores permite:

- Conectar los datos estadísticos ambientales e información relacionada, con la gestión ambiental en su integralidad.
- Integrar conjuntos de datos en una base cartográfica para apoyar el proceso de toma de decisiones.
- Identificar vacíos o duplicación de información.
- Mejorar y facilitar el intercambio y la calidad de la información.
- Comunicar a los diferentes usuarios, la información requerida para la toma de decisiones.

1.2.2. Enfoque ecosistémico para la construcción de indicadores

La Teoría General de Sistemas permite el análisis de los fenómenos y situaciones como un complejo de elementos interactuantes (Bertalanffy, 1994), siendo necesariamente subjetivo ya que es construido por personas que son una parte integral del mismo. Proporciona, además, una visión dinámica, de sistemas en constante evolución, con grados de predictibilidad y de incertidumbre. Esta dinámica conlleva cambios suaves o abruptos (Klir, 1980).

Este enfoque sobre la estructura, procesos, funciones e interacciones, es consistente con la definición de ecosistema como un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y microorganismos y su ambiente abiótico, interactuando como una unidad funcional (SINCHI, 2003).

Consistente con estas apreciaciones, la construcción de los indicadores, el abordaje metodológico y la definición de protocolos para su población y actualización debe reconocer las fronteras que limitan el sistema bajo análisis y las relaciones con el exterior. Pero además hay que aceptar a Boyle que expresa que “los procesos ecosistémicos son frecuentemente no-lineales y las salidas de tales procesos pueden presentar vacíos temporales. El resultado son discontinuidades que conducen a incertidumbres y procesos repentinos, por lo que el manejo debe ser adaptativo, con el fin de posibilitar respuestas a tales incertidumbres, contando con elementos de auto-aprendizaje o retroalimentación” (Boyle, 1998, citado por SINCHI, 2003).

1.2.3. Los indicadores en la gestión ambiental

La gestión ambiental ha pasado de ser simplemente acciones humanas para el aprovechamiento del medio externo, a incorporar al hombre como parte del sistema y reconocer que sus comportamientos son un factor clave en la afectación del mismo. En esa visión integral, se requiere establecer mecanismos para medir los efectos ambientales o impactos de los fenómenos ocurridos y de las acciones antrópicas desarrolladas, monitoreando diversas variables e intentando predecir su estado futuro.

El monitoreo también puede realizarse por interés científico y para entender el comportamiento y la función de los ecosistemas, cuya información puede ayudar a anticipar y cuantificar los cambios, puede identificar o diagnosticar el problema y sus fuentes. El monitoreo de la salud integral de los ecosistemas (incluyendo aquellos dominados por el hombre, tales como las ciudades) nos proporciona una idea del bienestar general del sistema y de su capacidad para manejar las tensiones.

Sin embargo, cualquiera que sea la razón, el objetivo último del monitoreo es la medición del avance hacia unas metas de la sociedad. Nos indica si estamos en la ruta adecuada y qué tan rápido nos movemos en una dirección positiva (SINCHI, 2003).

1.3. Definición de los indicadores de la Línea Base Ambiental de Caldas

1.3.1. Premisas en la construcción de los indicadores

Acorde con la discusión presentada anteriormente y basados en consensos obtenidos y sustentados en otros trabajos desarrollados (SINCHI, 2003) (MAVDT, 2002), para la definición de indicadores y para su desarrollo se determinó que un indicador propuesto debe:

- Ser simple.
- Apuntar a situaciones claves en el contexto regional.
- Ser sensitivo a cambios en las condiciones de interés.
- Ser consistente y comparable en todo tiempo y espacio.
- No afectarse por un cambio menor en la metodología o escala usada para su construcción.
- Tener credibilidad científica y recoger normas y consenso internacional acerca de su validez.
- Ser fácilmente entendible.
- Estar basado sobre datos de conocimiento y calidad aceptable.
- Ser fácilmente evaluable.
- Permitir su medida o cálculo en el tiempo.

La construcción de los indicadores de la Línea Base Ambiental de Caldas se estructuró a partir de la organización de grupos de expertos en mesas de consenso con la participación de expertos locales y nacionales para los diferentes temas ambientales así: ecosistemas estratégicos, biodiversidad, agua, clima y aire, suelo subsuelo y uso de los recursos.

La implementación de la metodología de las mesas de consenso ha sido utilizada en diferentes proyectos regionales por el Instituto de Estudios Ambientales IDEA, metodología que ha permitido que actores diferentes a la academia hagan parte de las discusiones de los temas propuestos. A través de estos encuentros y de las mesas de consenso, se aborda el análisis y la discusión sobre los indicadores que promueven la evaluación y el monitoreo de los diferentes temas ambientales del departamento de Caldas.

1.3.2. Marco ordenador para la construcción de los indicadores

El marco ordenador para la construcción de estos indicadores se basó en el modelo de presión-estado-respuesta (PER) (OECD, 1993). Este modelo tiene como ventaja que identifica las condiciones de los recursos naturales, las actividades antrópicas que ejercen las acciones humanas sobre estos recursos, cambiando la calidad y la cantidad de los mismos y la respuesta que da la sociedad a través de políticas ambientales, económicas generales y sectoriales.

Este modelo define tres tipos de indicadores: de presión, de estado y de respuesta (OECD, 1993):

1. *Los indicadores de presión describen las presiones que las actividades humanas ejercen sobre el medio ambiente, incluyendo las presiones inmediatas o directas (emisiones, consumo, etc.) y los indicadores de presiones indirectas (reflejan las actividades humanas que conducen a presiones al medio ambiente).*
2. *Los indicadores de estado reflejan las condiciones ambientales, se refieren a la calidad y cantidad de los recursos naturales y deben dar una visión general de la situación (el estado) del medio ambiente y su evolución en el tiempo, y no las presiones sobre el mismo. En la práctica, la distinción entre las condiciones ambientales y las presiones puede ser ambigua y la medición de las condiciones ambientales puede resultar difícil o muy costosa. Por esto, la medición de presiones ambientales se utiliza a menudo como un sustituto para la medición de las condiciones ambientales.*
3. *Los indicadores de respuesta de la sociedad corresponden a medidas que muestran el grado de lo que la sociedad está respondiendo a los cambios ambientales y sus preocupaciones. Las respuestas sociales se refieren a acciones individuales y colectivas para mitigar, adaptar o prevenir impactos antropogénicos negativos sobre el medio ambiente y para detener o revertir el daño ambiental ya causado. Las respuestas sociales también incluyen acciones para la preservación y la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.*

1.3.3. Hoja metodológica para cada indicador

La hoja metodológica es una descripción sintética de los elementos necesarios para comprender y medir un indicador. Es su “hoja de vida” ya que define el indicador en forma precisa, la pertinencia del mismo, la fórmula y su cálculo, las limitaciones y alcances de la medición, así como también las fuentes y la disponibilidad de los datos.

MARN (2003) definió un formato único de hoja metodológica como herramienta integradora del proceso de discusión, selección, concertación y diseño de cada indicador que recoge trabajos

previos como MAVDT (2007), CEPAL (2009), Quiroga (2009), pero que amplía sus campos con el fin de incluir los elementos metodológicos y de protocolos asociados al indicador. Igualmente en algunos de los campos incluidos se hace referencia a la relación del indicador con políticas regionales, nacionales o internacionales.

Para su fácil análisis se determinó calificar el valor del indicador mediante semáforos (colores verde, amarillo, rojo) a partir de valores umbrales o de referencia contra los cuales se realiza la comparación. Es importante precisar que estos valores son dinámicos y pueden ser ajustados según las condiciones particulares.

Se incluyeron los indicadores requeridos según la opinión y consenso de los expertos, sin importar el tiempo y condiciones necesarias para su puesta en funcionamiento, por lo cual se tendrán indicadores a ser poblados en el corto, mediano y largo plazo.

Para su definición se tuvieron en cuenta los indicadores mínimos definidos por la legislación actual y vigente (MAVDT (2002), MAVDT (2007) entre otros) para el seguimiento, evaluación y control del estado de los recursos naturales y del medio ambiente. Estos indicadores deben permitir monitorear el nivel de avance y cumplimiento de los objetivos y metas establecidas en los planes de la Corporación y deben guiar la formulación de las metas en futuros planes.

En este marco, la construcción de la línea base, organizada en un proceso de monitoreo de las dinámicas del sistema bajo estudio, busca establecer las estructuras, procesos y relaciones en Caldas, pero manteniendo, desde el enfoque de sistemas, las relaciones con el contexto regional y nacional. Esta línea base debe condensar el conocimiento actual y posterior de las situaciones relevantes en Caldas. En particular debe representar el estado de los recursos, las presiones a que están sometidos y las acciones de la sociedad para evitar daños mayores y su mitigación. Los datos con que se cuentan tienen diferente escala temporal y espacial, por lo cual, todos deben llevarse al mismo punto en el nivel de referencia. Incluso en algunos casos no se contará con datos que permitan alimentar los indicadores propuestos, pero por su importancia se dejan expresados.

A continuación se muestra y explica la hoja y cada uno de sus componentes:

1. Código	Código único que identifica el indicador. Es importante en el proceso de sistematización. Puede ser un simple consecutivo
2. Nombre	Se debe asignar un nombre lo más claro, conciso y amistoso al usuario que defina exactamente lo que muestra el indicador.
3. Tipo	Para el caso: Estado, Presión o Respuesta.
4. Descripción	Se debe realizar una descripción corta de lo que mide el indicador y su propósito, sobre todo cuando éste recibe un nombre más bien científico o técnico; utilizando un lenguaje claro y simple que termine por ubicar al usuario respecto del indicador en cuestión.

5. Pertinencia	Se debe especificar la importancia que tiene el indicador propuesto en la evaluación sobre el medio ambiente o respecto de la sostenibilidad. En esencia, se trata de conectar los contenidos del indicador con los problemas y desafíos de la sostenibilidad en el territorio concreto que abarque. Esto implica definir la variable o las variables que componen el indicador, vinculándola con los problemas ambientales o de desarrollo sostenible que puede percibir o entender el usuario.
6. Criterio de calificación	Se trata de aclarar, explícitamente, cuál es la interpretación del indicador y de los cambios (aumentos o disminuciones) en el mismo. Prepara la interpretación del indicador, en el contexto de la sostenibilidad ambiental o del desarrollo.
7. Alcance	Se debe especificar qué dinámicas son las que “captura” o “muestra” el indicador. Mostrar exactamente qué cosas nos estaría diciendo el indicador en cuestión.
8. Restricciones	Situaciones que eventualmente conduzcan a que el indicador no pueda poblarse.
9. Unidad de medida	Hace referencia a las unidades en que se mide el indicador. Puede tratarse de porcentajes, hectáreas, habitantes, entre otros.
10. Fórmula de Cálculo	Es la expresión matemática mediante la cual se calcula el indicador. Esta fórmula deberá contener las variables que inciden directamente en el resultado del indicador.
11. Definición de variables	Cada una de las variables que componen el indicador debe ser definida con detalle, de forma que no quede lugar a “interpretaciones”. Se utiliza comúnmente adoptar la definición de la institución que produce el dato, por ejemplo: “Se utiliza el concepto de fragmentación de ecosistemas del instituto x”.
12. Rango de calificación y semáforo	Cuáles son los valores que pueden tomar el indicador y las condiciones asociadas a subrangos en este intervalo. Para mejor visualización se usarán semáforos (verde, amarillo, rojo) para mostrar el estado del indicador.
13. Sitio de muestreo	Lugar donde se hace la medición del indicador, expresado en coordenadas e información complementaria.
14. Cobertura o Escala	La cobertura del indicador puede comprender distintas escalas, o incluso combinar varias de éstas, en todo caso debe quedar bien especificado considerando a su vez la cobertura de las variables que lo componen. Ejemplos: comunal, provincial, departamental, ecorregional, cuenca, nacional.
15. Fuente de los Datos	La fuente del dato debe quedar estipulada para cada una de las variables, en forma detallada: especificar no solo la institución, sino también el departamento u oficina y/o la publicación física o electrónica donde se encuentra disponible (si correspondiera) y el nombre y correo electrónico de contacto de la persona a cargo.

16. Método de levantamiento o captura de los datos	Describir el método a través del cual se capturan o generan los datos básicos. En general, se pueden mencionar las encuestas, censos, registros administrativos y estaciones de monitoreo, entre otras.
17. Disponibilidad de los Datos	La disponibilidad de los datos se refiere a que tan fácil o difícil es el acceso sistemático al dato, más allá de que formalmente se encuentre producido. Por ejemplo, se puede decir: “Plenamente disponible en formato físico o electrónico”, o “Disponible en forma restringida a organismos públicos”, o “Dato primario disponible en Encuesta de Hogares, pero requiere procesamiento ulterior para generar la información requerida”, o “Información reservada”.
18. Frecuencia de Medición	Se debe especificar la periodicidad de toma del dato para cada variable que compone el indicador. Esta se entiende como el período de tiempo en que se actualiza el dato. Por ejemplo: “cada cuatro años”, “anual”, “bimensual”, etc. Cuando corresponda, especificar la periodicidad de levantamiento, registro y publicación del dato.
19. Periodicidad de análisis	Se debe especificar cuál es el periodo para el análisis del indicador. En muchos casos puede ser igual a de la frecuencia de medición.
20. Actividades Mínimas	Las actividades mínimas que se deben desarrollar para medir el indicador.
21. Relación del indicador con Objetivos, Políticas, Normas, iniciativas locales o mundiales o Metas Ambientales	Se debe explicitar si existe relación con políticas, metas, normas de calidad o incluso líneas base relevantes para el indicador. En algunos casos esto sirve para evaluar el avance en el tiempo o en distintos territorios.
22. Valor actual	El valor calculado o tomado para indicador en un momento concreto
23. Fecha del cálculo	Fecha en que se obtuvo el valor del indicador.
24. Meta	La meta definida por la Corporación para la medición del indicador.
25. Responsable interno	Las instancias responsables de la elaboración del indicador en la entidad.
26. Créditos y agradecimientos	Para los casos donde el indicador se haya tomado directamente de una fuente o agradecer el apoyo de personas o instituciones
27. Comentarios	Espacio para mejorar la documentación del indicador

1.4. Conclusiones

El proyecto de la Estructuración de la Línea Base Ambiental de Caldas se logró gracias al trabajo colectivo de todos los actores que participaron, logrando que los indicadores se construyeran por temas ambientales (ecosistemas estratégicos, biodiversidad, agua, clima y aire, suelo subsuelo y uso de los recursos), con la posibilidad de trabajar con los expertos en cada área, pero sin perder la visión sistémica del problema. Cada tema ambiental utilizó el marco Estado-Presión-Respuesta para la clasificación de los indicadores. De igual forma se consideraron los problemas ambientales teniendo en cuenta las escalas de espacialidad y la temporalidad.

La batería de indicadores que se presentó al finalizar el proyecto, fue asociada a políticas o normas acordes con su ámbito.

Se determinaron en cada hoja metodológica presentada, las fuentes de los datos existentes a partir del conocimiento de los expertos.

Se construyeron las fórmulas con definición específica de las variables en sus unidades y coberturas.

Se consideró la dinámica del indicador y lo que representa de acuerdo con rangos de calificación, utilizando el esquema de semáforo para desplegar su condición en un momento determinado. Los valores de referencia fueron acordados por los expertos, pero el comportamiento de las variables puede requerir que estos umbrales se ajusten.

Referencias bibliográficas

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI (2003). Construcción de la línea base para evaluar el estado de los recursos naturales y el ambiente en la Amazonia colombiana. Bases Conceptuales y Metodológicas. Informe final. Bogotá: Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial.

Bertalanffy, L. v. (1994). Teoría General de los Sistemas. México: Fondo de Cultura Económica.

CEPAL (2009). Hoja Metodológica con descripción de campos. Curso - Taller Construcción de Indicadores Ambientales en los países de América Latina.

Klir, G. (1980). Teoría General de Sistemas: un enfoque ecosistémico. Madrid: ICE.

Organisation for Economic Co-Operation and Development - OECD (1993) Core Set Of Indicators For Environmental Performance Reviews. Environment Monographs N° 83. Paris.

Quiroga Martínez, Rayen (2009) Guía Metodológica para desarrollar Indicadores Ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe, CEPAL, Serie Manuales No. 61, LC/L.3021-P, Santiago de Chile. 2009.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales - MARN, República de Guatemala (2003). Manual de Indicadores del Ambiente y los Recursos Naturales.

Ministerio del Medio Ambiente – Minambiente (2002). Sistema de indicadores de sostenibilidad ambiental (SISA). CD. Bogotá: Minambiente.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia - MAVDT (2007). Hojas metodológicas de indicadores mínimos de gestión. Resolución 0964 del 1 de junio de 2007.

Winograd M. (1995). Marco conceptual para el desarrollo y uso de indicadores ambientales y de sustentabilidad para la toma de decisiones en Latinoamérica y el Caribe. Documento para discusión Taller Regional sobre uso y desarrollo de Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad. PNUMA - CIAT. Cali, Colombia, 50 pp.

Línea Base Ambiental de Caldas: indicadores para ecosistemas estratégicos

GERMÁN MÁRQUEZ CALLE
Profesor Titular (J) - Universidad Nacional de Colombia

2.1. Ecosistemas y sus funciones

Los ecosistemas están conformados por conjuntos de organismos en interacción entre sí y con el entorno físico y cumplen funciones básicas que, como los flujos de energía, materia e información y el mantenimiento de los equilibrios ecológicos, son básicos para el soporte de la vida sobre el planeta. Los ecosistemas (bosques, ríos, páramos, humedales, etc.) cumplen también funciones básicas de soporte de las actividades humanas a través de la provisión de bienes y servicios ambientales. Estos incluyen procesos que, como la regulación de los ciclos climáticos e hidrológicos, la formación de los suelos, la mitigación de erosión, deslizamientos e inundaciones o la oferta de biodiversidad, contribuyen de manera decisiva a las posibilidades de sobrevivencia, bienestar, eficiencia y competitividad de las sociedades humanas.

2.2. Bienes y servicios de los ecosistemas

Según Márquez (1996) los servicios ecológicos pueden agruparse en las siguientes categorías:

1. *Satisfacción de necesidades básicas* como las de agua, aire, suelos, alimento, energía. En Caldas, a modo de ejemplo, los suelos volcánicos, el clima y la oferta hídrica estacional son básicos para la economía cafetera y su oferta y sostenibilidad depende de un manejo adecuado de los ecosistemas regionales.

2. *sopORTE de procesos productivos*, a través de la provisión de materias primas, energía, agua;
3. *provisión de recursos naturales* como maderas, caza, pesca, biodiversidad y otros bienes no directamente producidos por la sociedad;
4. *mantenimiento del equilibrio ecológico*, a través de la regulación de ciclos climáticos (mitigación del cambio climático) e hidrológicos (crecientes, inundaciones) y flujos de materia y energía (procesos ecológicos);
5. *sumidero*, pues muchos ecosistemas actúan como receptores últimos de desechos que son vertidos en ellos y que en alguna medida, a veces muy completa, eliminan mediante reciclado. Se incluyen vertidos líquidos, que se arrojan principalmente a ríos, quebradas y al mar, sólidos que van a los suelos y, en los casos mejores, a rellenos sanitarios, y gaseosos, descargados por lo común a la atmósfera;
6. *prevención de desastres*, a través del control o la mitigación que ejerce la cobertura de vegetación en zonas de alto riesgo (pendientes, orillas, entre otras), por ejemplo, sobre fenómenos sísmicos, erosión, deslizamientos, inundaciones, etc. En Caldas, dada la difícil topografía, estas zonas abundan y ameritan una gestión cuidadosa;
7. *bienes y funciones simbólicas*, relativas al papel de los ecosistemas como parte de la cultura y la historia, la apropiación de la tierra como territorio o terruño, los territorios ancestrales, patrimonio cultural y natural, entre otras. En el caso de Caldas, por ejemplo, el paisaje cultural cafetero.

El Instituto Mundial de Recursos -WRI-, en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (WRI, 2003; en Márquez y Valenzuela, 2008), propone cuatro tipos de servicios ambientales entre los cuales cabrían los mencionados:

1. *Suministro* - bienes y productos;
2. *regulación* - derivados de la regulación de procesos del ecosistema, como clima, control de erosión, calidad del agua;
3. *culturales* - beneficios intangibles obtenidos mediante el enriquecimiento espiritual, la reflexión, la recreación y las experiencias estéticas, y;
4. *sopORTE o base* - procesos necesarios para la producción de los anteriores servicios, de los cuales se diferencian en que sus impactos sobre la sociedad son indirectos u ocurren en largos períodos de tiempo (producción primaria, producción de oxígeno atmosférico, formación y retención del suelo, reciclaje de nutrientes y agua, provisión de hábitat).

En áreas urbanas, Bolund y Hunhummar (1999; en Márquez y Valenzuela, 2008) proponen siete tipos de ecosistemas -cuerpos de agua, parques, tierras de cultivo, entre otros- que prestan servicios ambientales a la población. Los servicios incluyen filtración del aire, regulación del microclima, reducción del ruido, drenaje de agua lluvia, tratamiento de residuos y valores culturales/recreativos.

En este documento se hace referencia entonces, y primordialmente, a los ecosistemas que proveen bienes y servicios naturales que requiere la sociedad caldense para su bienestar material y espiritual, la satisfacción de sus necesidades básicas, la productividad, competitividad y eficiencia de su economía, la prevención de desastres, la asimilación de sus desechos, la oferta de recursos naturales y, en general, el equilibrio ecológico necesario para su exitoso desempeño. En consecuencia también, la idea que surge de esta consideración es que gran parte de la gestión ambiental de las autoridades ambientales, y en este caso de CORPOCALDAS, debería orientarse hacia la conservación y el mantenimiento de los ecosistemas y sus bienes y servicios, o hacia su recuperación en los casos cada vez más evidentes en que la infraestructura natural ha sido dañada por acción humana.

2.3. Ecosistemas estratégicos

Se entiende por ecosistemas estratégicos aquellos que prestan bienes y servicios ambientales de especial importancia para el mantenimiento de los procesos ecológicos que hacen posible vida sobre el planeta y el bienestar y la productividad de la sociedad.

Así, por ejemplo, aunque hay numerosos ecosistemas selváticos en todo el mundo se considera que la Amazonia es especialmente importante para el mantenimiento de los equilibrios planetarios y por lo tanto es estratégica para el mundo, aunque no sea por supuesto la única área boscosa estratégica del planeta ni reconocerla como estratégica implica desconocer la importancia de otras áreas. Así mismo y a modo de ejemplo a una escala más local, los páramos y bosques altoandinos son ecosistemas de enorme importancia para el mantenimiento de la oferta de agua, pero dentro de ellos es posible identificar algunos que prestan servicios de especial significancia para determinadas actividades o necesidades y que serían estratégicos para las mismas. Así, los ecosistemas del Parque Nacional Natural Los Nevados son estratégicos para el abastecimiento de la zona cafetera y los municipios de la misma (además de una región más amplia en el centro del país) o el páramo de Chingaza, para un ejemplo más específico, es estratégico para Bogotá pues la abastece de agua y le permite existir. Un papel estratégico similar cumplen los ecosistemas de arrecifes de coral en San Andrés, la Ciénaga Grande para la pesca en la Costa Caribe, el río Magdalena para el interior del país, los embalses para el servicio de generación hidroeléctrica o el abastecimiento de agua para la población, etc.

Los ecosistemas estratégicos deben ser objeto de atención y gestión ambiental prioritarias y por ello su identificación y el conocimiento y seguimiento de su estado de conservación y funcionamiento son muy importantes para una gestión ambiental adecuada.

Para una conceptualización más amplia sobre ecosistemas estratégicos ver Márquez (1996, 2002).

2.4. Ecosistemas de Caldas

Aunque es un departamento relativamente pequeño en el contexto colombiano, Caldas posee una importante diversidad de biomas y ecosistemas. El Mapa de Ecosistemas de Caldas

(CORPOCALDAS-WWF, 2010)¹ revela que en el departamento están representados 8 tipos de biomas (Tabla 12 del estudio citado) y 59 tipos de ecosistemas terrestres (ver Tabla 14 del estudio en mención). No se discriminan los ecosistemas acuáticos, lo cual deberá ser objeto de un trabajo complementario, aunque para efectos de la Línea Base, en este artículo se propone que se estudie el estado de sus cuencas e incluir indicadores de calidad de las aguas de los principales cuerpos de agua en el capítulo correspondiente a dicho recurso.

La diversidad ecosistémica se explica por la ubicación del departamento, que incluye desde las tierras bajas de los valles del Magdalena y del Cauca hasta las altas de la cordillera Central y parte de la Occidental (Tabla 2.1).

Tabla 2.1: Biomas del departamento de Caldas. Fuente: Mapa de Ecosistemas de Caldas. CORPOCALDAS/WWF (2010).

Bioma	Área (ha)	% del departamento	Área (ha) en ecosistemas naturales	% en ecosistemas naturales
Helobioma del Magdalena	17.054,67	2,29	2.009,87	11,78
Orobioma altoandino cordillera central	27.503,98	3,70	15.837,13	57,58
Orobioma andino cordillera central	232.607,54	31,28	94.018,15	40,42
Orobioma andino cordillera occidental	34.712,64	4,67	15.275,09	44,00
Orobioma subandino cordillera central	138.588,35	18,64	16.557,43	11,95
Orobioma subandino occidental	34.227,46	4,60	563,79	1,65
Zonobioma Húmedo Tropical del Cauca	119.753,15	16,10	8.404,09	7,02
Zonobioma Húmedo Tropical del Magdalena - Caribe	139.188,65	18,72	8.404,09	39,96
Total	743.636,44	100	208.279	28,01

¹Cabe señalar que la metodología utilizada para la elaboración del Mapa de Ecosistemas de Caldas es la misma metodología diseñada “ad hoc” para el Mapa de Ecosistemas de Colombia por el IDEAM *et al.*, (2007). Sólo difiere de ella en que llama Ecosistemas a lo que para el mapa de Colombia se denomina Tipos de Ecosistemas. En uno y otro caso la denominación es discutible, como lo es en general el sistema de clasificación adoptado, que no coincide con ningún sistema usado internacionalmente aunque sí usa, en algunos casos inadecuadamente, conceptos como los de ecosistemas, tipos de ecosistemas o ecorregiones; no obstante, es cierto que no hay una norma de común aceptación a este nivel para la clasificación de ecosistemas, como si la hay para especies biológicas, por ejemplo. Este aspecto amerita un análisis juicioso en previsión de que este singular sistema clasificatorio seguramente va a seguir siendo usado en Colombia, con posibles implicaciones sobre la calidad de los trabajos por adelantar. No obstante, esto deberá ser objeto de discusión en otros ámbitos. Por fortuna, los mapas en sí son adecuados, así las clasificaciones sean discutibles, por lo cual puede continuarse el trabajo sin descartar la conveniencia de una posible revisión posterior de las clasificaciones utilizadas.

De acuerdo con el trabajo mencionado, alrededor del 28 % del departamento y de sus ecosistemas conservan su cobertura de ecosistemas naturales, lo que implica que el 82 % ha sido transformado por actividades humanas en otros tipos de sistemas humanizados (como se ve en la Tabla 2.2 tomada del estudio citado), que incluyen de manera especial vastas extensiones de potreros y de café.

Tabla 2.2: Resumen por grandes grupos. Fuente: Mapa de Ecosistemas de Caldas. CORPOCALDAS/WWF (2010).

Código	Cobertura	Área (ha)	%
1	Territorios artificializados	4.167,90	0,56 %
2	Territorios agrícolas	518.380,40	69,71 %
3	Bosques y áreas seminaturales	213.717,08	28,74 %
4	Áreas húmedas	659,03	0,09 %
5	Superficies de agua	6.712,02	0,90 %
Total general		743.636,44	100,00 %

2.5. Ecosistemas e indicadores

El estado de los ecosistemas es un indicador general del estado del medio ambiente y en particular de su capacidad de mantener los procesos ecológicos y evolutivos y la oferta de los bienes y servicios mencionados.

Existen diversos indicadores del estado de los ecosistemas que aprovechan atributos de su estructura o de su funcionamiento para tal fin. Algunos de ellos aprovechan atributos asociados, por ejemplo, con la diversidad biológica tales como la riqueza de especies, los índices de predominio o de equitabilidad y, más frecuentemente, los índices de diversidad en sí, tal como el índice de Shannon. Otros analizan la salud de los ecosistemas a través de las poblaciones de las principales especies características o su éxito reproductivo (OMT, 2005). No obstante estos indicadores son de limitado alcance espacial, difícil levantamiento y discutible interpretación.

2.5.1. Índice de Vegetación Remanente IVR

Para el estudio de áreas mayores, y por su mayor cubrimiento espacial y fácil interpretación, diversos estudios sobre ecosistemas y biodiversidad coinciden en señalar la cobertura de vegetación como un buen indicador del estado de los mismos. Así, por ejemplo, la Biodiversity Indicators Partnership (2010) en su “Guía para el desarrollo y uso de indicadores nacionales de biodiversidad” lo usa como ejemplo de un indicador versátil que puede representarse tanto en tablas como en mapas. Se obtiene mediante el estudio de imágenes remotas a través de SIG (Sistemas de Información Geográfica).

En lo fundamental se usa la cobertura de vegetación natural o seminatural remanente en un área dada que, para el caso del departamento de Caldas, podrían ser sus ecosistemas, municipios o

cuencas, por ejemplo. La cobertura es una medida del grado de intervención y transformación, por deforestación y cambios en el uso del suelo y el territorio, generalmente por acción humana, de un área dada. Así mismo, la cobertura es un indicador de la capacidad de los ecosistemas para cumplir sus funciones y prestar sus bienes y servicios, sobre la base de que un ecosistema completamente conservado (100% de su cobertura de vegetación original) tiene una oferta ecosistémica dada, esto es una determinada oferta de biodiversidad, de capacidad de regulación del agua, del clima o de la erosión, de recursos aprovechables o de capacidad de asimilación de desechos, por ejemplo. La idea es que esta oferta disminuye a medida que el ecosistema original es reemplazado por otros ecosistemas resultantes de la transformación por acción humana. Esto es válido cuando se pasa de ecosistemas más complejos, por ejemplo bosques (como en la mayor parte del territorio colombiano), hacia ecosistemas menos complejos, por ejemplo potreros o plantaciones, independientemente de que estos puedan producir una mayor cantidad de algún bien aprovechable por la sociedad (por ejemplo café o carne).

En los casos, poco comunes a nivel mundial, en que los ecosistemas humanizados puedan ser más complejos que los naturales, la cobertura tendría que manejarse con otros criterios; por eso la cobertura se usa como indicador en especial en vegetaciones densas. Así mismo, y ya desde una perspectiva más general, se ha discutido cuál es un nivel de transformación permisible (y aún deseable), de tal manera que se puedan al mismo tiempo producir los bienes requeridos por la sociedad y conservar la oferta ecosistémica necesaria para mantener las condiciones de vida sobre el planeta. Si bien se acepta que un nivel de transformación es imprescindible, la tendencia es hacia un consenso en que la transformación del planeta y de muchas de sus regiones ha superado los límites de lo razonable, aunque algunas regiones del mismo, en especial de Latinoamérica, aún mantienen proporciones significativas de sus ecosistemas.

2.5.1.1. Aplicaciones del IVR o indicadores similares

Estudios ya clásicos la han utilizado para analizar el estado del planeta y para comparar los grados de transformación entre continentes y regiones, tal como lo hicieron Hannah *et al.* (1994). Estos autores utilizan el denominado Índice de Hábitat, que incluye un factor de corrección a las medidas directas de cobertura.

La cobertura de vegetación es el indicador más común para el estudio de la transformación de ecosistemas en espacios geográficos amplios. El Programa Internacional para la Geosfera y la Biosfera (IGBP, 1997) señala que “*desde la perspectiva de los ecosistemas terrestres, el componente más importante del cambio global... podría ser el cambio en el uso y cobertura de la tierra (land cover/land use)*”. La cobertura es un indicador de la capacidad de los ecosistemas para cumplir funciones ecológicas. Como se indicó, Hannah *et al.* (1994) lo usan para la evaluación de los ecosistemas del mundo. El mismo indicador se usa para Latinoamérica y el Caribe en Dinerstein *et al.* (1995) en su evaluación del estado de conservación de sus ecorregiones terrestres. Winograd (1995) lo incorpora como uno de los principales indicadores en su sistema de indicadores ambientales. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment – MEA) promovido por las Naciones Unidas, usa este mismo indicador.

En Colombia, Etter (1993) usó la cobertura en un análisis del estado de los biomas; un trabajo más reciente del mismo autor (Etter, A. y van Wyngaarden, 2000) estudia relaciones entre transformación en los Andes colombianos y aspectos sociales y económicos. El programa SIG

– PAFC (Sistemas de Información Geográfica – Plan de Acción Forestal para Colombia), liderado por el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) lo ha utilizado como herramienta fundamental en sus estudios.

Hay también un importante trabajo del programa SISAC - DANE (1996) sobre usos de la tierra que permite, con base en encuestas y estudios detallados de campo, obtener información de gran utilidad sobre usos actuales del suelo y coberturas vegetales, en particular sobre ecosistemas de remplazo de las coberturas naturales.

Márquez (ver, en especial, 1996, 2000, 2001, 2002, 2004 y 2008) ha hecho un uso intensivo de este indicador para la identificación de ecosistemas estratégicos en trabajos sobre la transformación de ecosistemas en Colombia y en análisis sobre la relación entre dicha transformación y condiciones de vida de los colombianos. Destaca la utilidad y amplio significado de este indicador que puede considerarse como una variable sintética indicadora no solo del estado de los ecosistemas sino, indirectamente, de su historia y de las condiciones sociales y económicas de la sociedad. Esto sería el resultado de su elevada correlación estadística con otros indicadores como el tiempo de ocupación e intensidad de uso del territorio, la fragmentación de la propiedad, su oferta media de agua, la población y sus condiciones económicas e incluso de violencia, entre otros (al respecto ver Márquez, 2008).

2.5.1.2. IVR en Colombia y en Caldas

En un trabajo más reciente sobre los ecosistemas colombianos, que incluye un mapa escala 1:100.000 de los mismos (IDEAM *et al.*, 2007), se utiliza nuevamente la cobertura de vegetación o IVR, como aquí se le denomina, como elemento principal para diversos análisis. Siguiendo los lineamientos del trabajo mencionado, CORPOCALDAS – WWF (2010) elaboraron, a una escala aún más detallada, el Mapa de los Ecosistemas de Caldas y, con base en él, se midió la cobertura para algunas de las unidades de análisis y se adelantaron análisis preliminares.

Es importante destacar que los resultados de estos estudios, para el departamento de Caldas, presentan una importante discrepancia respecto a la cobertura natural remanente a nivel departamental. Así, según el primero es de 15,95% y según el segundo de 28,01%. Los resultados difieren aún más de los presentados en Márquez (2001), quién señala que la cobertura natural es del 6%. Estas marcadas diferencias se deben, en gran medida, a la diferencia en la escala utilizada, en especial en este último caso; la mayor resolución en el estudio de CORPOCALDAS permite la identificación de áreas naturales conservadas muy pequeñas, indistinguibles a escala 1:500.000 o aún menos detalladas. No obstante, esto no explica una diferencia tan sustancial entre los otros estudios, la cual debe atribuirse a que los criterios de identificación de lo que se denomina “ecosistemas naturales” podrían no estar coincidiendo. Este es un asunto de mucha importancia que debe dilucidarse antes de avanzar en el uso del indicador IVR, si se quieren aprovechar plenamente sus ventajas.

Para efectos del análisis e interpretación del IVR es conveniente conocer algunos resultados comparados de los estudios que se han mencionado (Tabla 2.3). Así, por ejemplo, los datos evidencian que la cobertura de vegetación, y por lo tanto el estado de los ecosistemas de Caldas y su capacidad para mantener una oferta adecuada de bienes y servicios ambientales, está muy por debajo del promedio nacional y latinoamericano, aunque se hallan al nivel mundial. Ello

indicaría una situación de fragilidad en la oferta ecosistémica que exige una gestión ambiental prioritaria, como de hecho ocurre también a nivel mundial.

Por estas razones, el indicador que se recomienda para el seguimiento de los ecosistemas de Caldas es el Índice de Vegetación Remanente (IVR). Una ventaja es que la información correspondiente ya existe o puede generarse partir del mapa de los ecosistemas de Caldas (CORPOCALDAS - WWF, 2010), con la salvedad señalada, que amerita una corroboración previa de la calidad de la información. Debe tenerse así mismo en cuenta una limitación del indicador que se deriva de la escala a la cual es aplicable y su sensibilidad para áreas pequeñas o tiempos cortos. Al respecto, ver otros indicadores derivados de la cobertura que se plantean más adelante.

Tabla 2.3: Transformación en Colombia y en el mundo

Unidad geográfica	Área remanente	Fuente
Colombia	63,20%	Etter (1993)
Colombia	63,80%	DANE (1996)
Colombia	62,30%	IDEAM (1998)
Colombia	59,90%	Etter (1993) con ajustes de Márquez (2001)
Colombia	60,90%	Márquez (2001) con base en Mapa de Bosques (IGAC, 1984) y de ecosistemas (IBAvH, 1998)
Colombia	68,80%	IDEAM <i>et al.</i> (2007)
Caldas	6,00%	Márquez (2001)
Caldas	15,95%	IDEAM <i>et al.</i> (2007)
Caldas	28,00%	CORPOCALDAS-WWF (2010)
Latinoamérica	64,00%	Hannah <i>et al.</i> (1994)
Mundo (total)	49,00%	Hannah <i>et al.</i> (1994)
Mundo (áreas vegetadas)	28,00%	Hannah <i>et al.</i> (1994)

2.6. Otros indicadores basados en la cobertura de Vegetación Natural Remanente

Siguiendo lineamientos internacionales, en especial Dinerstein *et al.*, (1995), es posible profundizar los análisis sobre el estado de los ecosistemas a partir de la cobertura de vegetación, a

través de indicadores más específicos y análisis más detallados que incluyan, por ejemplo, el tamaño de los bloques conservados o su grado de fragmentación y conservación, entre otros (al respecto ver la hoja metodológica adjunta), ya que no es lo mismo conservar una gran masa continua (como en Amazonas) que una gran cantidad de pequeños fragmentos de bosque como ocurre en la mayor parte de Caldas y del interior del país. Hay otros indicadores que pueden poblarse a partir del indicador de cobertura; se presenta una forma posible de aplicación de este conjunto de indicadores en la Línea Base Ambiental de Caldas.

2.6.1. Pérdida total de hábitat

Mide, en área o porcentaje del área total, cuánto ha sido transformado y es el inverso de cuánto se conserva (Índice de Vegetación Remanente IVR). Es un indicador de estado y también, comparado periódicamente, es un indicador de la dinámica de transformación y, como tal, de respuesta, como medida de la eficacia de la gestión ambiental para evitar nuevas transformaciones. La escala de valoración es también la inversa del IVR.

2.6.2. Bloques de hábitat

Mide si entre las áreas conservadas hay bloques de tamaño suficiente para garantizar que los procesos ecológicos se mantengan (por ejemplo conservación de poblaciones de especies grandes como jaguares o monos) y los bienes y servicios se presten. Bloques muy pequeños o alargados son menos adecuados para garantizar la conservación de la diversidad y de los procesos por su mayor accesibilidad respecto a los más grandes y redondeados. En Caldas, los bloques aunque no han sido objeto de estudios específicos son probablemente pequeños y de capacidad limitada, por lo cual el estudio de este indicador sería muy importante tanto desde el punto de vista de los ecosistemas como el de la biodiversidad.

Para efectos analíticos se considera (a partir de Dinerstein *et al.*, 1995: Apéndice A) que en unidades de menos de 1000 km² debe haber un bloque de área mayor a 500 km² o más del 80% intacto (puede ser en fragmentos menores) para considerarlas sostenibles y que no haya ninguno con área mayor a 100 km² como insostenible; los valores intermedios corresponden a sostenibilidad débil.

2.6.3. Grado de fragmentación

Analiza el número, tamaño y forma de los fragmentos que se conservan como indicador de la capacidad de las áreas remanentes de mantener su oferta ecológica. Por ejemplo un área total conservada grande pero muy fragmentada puede ser menos eficiente que una más pequeña pero contigua. Este parece ser el caso de Caldas, donde la dispersión de los datos relativos a IVR sugiere una fragmentación elevada que impide evaluar adecuadamente la cobertura a escalas poco detalladas (ver subsección 2.5.1.2); por ello podría ser un indicador muy útil en Caldas, pero requiere mucho trabajo adicional.

Para la evaluación de este indicador se recomienda (a partir de Dinerstein *et al.*, 1995: Apéndice A) acudir al concepto de expertos que deben analizar la información disponible, básicamente

cartográfica. Áreas con pocos fragmentos, grandes, circulares y contiguos (elevada conectividad), que cubran más del 80 % de la unidad, serían sostenibles; las que los tengan pequeños, alargados y discontinuos, que cubran menos del 40 % de la unidad, indicarían poca sostenibilidad.

2.6.4. Conversión de hábitat

Analiza la tasa de conversión y/o de riesgos de conversión de las áreas conservadas; es un indicador de presión real o potencial. Considera las amenazas existentes, en especial grandes proyectos de infraestructura o procesos de crecimiento poblacional acelerados, caso en el cual puede reforzarse con un Índice de Presión Demográfica (ver Márquez, 2008). Se recomienda implementarlo en alguna fase próxima de desarrollo de la Línea Base Ambiental de Caldas.

De nuevo con base en Dinerstein *et al.* (1995) puede considerarse que si el riesgo de conversión es igual o inferior al 0,5 % de la unidad, la sostenibilidad es elevada, y que si es igual o superior al 4 % de la unidad esta tiene baja sostenibilidad.

2.6.5. Grado de protección

Mide las áreas protegidas en sí o como porcentaje del total como indicador de respuesta o gestión. Si más del 50 % de la vegetación natural remanente en la unidad está protegida, la situación se considera satisfactoria; menos del 10 % insatisfactoria.

Recogiendo la propuesta de Anaya (2006), los indicadores expuestos anteriormente se conjugarán para construir el Índice de Estado de Conservación o de Estado Instantáneo de Conservación. El desarrollo del indicador se presenta en el apéndice a este capítulo.

2.7. Unidades de análisis

2.7.1. Unidades generales

Los indicadores mencionados antes, que también son indicadores muy adecuados del estado de la biodiversidad, se pueden aplicar a diferentes unidades de análisis según el interés, las necesidades y la disponibilidad de información y/o recursos para obtenerla. Se propone que tales unidades sean:

Biomás. Son las unidades mayores para una visión holística del conjunto.

Ecosistemas. Permite hacer seguimiento del estado, presión y respuesta en cada uno de los ecosistemas identificados en el mapa de ecosistemas de Caldas.

Municipios. Permite hacer un seguimiento para cada una de las unidades administrativas de tal manera que se pueda tener información que permita tomar decisiones a esta escala para garantizar la oferta de bienes y servicios requeridos por cada municipio.

Cuencas. Permite un seguimiento del estado de los principales cuerpos de agua o ecosistemas acuáticos.

2.7.2. Estructura Ecológica

Los ecosistemas pueden concebirse como una (infra)estructura ecológica natural de soporte de las demás infraestructuras y estructuras organizadas por la sociedad para la satisfacción de sus necesidades y que, como ellas (acueductos, redes viales, servicios de energía, facilidades de producción de alimentos, industria, por ejemplo), requiere diseño, mantenimiento y gestión. A modo de ilustración de lo que es esta infraestructura natural puede pensarse, por ejemplo, en que detrás de los sistemas de abastecimiento de agua y energía para la población (acueductos y centrales hidroeléctricas) hay otra infraestructura natural de páramos, bosques y ríos que proveen el agua sin la cual ni acueductos ni centrales cumplirían sus funciones. La (Infra) Estructura Ecológica EE es, entonces, el sistema natural de soporte de las actividades humanas, proveedor de bienes y servicios ecológicos y equivalente natural de las infraestructuras de servicios (Márquez y Valenzuela, 2008).

Así, habida cuenta de la importancia de la EE en el desarrollo regional, se recomienda que los indicadores se apliquen también al análisis de su estado, a partir del concepto de Estructura Ecológica de Soporte EES. Esta recomendación es coherente con el Plan Nacional de Desarrollo del presente Gobierno que ha señalado, en su política ambiental, la necesidad de prestar especial atención a la Estructura Ecológica Principal EEP, la cual forma parte de la EES.

2.7.3. Estructura Ecológica de Soporte EES

La EES es, según Van der Hammen y Andrade (2003: 2): *“la expresión territorial de los ecosistemas naturales, agroecosistemas y sistemas urbanos y construidos, que soporta y asegura a largo plazo los procesos que sustentan la vida humana, la biodiversidad, el suministro de servicios ambientales y la calidad de vida”*. Estaría formada por lo que los autores en mención denominan Estructura Ecológica Principal EEP e Infraestructura Ecológica.

La EEP es definida como *“el conjunto de ecosistemas naturales y semi-naturales que tienen una localización, extensión, conexiones y estado de salud tales que garantizan la integridad de la biodiversidad, la provisión de servicios ambientales (agua, suelos, recursos biológicos y clima), como medida para garantizar la satisfacción de las necesidades básicas de los habitantes y la perpetuación de la vida”* (van der Hammen y Andrade, 2003: 1).

Para la Línea Base Ambiental de Caldas se recomienda incluir toda la EES, lo que implica también la denominada Infraestructura Ecológica que es *“el conjunto de relictos de vegetación natural y seminatural, corredores y áreas a restaurar en los agroecosistemas y otras áreas intervenidas del país (áreas urbanas, centros poblados y otros sistemas construidos) que tienen una funcionalidad en la conservación de la biodiversidad, la productividad y la calidad de vida de la población”* (van der Hammen y Andrade, 2003: 2).

Esta propuesta se fundamenta en que no basta el seguimiento y gestión solamente de las áreas conservadas (así estas puedan ser prioritarias en muchos casos), sino que es necesaria una visión holística del departamento, que incluya por ejemplo, y de manera muy importante en el caso de Caldas, el seguimiento del estado de las áreas de alto riesgo que sirva como base para una gestión ambiental tendiente a la recuperación de las mismas.

2.7.3.1. Elementos que conforman la EES

Para ponerlo en términos aún más concretos, la EES estaría conformada por áreas y ecosistemas estratégicos para el mantenimiento de los procesos ecológicos y de los bienes y servicios básicos para la buena marcha de la sociedad. Estos incluyen áreas que la legislación vigente ordena proteger y serían, primordialmente:

- Áreas conservadas (Estructura Ecológica Principal EEP), estén o no declaradas como áreas protegidas
- Fuentes de agua (municipales, embalses, etc.) y sus cuencas.
- Áreas de alto riesgo (por deslizamientos o inundaciones, por ejemplo).
- Corredores ecológicos:
 - Rondas de ríos y cuerpos de agua
 - Divisorias y Crestas
- Otras áreas y ecosistemas estratégicos que se identifiquen (por ejemplo sitios patrimoniales).

2.8. Hoja Metodológica Índice de Vegetación Remanente - IVR

1. Código	
2. Nombre	Índice de Vegetación Natural Remanente (IVR).
3. Tipo	Estado y respuesta
4. Descripción	Mide el área que se conserva con vegetación natural expresada en porcentaje, respecto al total de un área dada, como indicador del grado de transformación de la misma y de la capacidad de mantener su oferta de bienes y servicios ecológicos como regulación climática e hídrica, biodiversidad, mitigación de riesgos, asimilación de desechos, entre otros.
5. Pertinencia	Este indicador puede considerarse como una variable sintética indicadora no solo del estado de los ecosistemas y de su capacidad de mantener su oferta de servicios sino, indirectamente, de su historia y de las condiciones sociales y económicas de la sociedad. Esto sería el resultado de su elevada correlación estadística con otros indicadores como el tiempo de ocupación e intensidad de uso del territorio, la fragmentación de la propiedad, su oferta media de agua, la población y sus condiciones económicas e incluso de violencia, entre otros (al respecto ver Márquez, 2008).

6. Criterio de calificación	Como indicador de gestión, los cambios en la cobertura son una medida de la eficacia de la gestión pues un incremento en la cobertura o al menos un descenso en las tasas de deforestación o transformación indicaría una gestión exitosa, en tanto lo contrario indicaría la necesidad de una revisión de las estrategias de gestión.
7. Alcance	Las mediciones puntuales dan una medida del grado de transformación, por ejemplo por deforestación, de los ecosistemas del área en estudio. Aplicado a cuencas, sirve como indicador del estado del cuerpo de agua respectivo. Los cambios en la cobertura son una medida de la intensidad de los procesos de transformación o de recuperación en un área dada y de la eficiencia de las medidas de conservación o gestión de la misma.
8. Restricciones	Los datos para el IVR se obtienen principalmente de imágenes remotas. Con los recursos actuales es posible llegar a resoluciones muy detalladas pero los costos pueden ser elevados para estudio de áreas grandes, como es el caso de un departamento como Caldas. Deben unificarse criterios de definición de lo que se entiende y mide como Ecosistemas Naturales o Vegetación Remanente (ver comentario al final).
9. Unidad de medida	La medida se da en porcentaje de vegetación natural que se conserva respecto al total del área en estudio.
10. Fórmula de Cálculo	Expresa la cobertura de vegetación natural de un área como porcentaje del total de la misma, así: $IVR = (AVR/A_t) * 100$ Donde <i>AVR</i> es área de vegetación remanente y <i>A_t</i> es área total de la unidad, por lo general expresadas en hectáreas o en kilómetros cuadrados.
11. Definición de variables	El IVR tiene dos variables. La primera es el área de las unidades de análisis, que para el caso se propone que en principio sean los biomas, los ecosistemas, las cuencas, los municipios y algunos elementos de la Estructura Ecológica de Soporte EES según se analiza en la subsección 2.7.3. La otra variable es la cobertura de ecosistemas naturales que se conserva en cada unidad de análisis.

12. Rango de calificación y semáforo	<p>El rango va de 0% a 100% de cobertura natural. Como indicador de estado los valores del indicador se relacionan, por comparación con valores de referencia, con la capacidad de los ecosistemas para sostener funciones ecológicas y servicios para la sociedad y se relacionan con la sostenibilidad, así:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. NT; poco o no transformado, cuando $IVR \geq 70\%$, esto es al menos 70% de la vegetación primaria permanece en una unidad de estudio. Sostenibilidad elevada. (Verde) 2. PT o parcialmente transformado, cuando $70\% < IVR \geq 30\%$. Sostenibilidad adecuada a aceptable. (Amarillo) 3. MT o muy transformado, cuando $IVR < 30\%$. Sostenibilidad precaria o en riesgo. (Rojo) <p>Como indicador de gestión los valores dependerán de las metas de gestión fijadas, pues dependiendo de las condiciones podría buscarse un nivel de conservación, de restauración y aún de transformación. En el caso de Caldas el avanzado nivel de transformación de los ecosistemas determina que los <i>IVR</i> sean en general inferiores al 30% (esto es críticos); en consecuencia, deben fijarse metas de conservación y restauración proporcionales al tamaño e importancia de las áreas implicadas.</p>
13. Sitio de muestreo	Los datos se obtienen mediante interpretación de imágenes remotas, en este caso las utilizadas para generar el mapa de ecosistemas de Caldas.
14. Cobertura o Escala	La cobertura del indicador es sobre todo el territorio del departamento de Caldas y las subdivisiones en unidades de análisis que se hagan de él. La escala es 1:25.000 pero podrían requerirse escalas más detalladas para algunas áreas y ecosistemas estratégicos de especial interés.
15. Fuente de los Datos	CORPOCALDAS a partir de su estudio para el mapa de ecosistemas de Caldas (CORPOCALDAS – WWF, 2010. Mapa de Ecosistemas de Caldas).
16. Método de levantamiento o captura de los datos	Interpretación de imágenes satelitales con uso de sistemas de información geográfica SIG.
17. Disponibilidad de los Datos	Los datos están plenamente disponibles para CORPOCALDAS a partir del estudio mencionado, aunque algunos deberán generarse dependiendo de las unidades de análisis que se seleccionen.

18. Frecuencia de Medición	La medición de la cobertura remanente de ecosistemas naturales debe repetirse cada 5 años. No obstante, debe instalarse un sistema de monitoreo permanente para el reporte de situaciones que puedan generar cambios sustanciales en las coberturas, como grandes proyectos de infraestructura o de desarrollo industrial o agropecuario que puedan afectar la cobertura natural remanente. Este monitoreo puede hacerse a partir de reportes a cargo de funcionarios de CORPOCALDAS o de los municipios, y corroborados en imágenes remotas.
19. Periodicidad de análisis	Cada 5 años pero con control permanente.
20. Actividades Mínimas	<ul style="list-style-type: none"> ■ Evaluación del estado de los biomas, ecosistemas, cuencas, municipios y componentes principales de la Estructura Ecológica de Soporte <i>EES</i> del departamento de Caldas (corto plazo con base en el Mapa de Ecosistemas de Caldas) ■ Seguimiento de los mismos (monitoreo permanente y evaluación cada 5 años) ■ Evaluación de la eficiencia de la gestión de conservación, recuperación y restauración de los mismos (monitoreo permanente y evaluación cada 5 años)
21. Relación del indicador con Objetivos, Políticas, Normas, Iniciativas Locales o Mundiales o Metas Ambientales	<p>A modo de ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y del Caribe. Fondo Mundial para la Naturaleza - Banco Mundial. (Dinerstein <i>et al.</i>, 1995) ■ Programa SIG – PAFC (Sistemas de Información Geográfica – Plan de Acción Forestal para Colombia) ■ Programa Internacional para la Geosfera y la Biosfera (IGBP, 1997)
22. Valor actual	La Tabla 2.3 presenta valores de IVR para diferentes escalas con fines ilustrativos y comparativos
23. Fecha del cálculo	
24. Meta	
25. Responsable interno	
26. Créditos y agradecimientos	

27. Comentarios	El indicador IVR basado en la cobertura remanente de vegetación puede ser utilizado casi de inmediato para evaluar el estado de ecosistemas, municipios y cuencas del departamento de Caldas, a partir de la información que tiene o se puede obtener del Mapa de los Ecosistemas de Caldas, según se indicó. No obstante, sería prudente, antes de emprender un trabajo tan significativo, asegurarse de la calidad de la información, mediante una revisión de los criterios aplicados en la identificación de lo que allí se denomina “ecosistemas naturales”. Esta revisión parece pertinente dada la diferencia entre los datos arrojados por este estudio y el hecho a escala nacional para el Mapa de Ecosistemas de Colombia por el IDEAM, que sugiere la conveniencia de asegurarse de que los criterios aplicados fueron completamente adecuados. Ello puede conducir a reajustes del mapa de Caldas, algo dispendiosos pero plenamente justificados por sus implicaciones en la calidad de los estudios y sus efectos en la gestión ambiental de CORPOCALDAS.
-----------------	--

2.9. Conclusiones

La plena estructuración de la Línea Base Ambiental de Caldas en relación con el estado y gestión de los ecosistemas requiere un trabajo más exhaustivo y participativo, para atender las normas internacionales y satisfacer las expectativas de la sociedad. Por ello, este trabajo debe entenderse como un paso, importante pero no definitivo, dentro de un proceso más complejo y prolongado, como lo es de por sí el seguimiento de procesos de largo plazo como el cambio y la gestión ambiental.

No obstante, este documento presenta las bases para la estructuración de dicha Línea Base; a partir de él es posible iniciar la construcción de la línea, sobre todo por el indicador que se propone, Índice de Vegetación Natural Remanente IVR. Este indicador o sus variantes han sido ampliamente utilizados a nivel nacional y mundial y son de alto valor indicativo, pero es importante que se definan con precisión los criterios que deben entenderse por vegetación natural, pues hay discrepancias en los resultados de diferentes trabajos, que evidencian falta de unidad en estos criterios, aunque algunas pueden atribuirse a cambios en la escala de análisis. Para mejorar los análisis y disminuir los problemas asociados se plantea la posibilidad de utilizar indicadores complementarios, entre los cuales, el estudio mediante indicadores de los Bloques de Hábitat y de la Fragmentación de las áreas conservadas podría ser de mucha utilidad; aunque se dejan planteados, la incorporación de estos indicadores supera los alcances de este documento. La incorporación de indicadores complementarios, que permitiría mejorar los análisis, deberá ser objeto de trabajo posterior. La recomendación de incluir en los análisis el concepto de Estructura Ecológica y de Ecosistemas Estratégicos permitirá armonizar el esfuerzo caldense con tendencias nacionales e incluso servir de prototipo para las mismas.

Lo más importante es que el indicador IVR cuenta con información muy adecuada para poblarlo a partir del estudio para el Mapa de Ecosistemas de Caldas (CORPOCALDAS /WWF, 2010) y

se presta de inmediato para análisis de mucho valor que permitiría una eficiente y pronta toma de decisiones significativas para la gestión ambiental en Caldas.

Referencias bibliográficas

Anaya , J. (2006). Evaluación del Estado de Conservación de los Ecosistemas Boscosos en los Valles de San Nicolás. Disponible en: http://www.unalmed.edu.co/~janaya/JAna yaCont06_Invest04.html

Biodiversity Indicators Partnership (2010). Guidance for national biodiversity indicator development and use. UNEP. World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK. 40pp

Bolund, P. y Hunhummar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. En: *Ecological Economics* 29: 293-301.

CORPOCALDAS/WWF (2010). Mapa de Ecosistemas de Caldas. Informe Final. Manizales.

Dinerstein, E.; Olson, D.M.; Graham D.J.; Primm, S.A.; Bookbinder, M.P.; Ledec, G. (1995). Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y del Caribe. Fondo Mundial para la Naturaleza - Banco Mundial. Washington D.C. 135 pp.

Etter, A. (1993). Diversidad ecosistémica de Colombia hoy. En: CEREC y Fundación Alejandro Ángel E. Nuestra Diversidad Biológica. CEREC - FAAE. Bogotá.

Etter, A. y van Wyngaarden, W. (2000). Patterns of landscape transformation in Colombia, with emphasis in the Andean Region. En: *Ambio* Vol 29 No. 7: 432 – 439.

Hammen, T. van der y Andrade, G. (2003). Estructura ecológica principal para Colombia: Primera aproximación. Informe final. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y Fundación para la conservación del patrimonio natural Biocolombia. Van Der Hammen, T. y Andrade, G. (directores generales). Bogotá. 70p.

Hannah, L.; Lohse, D.; Hutchinson, Ch.; Carr, J. L. y Lanckerani, A. (1994). A preliminary inventory of human disturbance of world ecosystems. En: *AMBIO* 23 (4-5): 246 - 250.

Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt - IIBAvH (1998). Mapa general de ecosistemas de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC (1984). Mapa de bosques de Colombia. Bogotá.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC (1986). Situación y análisis del proceso colonizador en Colombia. Análisis Geográfico 10, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Bogotá.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM (1998). El Medio Ambiente en Colombia. Ministerio del Medio Ambiente - Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales IDEAM. Pablo Leyva (Editor). Bogotá.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Ministerio del Medio Ambiente, Instituto de Investigaciones Científicas Amazónicas -SINCHI, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico - IIP, Instituto de Investigaciones Marinas y Costera José

Benito Vives de Andrés -INVEMAR, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – IavH (2007). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Bogotá, D. C, 276 p. + 37 hojas cartográficas.

IGBP (1997). A synthesis of global changes and terrestrial ecosystems (GCTE) Core project and related research. IGBP Science No. 1. The International Geosphere-Biosphere Program (IGBP): A study of global change of the international council of scientific unions (ICSU). Stockholm, Sweden.

Márquez, G. (1996). Ecosistemas Estratégicos y otros ensayos de ecología ambiental. Fondo FEN Colombia – Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Márquez, G. (2000). Vegetación, población y huella ecológica como indicadores de sostenibilidad en Colombia. En: Gestión y Ambiente No.5. IDEA/UN. Medellín.

Márquez, G. (2001). De la abundancia a la escasez: La transformación de ecosistemas en Colombia. En: Palacios, G (ed.), 2001. La Naturaleza en Disputa. Universidad Nacional de Colombia. UNIBIBLOS. Bogotá.

Márquez, G. (2002). Ecosistemas estratégicos de Colombia: Aspectos conceptuales y metodológicos. Geografía (Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia) 46 (135): 87-103. Bogotá.

Márquez, G., (2004). Cambios ecosistémicos y condiciones de vida en Colombia: aproximación empírica. Gestión y Ambiente 7 (2): 37 – 54. Medellín

Márquez, G. (2008). Sistema de Indicadores Ambientales Municipales SIAM UN: Bases para un estudio de relaciones transformación de ecosistemas y condiciones de vida en Colombia. Instituto de Estudios Ambientales IDEA. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Márquez, G y Valenzuela, E. (2008). Estructura ecológica y ordenamiento territorial ambiental: aproximación conceptual y metodológica a partir del proceso de ordenación de cuencas. Gestión y Ambiente 11(2): 37 - 48.

Organización Mundial de Turismo -OMT (2005). Guía práctica para indicadores de sostenibilidad en destinos turísticos. Madrid: OMT

Sistema de Información del sector agrario colombiano - SISAC; Departamento Nacional de Estadística - DANE (1996). Encuesta Nacional Agropecuaria. Resultados 1995. Bogotá: DANE

Winograd, M. (1995) (con la colaboración de Norberto Fernández y Roberto Messias F.). Marco conceptual para el desarrollo y uso de indicadores ambientales y de sostenibilidad para toma de decisiones en América Latina y el Caribe. Documento para discusión Taller Regional sobre uso y desarrollo de Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad. PNUMA - CIAT. México, D.F.

World Resources Institute - WRI (2003). Ecosystems and human well-being: A framework for assessment. Informe del grupo de trabajo sobre marco conceptual de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Documento electrónico. 245p.

Bibliografía general consultada

IDEAM (2004). Guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia (Decreto 1729 de 2002). Bogotá. 100pp.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – IavH (1998). Mapa General de Ecosistemas de Colombia. Escala 1:2.000.000. Bogotá.

Márquez y Acosta (1994). Ecosistemas Estratégicos. En: IDEA, 1994 Política Nacional Ambiental: Documentos de Base. Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

The International Geosphere-Biosphere Program - IGB (1988): A Plan For Action. IGBP Report.

Ministerio del Medio Ambiente - Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales - IDEAM (1998). El Medio Ambiente en Colombia. Pablo Leyva (Editor). Bogotá: IDEAM

Línea Base Ambiental de Caldas: indicadores de biodiversidad

JOSÉ HUMBERTO GALLEGO ARISTIZÁBAL
Universidad de Caldas

3.1. El patrimonio biológico

La biodiversidad hace la diferencia entre nuestro planeta y el resto de los satélites solares hasta ahora descubiertos. Pero a su vez solo 17 países de esta nuestra nave espacial son considerados los mayores refugios de la megadiversidad biológica y, entre ellos, Colombia ocupa el segundo lugar después de Brasil. Dicha condición no es homogénea en nuestro territorio, necesitando de factores geográficos y climáticos diversos para condicionar las manifestaciones vivas que en él se encuentran; de esta manera en la medida que existan cordilleras, gradientes altitudinales, diferentes tipos de suelos, comunidades humanas raizales, periodos de lluvia y sequía, ofertas del recurso hídrico y hechos geológicos diversos, se generan ecosistemas o agroecosistemas particulares que albergan múltiples poblaciones de vidas aún por descubrirse.

Colombia, en compañía de otros 16 países que en su mayoría son del continente americano, ha sido reconocida como uno de los países que concentra mayor diversidad biológica, con estimativos de hasta 50.000 especies de plantas vasculares; además, ha sido considerada una de las prioridades globales de conservación, por la gran cantidad de ecosistemas, especies y variedades que en su territorio presentan algún riesgo de desaparición. De esta manera y en un esfuerzo por la conservación de este vital componente biológico, la comunidad científica ha dado importantes resultados en el conocimiento de la diversidad vegetal y animal del país con trabajos como la Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada (1783-1816), las obras de José Jerónimo Triana (1850-1875), la expedición coreográfica de Agustín Codazzi, los trabajos coordinados

por la Asociación Colombiana de Herbarios, el Instituto Alexander von Humboldt, los museos de historia natural y un sin número de actividades lideradas por el Instituto de Ciencias Naturales, centros de investigación, institutos especializados y diferentes universidades del país.

Con respecto a esta megadiversidad, en la Tabla 3.1 se describen el número de especies por grupo taxonómico para los países más biodiversos en el mundo, en la cual sobresale nuestro país por anfibios y aves, y ocupando un lugar preponderante en el resto de grupos (Romero, M. *et al.* 2008:39). De igual manera, en la Tabla 3.2 se presenta un comparativo de la riqueza de biodiversidad presente en las cinco regiones biogeográficas de Colombia (Romero, M. *et al.* 2008:39).

Tabla 3.1: Número de especies por grupo taxonómico para los cinco países más biodiversos del mundo. Fuente Profepa (2002). Tomado de http://www.humboldt.org.co/download/INSEB_2006-2007.pdf

Plantas	Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos
Brasil 53.000	Colombia 678-733	Australia 755	Colombia 1865	Brasil 523
Colombia 41.000	Brasil 517	México 717	Perú 1703	Indonesia 515
Indonesia 35.000	Ecuador 407	Colombia 524	Brasil 1622	México 502
China 28.000	México 284	Indonesia 511	Ecuador 1559	China 499
México 26.000	China 274	Brasil 468	Indonesia 1531	Colombia 471

Sin embargo, dada la vasta extensión, la complejidad y la diversidad de los ecosistemas de Colombia, aún queda mucho trabajo por hacer. Existen deficiencias en el conocimiento taxonómico, sobre los patrones de distribución geográfica de la diversidad presente, sobre la respuesta de estas a los procesos antrópicos, y sobre los mecanismos para su conservación. Estas deficiencias crean grandes obstáculos en el planteamiento e implementación de estrategias efectivas de conservación tanto en el marco nacional como en el regional.

Tabla 3.2: Número de especies por grupo taxonómico en las diferentes regiones naturales de Colombia. Fuente: www.siac.net.co/sib/biocifras/BioWebModule/InicioBioCifras.jsp. Tomado de: http://www.humboldt.org.co/download/INSEB_2006-2007.pdf

Grupo Taxonómico	Total	Caribe		Andina		Orinoquia		Amazónica		Pacífica	
		No. Spp	%	No. Spp	%	No. Spp	%	No. Spp	%	No. Spp	%
Peces	1.357	109	8,03	197	14,50	619	45,60	675	49,70	164	12,10
Aves	1.865	951	50,99	974	52,53	644	34,53	868	46,54	830	44,50
Anfibios	715	28	3,92	380	53,15	41	5,73	140	19,58	195	27,27
Mamíferos	471	100	21,23	177	37,58	101	21,44	85	18,05	167	35,46
Reptiles	524	101	19,27	277	52,86	119	22,71	147	28,05	210	40,08
Plantas	41.000	3.151	7,69	11.500	28,05	2.692	6,57	5.300	12,93	4.525	11,04
Total	45.932	4.440	9,67	13.505	29,40	4.216	9,18	7.215	15,71	5.927	12,90

El atributo territorial de nuestro país se logra gracias a la condición geográfica estratégica con relación al trópico y su variación altitudinal que le brindan la posibilidad de ofrecer diferentes escenarios con diferentes manifestaciones vivas que allí habitan; así mismo y complementario a ello Colombia posee:

- Disponibilidad de energía solar todo el año
- Un área total de 2.072.408 Km² (55 % continental y 45 % marinas)
- Cordilleras con alturas por encima de los 4.000 m.s.n.m.
- Porción de selva amazónica menos afectada.
- Océanos con profundidades mayores a los 4.000 m. y más de 2.900 km de costa.
- Presencia de gran parte del Chocó biogeográfico y el Macizo Colombiano considerados puntos calientes (hot spot) para el mundo (Ospina, 1999).
- La montaña más alta del mundo frente al mar (la Sierra Nevada de Santa Marta con 5.775 m.).
- Algunas de las zonas más lluviosas del mundo, buenas vertientes hidrográficas.
- Mayor número de ecosistemas en el mundo.

Pero así como tenemos esas condiciones positivas y valorativas para nuestro territorio, también sabemos de las múltiples afectaciones que recibe nuestro patrimonio biótico, entre las cuales se suelen considerar las siguientes causas directas e indirectas de la pérdida de biodiversidad:

■ CAUSAS DIRECTAS

- Ejecución de políticas públicas inadecuadas de ocupación del territorio.
- Construcción de obras de desarrollo e infraestructura.
- Consumo de leña (mayor del 80 % de los sistemas productivos rurales).
- Incendios en ecosistemas naturales.
- Actividad minera, en especial la megaminería.
- Cultivos ilícitos.
- Introducción de especies foráneas e invasoras (la trucha, rana toro, el ojo de poeta, el caracol).
- Sobreexplotación de especies silvestres, en especial la pesca extractiva.
- Erosión genética que reduce el tamaño de las poblaciones y que conlleva a mayor vulnerabilidad a la extinción (como sucede con la riqueza ictiológica en el río Magdalena).

- Abastecimiento de madera para la industria y el comercio (el sector forestal es poco eficiente y productivo, más del 42 % es pérdida post cosecha)
- Contaminación: basuras, residuos sólidos industriales, uso intensivo de plaguicidas y fertilizantes.
- Conversión de zonas cenagosas en pastoreo.
- La erosión edáfica (es severa en más del 50 % del territorio)
- El cambio climático

■ CAUSAS INDIRECTAS

- La estructura en la tenencia de la tierra.
- Los patrones de consumo de drogas ilegales.
- Deficiencia científica en conservación y uso sostenible de la biodiversidad.
- Carencia de tecnologías de producción ambientalmente adecuadas y compatibles con la conservación de los recursos naturales (agroecología u otras agriculturas sustentables).
- Incipiente y débil capacidad institucional para reducir el impacto (falta de presupuesto, orden público, explotación forestal ilegal).
- Falta de sistemas de valoración económica de la biodiversidad.
- Distribución inadecuada de los beneficios derivados del uso de la biodiversidad.

Por tales motivos es oportuno y necesario emprender acciones que propendan por el rescate de nuestra biodiversidad y de esta manera contrarrestar el avance en los procesos de extinción de muchos de nuestros recursos naturales tropicales, que como en Colombia representan la base alimenticia, productiva y de bienestar de la sociedad. A partir de la Constitución de 1991 nuestro país ha implementado acciones a favor de la biodiversidad y, más particularmente desde el año 1998 el Instituto Alexander von Humboldt ha fomentado y permitido la construcción de la Política Nacional de Biodiversidad (denominada actualmente como Política Nacional de Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos). Mediante sus tres ejes centrales impartidos desde el Convenio de Diversidad Biológica: el conocimiento, el uso y aprovechamiento sustentable y la conservación, ha propiciado el reencuentro con nuestro territorio salvaje, biodiverso, pluriétnico y multicultural, que asegurará el bienestar de nuestra nación.

3.2. Caldas: territorio de biodiversidad

Según diferentes estudios desarrollados por CORPOCALDAS, el departamento de Caldas está situado en la parte centro occidental del país, con límites que se extienden desde la cuenca del río Magdalena hasta la cuenca del río Cauca, incluyendo ambas vertientes de la cordillera Central y la vertiente oriental de la cordillera Occidental; con una extensión de 7.457 Km² representa el 0.7 % del total del país y hace parte del denominado Eje Cafetero, por lo tanto su desarrollo está ligado al de la región tanto a nivel económico como ambiental. La mayor biodiversidad

se concentra en las laderas del norte de los Andes, en el cinturón enmarcado entre los 1000 y 2000 msnm, superando en diversidad y riqueza al Chocó biogeográfico y la Amazonía, área en la cual el departamento de Caldas cuenta con 267.543 hectáreas, que corresponden al 36% de su área total. No obstante, esta franja es la más transformada ya que corresponde a la zona óptima para la producción de café, lo que ha estimulado la concentración de la población humana en la región, generando impactos ambientales negativos variables en magnitud e intensidad.

Según Castaño y Corrales (2010), en un informe sobre los mamíferos del departamento, los bosques de Caldas, al igual que otros bosques andinos colombianos, han sufrido drásticas transformaciones, principalmente, como resultado de acciones antrópicas como el pastoreo y la expansión de la frontera agrícola. Estas actividades han llevado a que un gran número de bosques persistan actualmente como fragmentos con diferentes grados de intervención y aislamiento, acarreando consecuencias para las poblaciones de mamíferos como alteraciones en la estructura de la comunidad y extinciones locales. Es debido a este tipo de problemáticas que se hace necesario implementar estrategias que permitan favorecer el mantenimiento de la diversidad y la viabilidad de las poblaciones durante el tiempo en un paisaje cambiante.

Con aproximadamente el 20% del territorio del departamento inventariado en materia de vegetación, se puede afirmar el precario nivel en que se encuentra el estado del conocimiento de la flora de nuestra región. Prueba de ello se ve estipulado en el Plan de Gestión Ambiental Regional Caldas (PGAR) que se desarrolla en el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2007 - 2019 en el que se manifiesta en una de las líneas estratégicas, la necesidad de conservación, uso y restauración de la biodiversidad, con el claro objetivo de contribuir a la preservación de la biodiversidad de la región, mediante la generación de conocimiento, uso sostenible, valoración, restauración y conservación de los ecosistemas en el marco de la política nacional de biodiversidad.

En nuestro territorio se han realizado diferentes investigaciones con el fin de esclarecer y develar la riqueza biológica aquí presente y para tal efecto se ha tenido la colaboración de investigadores y científicos de las universidades de Caldas, Antioquia y Nacional y muy especialmente del Jardín Botánico-Universidad de Caldas, Jardín Botánico de Medellín, el herbario FAUC y el Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas; así mismo y en forma particular se ha incrementado el nivel de conocimiento gracias al programa de Biología de la Conservación de Cenicafé, convirtiendo los ecosistemas naturales en laboratorios vivos y escenario para la práctica de muchos estudios científicos aún escasos para tanto potencial biológico. Complementario a ello es importante incorporar las propuestas de investigación y conservación que desde el sistema nacional de áreas protegidas se generan, en especial lo realizado por el Parque nevados y más recientemente del parque de Florencia como áreas de administración estatal y de aquellas reservas de la sociedad civil, áreas privadas o coleccionistas particulares que aportan muchos argumentos a favor del conocimiento y conservación de nuestra biodiversidad local.

De esta manera y según Castaño y Corrales (2010), en el departamento de Caldas se han realizado varios inventarios de mamíferos inicialmente desde hace casi 100 años, exploradores de museos norteamericanos iniciaron el estudio sistemático de la mastozoofauna caldense. Los primeros registros que se tienen, provienen de Leo E. Miller, quien colectó 14 mamíferos en el municipio de Aguadas en el año 1911, los cuales están depositados en el American Museum of Natural History; durante los años 20 y los 40 el hermano lasallista Nicéforo María realizó colectas ocasionales de mamíferos de Caldas las cuales fueron depositadas en Field Museum of Natural History y National Museum of Natural History, posteriormente, el renombrado mastozoólogo Philip Hershkovitz en 1951 realizó una expedición que incluyó dos localidades del

territorio caldense donde colectó cerca de 120 ejemplares actualmente depositadas en Field Museum of Natural History; en 1967 el médico parasitólogo holandés Cornelis J. Marinkelle colectó decenas de murciélagos vampiros en La Dorada en busca de parásitos sanguíneos.

Más recientemente, se empiezan a realizar estudios sistemáticos por parte de instituciones colombianas; a partir de los años 80 sobresalieron Alberto Cadena y Jorge Hernández Camacho de la Universidad Nacional y el INDERENA, las colecciones de estos dos celebres mastozoólogos colombianos se encuentran en el Instituto de Ciencias Naturales y el Instituto Alexander von Humboldt principalmente. También es de resaltar la importante labor del naturalista Jesús H. Vélez, quien colectó y preparó decenas de ejemplares de mamíferos de Caldas y fundó en los años 70 el Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas, dando inicio a las colecciones científicas en nuestra región. A partir de los años 90 CORPOCALDAS, la Universidad de Caldas y otras instituciones regionales han continuado la elaboración de estudios mastozoológicos regionales. En el año 2003 fueron recopilados todos estos trabajos en una lista de 124 especies de mamíferos de Caldas (Castaño *et al.* 2003), sin embargo, esta lista dista mucho de ser completa, aún no se ha hecho un análisis adecuado que recopile trabajos más recientes realizados principalmente por la universidades de Antioquia y de Caldas, en el oriente caldense, además tampoco se han hecho análisis zoogeográficos que identifiquen vacíos de información y prioridades de conservación en nuestro departamento (Castaño y Corrales, 2010).

Hasta el momento, 22 de los 27 municipios de Caldas tienen alguna información de presencia de mamíferos, los municipios con mayor número de registros son, en orden descendente, Samaná, Manizales, Norcasia, Villamaría y La Dorada con más de 100 registros cada uno, lo cual nos muestra dos focos donde se concentra la información, uno de ellos en la cuenca del río La Miel, (Samaná, Norcasia, y La Dorada) y el otro en la cuenca del río Chinchiná (Manizales y Villamaría). Los demás municipios tienen poca información debido principalmente a bajos o nulos esfuerzos de muestreo de mamíferos, lo cual nos indica que aún estamos lejos de conocer la riqueza real de especies de mamíferos del departamento.

El listado actual de 156 especies aumenta el número de especies registradas para Caldas y demuestra que es un departamento con alta diversidad de mamíferos, a pesar de que los listados son aún incompletos representa el 35% de los mamíferos de Colombia (Alberico *et al.* 2000), incluyendo 6 especies endémicas y 17 especies con alguna categoría de amenaza, dos de ellas, en peligro crítico como el Tití Gris (*Saguinus leucopus*) y la Danta de páramo (*Tapirus pinchaque*). Las zonas de mejor muestreo en el departamento son la cuenca del río Chinchiná y la cuenca del río La Miel, sin embargo, aún en estas localidades las listas siguen siendo incompletas, lo cual demuestra que todavía tenemos grandes vacíos de información, especialmente los distritos norte, centro y occidente del departamento.

Las ecorregiones con mayores vacíos de información son los bosques secos del Magdalena y Cauca, precisamente unas de las regiones con mayor necesidad de información por su alto índice de deterioro. Sería importante enfocar esfuerzos de muestreo de mamíferos en los bosques secos del río Cauca, específicamente en las regiones-distritos Bajo y Alto Occidente los cuales son los menos estudiados, en el departamento.

Altitudinalmente, las cotas por encima de los 3.500 msnm y especialmente sobre los 4.000 m, también presentan vacíos de información; precisamente a estas elevaciones se encuentran roedores endémicos como *Akodon affinis*, *Thomasomys bombycinus* y *Sciurus pucheranii*, así como la Danta de páramo, una especie en peligro crítico de extinción. Entonces, estudiar mamíferos

a estas elevaciones sería prioritario no solo por llenar vacíos de información de las localidades, sino para estudiar poblaciones de especies prioritarias para la conservación.

Es importante continuar con registros metódicos de los mamíferos de Caldas, aún hay especies que muy probablemente se encuentran en el departamento, pero no se incluyen en los listados debido a que su presencia no se ha documentado científicamente, es decir, no tienen registros verificables, como ejemplares depositados en museos, fotos, huellas, rastros, sin embargo, estamos a la espera de reunir información para probar la presencia de Jaguar (*Panthera onca*) probablemente presente en los municipios de Dorada, Norcasia y Riosucio, Oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) probablemente presente en los municipios de Villamaría, Pensilvania, Marulanda y Riosucio, Yaguarundi (*Puma jaguarundi*) probablemente presente en los municipios de Manizales, Chinchiná, Palestina; Venado conejo (*Pudu mephistophiles*) en el municipios de Villamaría; entre otras especies.

Por otro lado y teniendo en cuenta la posibilidad carismática que tienen, las aves corresponden a uno de los grupos que más se ha estudiado en las investigaciones sobre Biodiversidad, centrando sus estudios en la Composición donde se encuentran todos los listados e inventarios, pero poco se ha avanzado en el estudio sobre la Estructura y aún menos sobre la Función, que son los otros dos componentes que conforman el análisis científico de este recurso.

Según CORPOCALDAS y CALIDRIS (2010), a partir de los 34.884 registros contenidos en la base de datos, se reportan 923 especies de aves en el departamento de Caldas. Entre las especies reportadas se encontraron 116 registros únicos, es decir que la especie solo ha sido registrada en una ocasión en el departamento. De acuerdo con el criterio de confiabilidad establecido, se consideró que 33 de estos registros son poco confiables debido a la falta de información. Se encontraron también 13 especies registradas en el Parque Nacional Natural Los Nevados y zonas aledañas (Pfeifer *et al.* 2001), sin embargo, considerando que son cuatro los departamentos que comparten la extensión del PNN Los Nevados y que en la referencia mencionada no se especifica la localidad exacta del registro, esta información tampoco fue incluida en los análisis. Las especies excluidas son el Gavilán gorgiblanco (*Buteo albigula*), la Pava caucana (*Penelope perspicax*), el Zambullidor plateado (*Podiceps occipitalis*), el Tapaculo de Mérida (*Scytalopus meridianus*), el Colibrí cabecicastaño (*Anthocephala floriceps*), el Calzoncitos diminuto (*Eriocnemis alinae*), la Cotinga buchicastaña (*Doliornis remseni*), el Zarcerito encapuchado (*Thlypopsis fulviceps*), Tórtola tolimense (*Leptotila conoveri*), el Hormiguero cabecipunteado (*Dysithamnus leucostictus*), la Tovaca barrada (*Chamaeza mollissima*), el Picaflor rabiazul (*Diglossa brunneiventris*) y la Clorofonia ferruginosa (*Chlorophonia pyrrhophrys*).

De esta forma, solo se consideran 877 especies válidas para el departamento de Caldas que fueron incluidas en los análisis. Los reportes de la avifauna abarcan desde finales del siglo XIX hasta nuestros días. El registro más antiguo es del Doradito lagunero (*Pseudocolopteryx acutipennis*) en la vereda Bajo Arroyo del municipio de Villamaría, data de 1870 y se encuentra citado en el libro rojo de aves de Colombia (Rengifo *et al.* 2002) en la categoría de vulnerable (VU).

Con relación a los demás grupos taxonómicos de importancia para el análisis de la riqueza biológica de nuestro departamento, es poco lo que actualmente se tiene disponible a pesar de los esfuerzos generados desde el Jardín Botánico de la Universidad de Caldas que mediante maratones de muestreos rápidos de biodiversidad incrementan los listados de hongos, arácnidos, insectos, herpetos, aves, mamíferos y peces presentes en nuestro territorio y que han sido repor-

tados en el Boletín científico del Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas. De esta manera se justifica aún más la necesidad de realizar inventarios, estudios o monitoreos de la oferta biótica presente en el departamento que afiance el nivel de conocimiento y por ende del manejo adecuado de dicho recurso.

3.3. Selección de Indicadores

En el proyecto de definición de los indicadores de la Línea Base Ambiental de Caldas, de acuerdo con la revisión de los estudios sobre biodiversidad que corresponden al departamento, se propone incluir aquellos indicadores que de acuerdo con la información existente ya sea en agencias gubernamentales, ONG, universidades y centros de investigación puedan ser desarrollados principalmente, cumplan con algunos criterios como:

- Suscitar información objetiva y cuantitativa.
- Ser medible.
- Responder a cambios en el tiempo y en el espacio.
- Prever futuros escenarios.

Por esta razón, se han seleccionado los siguientes indicadores que de acuerdo con la información existente cumplen con los criterios básicos para ser establecidos como un indicador:

Indicador	Variables requeridas	Entidad o institución que tiene los datos	Medio en el que se encuentra la información	Proyección del año desde el cual se puede poblar el indicador
Especies de insectos reportados y existentes	# de especies reportados desde el 2004	Universidades, CORPOCALDAS, CENICAFE, Instituto Humboldt	Escrita y virtual	2004
Especies de plantas reportadas y existentes	# de especies reportadas desde el 2004	CORPOCALDAS, universidades, fundaciones, entidades públicas y ONG	Virtual	2004
Especies de aves reportadas y existentes	# de especies reportadas	CORPOCALDAS, universidades, fundaciones, entidades públicas y ONG	Virtual	2004

Indicador	VARIABLES requeridas	Entidad o institución que tiene los datos	Medio en el que se encuentra la información	Proyección del año desde el cual se puede poblar el indicador
Especies de mamíferos reportados y existentes	# de especies reportados	CORPOCALDAS, universidades, fundaciones, entidades públicas y ONG	Virtual	2004
Especies de peces reportados y existentes	# de especies reportados	CORPOCALDAS, universidades, fundaciones, entidades públicas y ONG	Virtual	2004
Especies de anfibios reportados y existentes	# de especies reportados	CORPOCALDAS, universidades, fundaciones, entidades públicas y ONG	Virtual	2004
Especies de reptiles reportados y existentes	# de especies reportados	CORPOCALDAS, universidades, fundaciones, entidades públicas y ONG	Virtual	2004
Especies de hongos reportados y existentes	# de especies reportados	CORPOCALDAS, universidades, fundaciones, entidades públicas y ONG	Virtual	2004
Inventarios de Biodiversidad	# de inventarios realizados por año	Instituto Humboldt, CORPOCALDAS, Museo de Historia, universidades (Biblioteca, Jardín Botánico, simposios regionales)	Virtual	2004

Indicador	Variables requeridas	Entidad o institución que tiene los datos	Medio en el que se encuentra la información	Proyección del año desde el cual se puede poblar el indicador
Publicaciones científicas divulgativas	Publicaciones científicas en un año	Revistas científicas (Boletín científico Museo de Historia Natural, Luna Azul, Biota Colombiana, Scielo)	Virtual	2004
	Publicaciones científicas en el año anterior		Virtual	2004

3.4. Conclusión

La riqueza biofísica manifestada en todo el territorio caldense aún está por descubrirse a pesar de la alta actividad antrópica que históricamente se ha generado por los procesos productivos aquí presentes. Poseemos nieves perpetuas, páramos, bosques nublados, relictos de selva en las áreas cafeteras y ganaderas y una masa boscosa fragmentada que alberga una diversidad de especies aún incalculable donde la relación simbiótica entre sus componentes la desconocemos.

Una de las herramientas que facilitan el acercamiento al conocimiento biológico silvestre presente en nuestros territorios es el permanente monitoreo de las poblaciones, sus hábitats y sus ecosistemas, realizado por esa gran masa de naturalistas e investigadores que entienden la dinámica evolutiva, económica, productiva y espiritual de esta riqueza incommensurable. De esta manera, la construcción, implementación y evaluación periódica de indicadores de biodiversidad nos ayudarán a identificar la composición, la estructura y la función de la de estos componentes silvestres para con ellos favorecer la construcción de territorios sustentables donde el desarrollo humano del siglo XXI se aproxime a los criterios del bienestar ambiental.

Referencias bibliográficas

- Alberico M, Hernández-Camacho J, Cadena A, Muñoz-Saba Y (2000). Mamíferos (Sinapsida: Theria) de Colombia. *Biota Colombiana* 1(1):43-75.
- Castaño JH, Corrales JD. (2010). Mamíferos de la cuenca del Río la Miel (Caldas): Diversidad y uso cultural. *Boletín Científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas*, 14(1):56-78.
- Castaño JH, Muñoz-Saba Y, Botero JE y Vélez JH (2003). Mamíferos del departamento de Caldas – Colombia. *Biota Colombiana*, 4(2) 247-259.

CORPOCALDAS y CALIDRIS (2010). Estado del conocimiento de las aves del departamento de Caldas: prioridades de conservación y vacíos de información. Manizales: Corporación Autónoma Regional de Caldas.

Ospina Herrera, Oscar (1999). Proyectos Ambientales: Gestión de Fauna Silvestre. Módulo de educación a distancia, Universidad de Caldas.

Pfeifer, A. M., J. C. Verhelst & J. E. Botero (2001). Estado de conservación de las aves del Parque Nacional Natural Los Nevados y su zona de amortiguación. Boletín SAO 12 (22-23): 21-41.

Rengifo, L.M, A.M. Franco-Maya, J.D. Amaya-Espinel, G.H. Kattan y B. López-Lanús (eds) (2002). Libro rojo de aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas en Colombia. Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt y Ministerio de Medio Ambiente.

Romero M., Cabrera E. y Ortiz N. (2008). Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2006-2007. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 181 p

Línea Base Ambiental de Caldas: indicadores de agua

FERNANDO MEJÍA FERNÁNDEZ JOAN NATHALIE SUÁREZ HINCAPIÉ
MARINELA DEL C. VALENCIA G. VÍCTOR MAURICIO ARISTIZÁBAL M.
JORGE JULIÁN VÉLEZ UPEGUI

Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

4.1. Aspectos generales

El agua es una sustancia con características únicas, de gran significación para la vida, la más abundante en la naturaleza y determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos del medio natural (IDEAM, 2001), logrando alcanzar un papel protagónico en los diversos ecosistemas existentes en el planeta, en la vida de las sociedades, las culturas, la economía, es decir, en el ambiente.

A lo largo de la historia se ha demostrado cómo el comportamiento del agua y su disponibilidad han propiciado y/o limitado el crecimiento y desarrollo de una cultura y cómo en otros casos han sido un modelador de sus hábitos y de sus prácticas. Es entonces indudable el rol del agua en todas las sociedades y, especialmente, en la permanencia de las especies en la Tierra dentro de los diversos ecosistemas, pues no sólo sustenta los variados organismos presentes en ella, sino que permite la interrelación entre éstos y los elementos inertes de la naturaleza, además de propiciar la dinámica misma de los ecosistemas, actuando como el motor de los procesos físicos, químicos y biológicos que se dan en su interior.

En la pasada década, el 90% de los desastres naturales ocurridos estuvieron relacionados con el agua. Los tsunamis, las inundaciones, las sequías, la contaminación y las oleadas de tormentas son tan sólo algunos de los ejemplos de todos aquellos

peligros que pueden poner en riesgo a las sociedades y comunidades. Cuando dichos riesgos, probablemente en aumento debido al contexto medioambiental cambiante, no se gestionan con el objetivo de reducir la vulnerabilidad humana, se convierten en catástrofes. Las inundaciones y las sequías son los desastres relacionados con el agua dulce que resultan ser más mortales, quebrando además el desarrollo socioeconómico, sobre todo en los países en vías de desarrollo. Los esfuerzos para reducir el riesgo de que se desencadenen desastres se han de integrar de forma sistémica en las políticas, planes y programas de desarrollo sostenible y de reducción de la pobreza (Naciones Unidas 2006).

Por tanto, es preponderante, por un lado, garantizar la disponibilidad del agua para todos los usos, priorizando aquellos establecidos en la legislación y, por otro, establecer estrategias y políticas eficientes en el tema de gestión del riesgo asociadas al agua, para de esta manera hacer frente a las disputas relacionadas con el acceso al agua y disminuir los desastres asociados a ella.

Es tal la importancia del tema del agua en los ámbitos social, cultural, económico, que ha sido incluido en leyes, políticas y agendas internacionales. Así, el derecho a disponer de agua potable y de servicios de saneamiento forma parte de los derechos humanos reconocidos internacionalmente y puede considerarse un requisito indispensable para el ejercicio de otros derechos humanos (Naciones Unidas, 2004). Siendo el agua vital para una vida digna, se entiende como un factor determinante de la salud pública, del derecho a la alimentación, del derecho a la salud y del derecho a la vivienda, entre otros (Defensoría del pueblo, 2005).

De modo similar, el Índice de Desarrollo Humano desarrollado por el Programa de las Naciones Unidas – PNUD, refleja el estado de un país en tres aspectos: salud, educación y estándar de vida y tiene en cuenta de manera indirecta los avances de un país en términos de gestión del recurso hídrico. Este índice busca crear enfoques que integren la sostenibilidad medioambiental y la equidad y promuevan el desarrollo humano, esto es, estrategias beneficiosas para todos (PNUD, 2011). En este sentido, el plan de acción de Johannesburgo ha resaltado la relación existente entre la reducción del riesgo de desastres y el desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2006).

También, en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) se hace hincapié en que muchos países todavía no están en condiciones de alcanzar los objetivos relacionados con el agua, con lo que su seguridad, desarrollo y sostenibilidad medioambiental se ven amenazados, muriendo cada año millones de personas a causa de enfermedades transmitidas por agua que es posible tratar. Mientras aumentan la contaminación del agua y la destrucción de los ecosistemas, somos testigos de las consecuencias que tienen sobre la población mundial el cambio climático, los desastres naturales, la pobreza, las guerras, la globalización, el crecimiento de la población, la urbanización y las enfermedades, todos los cuales inciden en el sector agua (Naciones Unidas, 2006).

Hay agua suficiente para todos. El problema que enfrentamos en la actualidad es, sobre todo, un problema de gobernabilidad: cómo compartir el agua de forma equitativa y asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas naturales. Hasta el día de hoy, no hemos alcanzado este equilibrio (Naciones Unidas, 2006).

A este respecto, Pearce (2006) trata un tema de gran importancia para todos los seres del planeta, la crisis mundial del agua. Son varios los ejemplos a nivel mundial a través de los cuales muestra que el problema del agua no se refiere necesariamente a la escasez. Algunos de estos ejemplos

son: el desarrollo de actividades agrícolas y de ganadería a partir de una extracción insostenible de agua subterránea como en el caso de las granjas de la India, lo perverso de la corrupción que dejó a miles de niños lisiados en la India por contaminación con fluoruro, los planes de regadío en Libia con agua fósil encaminados a lograr la autosuficiencia agrícola, conflictos por sobre explotación de fuentes de agua compartidas en Medio Oriente, la degradación de ecosistemas estratégicos de gran importancia para el planeta por el desarrollo de grandes obras de ingeniería, la afectación de ecosistemas especiales, como el lago Chad, en torno al cual se desarrolla toda una cultura.

Estos son sólo ejemplos del problema de agua en el mundo, y todos ellos tienen ciertas cosas en común: la mala administración de las cuencas, el abuso del poder, la corrupción, el desconocimiento de la dinámica natural de las fuentes de agua y ante todo, la no previsión. Pearce (2006) muestra una realidad mundial, un problema de gobernabilidad del agua.

Por tanto, como lo menciona Naciones Unidas (2006), las decisiones relativas a la gestión hídrica son una prioridad absoluta. ¿Quién tiene derecho al agua y a sus beneficios? ¿Quién toma las decisiones sobre la distribución del agua y determina a quién, desde dónde, cuándo y cómo se suministra el agua?

La capacidad que tienen los países de suministrar agua y servicios de saneamiento para todos, de aplicar estrategias para el alivio de la pobreza y planes de gestión integrada de los recursos hídricos para satisfacer las nuevas demandas en materia de agua y gestionar conflictos y riesgos, depende en gran medida de su capacidad para establecer sistemas sólidos y efectivos de gobernabilidad (Naciones Unidas, 2006).

Para llegar a tener adecuados sistemas de gobernabilidad del agua, se requiere primero definir los temas prioritarios, los cuales deben ser abordados de manera más inmediata. Así, los elementos claves para una adecuada gestión del agua son (OMM et al., 2006):

- Estimulación de ideas e iniciativas para la acción que favorezcan una mejor administración del sector agua potable.
- Una cooperación global que logre asegurar una gestión integrada, justa y sostenible del recurso máspreciado del mundo: el agua.
- Atender los problemas sobre las tensiones y la escasez de agua, por una parte, y tener en cuenta los derechos políticos y libertades civiles, por otra parte.
- Mejorar el diálogo en materia de agua entre los gobiernos, la sociedad civil y el sector privado.
- Desarrollar entornos e instituciones flexibles para la gobernabilidad.
- Los indicadores son necesarios para evaluar la eficiencia de las fórmulas actualmente utilizadas para gestionar los riesgos y para elaborar estrategias de reducción del riesgo de desastres.
- Resolver el problema de la poca información disponible sobre agua y riesgo.
- Considerar y coordinar las necesidades y demandas de agua de todos los sectores para que permitan una repartición justa del agua.

- Los conocimientos locales deben ser el punto de partida de todo proyecto de desarrollo.
- Capacitación para los gestores del recurso hídrico.
- Mayor inversión en las redes de información hidrometeorológicas.
- Los indicadores deben informar tanto a los implicados a nivel local como a quienes establecen las políticas a nivel nacional.

4.2. Contexto nacional

En el caso particular de Colombia, su riqueza hídrica se manifiesta en una extensa red fluvial superficial que cubre el país, en unas condiciones favorables de almacenamiento de aguas subterráneas, en la existencia de cuerpos de agua lénticos, distribuidos en buena parte de la superficie total y en la presencia de enormes extensiones de humedales (IDEAM, 2001).

Desde el punto de vista ecológico, la presencia de altas montañas, abundantes precipitaciones, extensas sabanas y selvas húmedas, junto con la ubicación estratégica en la zona tropical, propician y determinan la existencia de ecosistemas con un potencial hídrico valioso y sistemas complejos de regulación (IDEAM, 2001). Dichos ecosistemas son el sustento de las sociedades asentadas en el territorio colombiano, lo que representa, en últimas, una variada y rica gama de recursos naturales, con lo que ello representa en términos ecológicos, genéticos, sociales, culturales y ambientales.

La ubicación geográfica, la variada topografía y el régimen climático que caracterizan el territorio colombiano han determinado que Colombia posea una de las mayores ofertas hídricas del planeta. Sin embargo, esta oferta no está distribuida homogéneamente entre las diferentes regiones del país (IDEAM, 2001). Cuando se considera en detalle que la población y las actividades socioeconómicas se ubican en regiones con baja oferta hídrica, que existen necesidades hídricas insatisfechas de los ecosistemas y que cada vez es mayor el número de impactos de origen antrópicos sobre el agua, se concluye que la disponibilidad del recurso es cada vez menor (MAVDT, 2010).

La importancia del agua como ingrediente vital básico y como constituyente esencial de nuestro entorno es indudable, interviene de una manera o de otra en la mayoría de las actividades humanas tanto de explotación como de utilización de los recursos, convirtiéndose en un factor determinante para la organización del territorio (Chaparro, 1998).

A partir del reconocimiento de la importancia del agua en todas las dimensiones del ambiente y de los graves problemas que se pueden presentar por su comportamiento y su disponibilidad, se ha cambiado el enfoque tradicional de administración del territorio, pasando de una administración de los recursos naturales fiel a unos límites político – administrativos, a otra que parte de una delimitación geográfica denominada cuenca hidrográfica.

El nuevo planteamiento que toma como unidad de estudio la cuenca hidrográfica es el ordenamiento ambiental, el cual constituye el instrumento normativo de mayor jerarquía con respecto al ordenamiento territorial. El ordenamiento ambiental da una mirada integral al territorio, con el fin de trabajar en procura de una óptima administración de los recursos naturales, constituyéndose en una nueva herramienta para la planificación donde la interrelación de las diferentes

dimensiones del ambiente permite, entre otros, entender la dinámica propia de la cuenca y la incidencia positiva o negativa que tienen sobre ella las acciones de sus habitantes, para llegar a un ordenamiento de desarrollo sostenible. En este proceso de planificación el eje lo constituye la optimización y manejo integral del recurso hídrico, considerando su importancia en el desarrollo social y económico.

La ordenación del recurso hídrico es un ejercicio orientado a estudiar, entre otras, las características biofísicas, hidrológicas, sociales, económicas y culturales de la cuenca hidrográfica, para identificar las potencialidades y restricciones de ella y determinar las estrategias que permitan llevar a cabo una adecuada gestión del recurso hídrico, bajo un enfoque integral, que propenda por una utilización racional de los recursos naturales y por el bienestar de las comunidades asentadas allí. Esta ordenación se enmarca dentro de un tema de vigencia mundial, la gestión del agua, la cual se dirige hacia un manejo óptimo y racional del recurso; todo esto, con el fin no sólo de determinar la disponibilidad de este recurso en un determinado momento y lugar para los diferentes usos que se le da, sino para intentar prever la posible ocurrencia de desastres asociados a la dinámica del agua (Valencia, 2008).

En conclusión, se debe tener presente que la gobernabilidad del agua es un tema ineludible si se habla de desarrollo sostenible y bienestar humano. Pero una adecuada gobernabilidad implica mejorar nuestro conocimiento del estado de los recursos naturales, así como el establecimiento de estrategias y políticas que garanticen su disponibilidad para todos los usos y se disminuyan y/o eliminen los riesgos asociados al agua.

4.3. Contexto para Caldas

La ubicación geográfica y los fenómenos climáticos locales y globales hacen del departamento de Caldas una de las regiones con una alta oferta hídrica en términos de cantidad. Por estar ubicada dentro del área de confluencia intertropical, se encuentra allí una de las zonas con más alta precipitación anual del país. Tales características le dan a esta parte del país condiciones especiales para una abundante biodiversidad.

Como es bien sabido, la disponibilidad del agua, uno de los temas claves en la Gestión Integral del Recurso Hídrico, está en función de dos variables, la cantidad del recurso hídrico y la calidad. La conjunción de estas dos variables determina la disponibilidad de agua para cada uso.

Su geografía y su alta variación altitudinal, entre otros, hacen que la abundante oferta hídrica del departamento no esté distribuida de manera uniforme y por tanto la presión sobre el recurso agua no sea la misma en todo su territorio. De igual manera, estas mismas características determinan el tipo y la magnitud de los riesgos asociados al agua; así, en las zonas de montaña son frecuentes los deslizamientos y las avalanchas, y en las zonas semiplanas son frecuentes las inundaciones, todos ellos con consecuencias graves en términos de pérdidas humanas y de bienes. De mismo modo, la contaminación del agua, que es un riesgo generalizado, afecta principalmente la salud de los habitantes de las zonas afectadas y por ende su calidad de vida.

En Caldas existe una abundante oferta del recurso hídrico, un superávit en la mayoría de sus cuencas (alto rendimiento hídrico) debido, entre otras cosas, a su abundante precipitación, con valores de precipitación media anual muy variada espacialmente, con fluctuaciones entre 1.200 mm en la zona de páramos y 7.000 mm en la selva de Florencia, al oriente del departamento.

Aún así, algunas cabeceras municipales presentan índices de uso del agua y de vulnerabilidad hídrica muy altos (Manizales, Riosucio, Viterbo, Aguadas) en años medios y secos (IDEAM, 2010).

Debe tenerse en cuenta, además, el impacto que están teniendo la variedad y el cambio climático sobre la oferta hídrica de los glaciares que componen los nevados del Ruiz (Cumanday) y Santa Isabel ante el proceso de desglaciación que sufren ellos, y sobre la zona de páramos de la cordillera Central.

La oferta hídrica caldense no solo se limita a las fuentes superficiales, sino que también incluye el agua subterránea representada por acuíferos en estratos sedimentarios del terciario y el cuaternario existentes en las franjas de los valles del Magdalena y del Cauca, al oriente y al occidente del departamento respectivamente; anotando que la explotación de esta fuente de agua es poca.

En cuanto a calidad del agua se puede decir, en términos generales, que las zonas de los nacimientos de los cuerpos de agua que son poco intervenidas presentan una buena calidad prácticamente para todos los usos. Diversos estudios han demostrado la capacidad autodepuradora de las corrientes de agua que no son altamente intervenidas y que, por ende, la calidad del agua, en la medida en que se aproximan las corrientes naturales a centros poblados, se deteriora. La magnitud del problema de contaminación depende, no sólo del tamaño de la población asentada alrededor del cuerpo de agua sino también de que sus aguas residuales sean o no tratadas antes de ser vertidas a los cuerpos de agua (en la gran mayoría de los casos no hay tratamiento previo alguno), y del tipo de actividades desarrolladas en la cuenca. No existe información abundante sobre la calidad del agua en todo el departamento, solo estudios puntuales recientes. Los estudios más antiguos y/o con mayor periodicidad de monitoreo se presentan en las cuencas que revisten mayor importancia desde el punto de vista económico. Apenas recientemente se empeiza a tener conciencia de la necesidad de un monitoreo continuo de las variables que determinan la calidad y aptitud del agua para un uso determinado.

Vale la pena resaltar que en Caldas se ha llevado a cabo la ordenación de algunas de sus principales cuencas, lo cual ha permitido ahondar en el conocimiento de los ecosistemas que se encuentran en ellas. Esto ha dejado una variada y valiosa información sobre los recursos naturales y a la vez ha dado luces de cuáles temas son prioritarios para llegar a una adecuada gestión no solo del recurso hídrico, sino también de todos los demás recursos naturales.

Finalmente, cabe resaltar el esfuerzo que han hecho diversas instituciones públicas, privadas y de la academia para llevar a cabo un monitoreo continuo de las variables ambientales de interés, tanto de monitoreo de las variables que dan cuenta de la cantidad de agua presente, como de la calidad del agua superficial y subterránea y también de variables que permiten inferir el riesgo asociado a ella. Esto ayuda no solo a consolidar los sistemas de evaluación sino a conocer el estado y la dinámica de los recursos, que se verán reflejadas en estrategias más adecuadas en el tema de la gestión del recurso hídrico.

4.4. Indicadores de agua propuestos para la Línea Base Ambiental de Caldas

La dinámica global compuesta por las actividades antrópicas, la dinámica de nuestro entorno ambiental, los procesos físico-químico-biológicos que se entretajan a nuestro alrededor y la

interacción entre estos campos, forjan una serie de retos enmarcados en las políticas ambientales de los gobiernos.

El éxito del desarrollo institucional del sector ambiental, en particular el colombiano tiene que ver con la capacidad de concretar los mecanismos e instrumentos que señalan la Constitución y la Ley (IDEAM et al., 2002), no solo para lograr una adecuada incorporación de la dimensión ambiental en el marco de la planificación, el desarrollo y la gestión del país, sino también para orientar su modelo productivo, administrativo y económico, en concordancia con los requerimientos indispensables de sostenibilidad.

De esta forma, siendo CORPOCALDAS la entidad responsable de la gestión y protección de los recursos medioambientales del departamento de Caldas, ha propuesto como objetivo que la línea base ambiental del departamento sea conformada por indicadores ambientales estructurados, definidos y concertados que conduzcan a una estandarización de la información, haciendo posible la atención y el conocimiento en forma permanente del estado y la condición de los recursos naturales, que permitan el cumplimiento misional de la Corporación.

CORPOCALDAS debe entonces fomentar el uso de herramientas enfocadas al seguimiento y control de todos los procesos relacionados con la gestión ambiental para poder generar información certera sobre los diferentes aspectos ambientales del territorio, requeridos dentro del proceso de ordenamiento ambiental.

Los indicadores ambientales del componente agua, propuestos en el proyecto Línea base ambiental de Caldas, que como bien se definen mediante Resolución 0643 de 2004 del 11 de junio de 2004 son aquellos que están orientados a monitorear los cambios en la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables y el medio ambiente y medir la presión que se ejerce sobre ellos como resultado de su uso y aprovechamiento, además de relacionarlos en cuanto a temas puntuales como la oferta y disponibilidad, la calidad, los usos y demanda, las amenazas y vulnerabilidad del recurso hídrico han tenido los siguientes criterios de selección:

- Son indicadores manejados actualmente por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el IDEAM y CORPOCALDAS.
- Son indicadores empleados en la mayoría de estudios que se han desarrollado en el departamento.
- La mayoría de los parámetros que requieren estos indicadores, son los parámetros que normalmente se evalúan en toda campaña de monitoreo de cantidad y calidad del agua.
- El emplear los mismos indicadores que manejan entidades del orden nacional permitiría hacer una comparación entre diferentes regiones, zonas y departamentos.
- Unificar criterios en el uso de indicadores.

4.5. Indicadores ambientales para Caldas

La caracterización de variables de oferta, demanda y calidad y las correspondientes alteraciones del régimen natural son los parámetros que permiten construir un sistema de indicadores hídricos

que reflejen el estado de las situaciones que, en un enfoque sistémico con visión integral, son determinantes para la toma de decisiones en el marco de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) adoptado en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en Colombia (MAVDT,2010- IDEAM,2010).

Se registran a continuación los indicadores evaluados dentro de la componente agua como indicadores ambientales:

1. Oferta, disponibilidad

- Variación de la escurrentía con respecto a una condición de referencia promedio.
- Índice de escasez de agua.
- Intensidad media de eventos aislados de precipitación.
- Índice de retención y regulación hídrica – IRH.
- Índice de escasez para agua subterránea.
- Índice de recursos y reservas de agua subterránea.
- Índice de extracción de agua subterránea (IEAS).

2. Calidad del agua

a) Indicadores calidad de agua superficial

- Índice de calidad del Agua Superficial – ICA.
- Índice de Contaminación por Mineralización – ICOMI.
- Índice de Contaminación por Mineralización – ICOMO.
- Índice de Contaminación por Mineralización – ICOSUS.
- Índice de Contaminación por Mineralización – ICOTRO.
- Índice de Macroinvertebrados Acuáticos – IMA.
- Índice de alteración potencial de calidad del agua –IACAL.

b) Indicadores calidad del agua subterránea

- Índice de calidad del Agua Subterránea – ICA.

c) Usos y demanda

- Índice de Uso del agua – IUA .

d) Amenazas y vulnerabilidad del recurso hídrico

- Índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales.

En la tabla siguiente se hace una descripción de cada uno de los indicadores relacionados para el tema de la componente agua:

Tema	Indicador	Descripción/Variables asociadas
Oferta, disponibilidad	Variación de la escorrentía con respecto a una condición de referencia promedio)	Comportamiento espacio-temporal de la escorrentía, entendiéndose ésta como la parte de la precipitación que se presenta en forma de flujo en un curso de agua, una vez producida la precipitación, infiltración y evapotranspiración. Igualmente, se puede representar en forma de rendimiento, definido como el aporte de la cuenca en litros por segundo por kilómetro cuadrado (l/s/km ²).
	Índice de escasez de agua	Relación porcentual entre la demanda de agua del conjunto de actividades sociales y económicas con la oferta hídrica disponible, luego de aplicar factores de reducción por calidad del agua y caudal ecológico.
	Intensidad media de eventos aislados de precipitación	Representa la cantidad de precipitación por unidad de tiempo que se puede registrar en un lugar determinado.
	Índice de retención y regulación hídrica – IRH	“Este índice mide la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios. Este índice se mueve en el rango entre 0 y 1, siendo los valores más bajos los que se interpretan como de menor regulación.” (IDEAM, 2010).
	Índice de escasez para agua subterránea	El índice de escasez de aguas subterráneas nos muestra la presión ejercida al acuífero a lo largo del año. Además el índice es uno de los componentes de la ecuación para la determinación de la Tasa por Uso de Agua (TUA) y por tanto, se aplica para reconocer un recaudo por la explotación del recurso.
	Índice de recursos y reservas de agua subterránea	El índice de recurso representa la relación recarga-descarga anual de una unidad acuífera en una cuenca hidrogeológica. El índice de reservas representa las variaciones de los volúmenes de un acuífero confinado por efecto elástico o por variaciones de los volúmenes de un acuífero libre por efectos seculares, pasivos o multianuales por drenaje libre.
	Índice de extracción de agua subterránea (IEAS)	Extracción del agua subterránea en relación con la recarga media del acuífero o sistema acuífero.

Tema	Indicador	Descripción/VARIABLES asociadas
Calidad del agua	Índice de calidad del Agua Superficial – ICA	Es un indicativo de las condiciones para definir la calidad del agua de un determinado cuerpo de agua. Determina condiciones fisicoquímicas y microbiológicas generales de la calidad de un cuerpo de agua y, en alguna medida, permite reconocer problemas de contaminación en un punto determinado, para un intervalo de tiempo específico. Permite representar el estado en general del agua y las posibilidades o limitaciones para determinados usos en función de variables seleccionadas, mediante ponderaciones y agregación de variables físicas, químicas y biológicas. (IDEAM, 2010).
	Índice de Contaminación por Mineralización – ICOMI	Evalúa las variables como conductividad, dureza y alcalinidad, entre otros. Como se expresa en numerosas variables, se elige la conductividad como reflejo de los sólidos disueltos, la dureza por los cationes calcio y magnesio y la alcalinidad por los aniones.
	Índice de Contaminación por Mineralización – ICOMO	Evalúa las variables como oxígeno disuelto, DBO5, y coliformes totales y fecales. Algunas otras variables cuya medición es menos frecuente como materia orgánica, dióxido de carbono, metano y ácido sulfhídrico, también pertenecen a este grupo. Se seleccionaron DBO y coliformes totales, ya que estas reflejan fuentes diferentes de contaminación por materia orgánica, así como el porcentaje de saturación de oxígeno que indica la respuesta o capacidad ambiental del sistema ante este tipo de polución.
	Índice de Contaminación por Mineralización – ICOSUS	Evalúa la variable sólidos suspendidos, por lo tanto, su determinación es mediante la concentración de los sólidos suspendidos.

Tema	Indicador	Descripción/Variables asociadas
	Índice de Contaminación por Mineralización – ICOTRO	Se utiliza para la determinación del variable fósforo total. Este componente está ligado tan solo a los ortofosfatos que lo conforman, por ser el nutriente limitante, este define la eutrofización de los ecosistemas acuáticos, fenómeno de gran importancia principalmente en aguas lénticas, siendo expresado bajo muchas circunstancias en aguas lólicas; así, en aguas claras pueden dar origen a comunidades de perifiton, mientras que en caños y quebradas de bajas altitudes pueden estar asociadas a comunidades de fitoplancton y macrofitas, debido a que en temporadas de sequía los cuerpos de agua se estancan o poseen una velocidad muy reducida.
	Índice de Macroinvertebrados Acuáticos – IMA	Este indicador constituye otra manera de evaluar la calidad del agua de una determinada corriente es decir, a través de bioindicadores. Este método constituye una evaluación indirecta de la calidad del agua, en el que se cuantifican, entre otros, la riqueza, abundancia y la diversidad de organismos; esto se asocia a los ecosistemas en los cuales habitan normalmente dichos organismos, para dar una idea de las condiciones ambientales en las que se encuentra el medio acuático en el que habitan.
	Índice de alteración potencial de calidad del agua –IACAL	El IACAL tiene por objetivo determinar las amenazas potenciales por alteración de la calidad en la corriente de agua evaluada y/o en la cuenca.
	Índice de calidad del Agua Subterránea – ICA	Tiene en cuenta diferentes variables físico - químicas para definir la calidad del agua de un determinado cuerpo de agua.
Usos y Demanda	Índice de Uso del agua – IUA	Este índice permite principalmente determinar la presión por uso en relación con la oferta disponible de agua. Hace referencia a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un período determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades de tiempo y espaciales (IDEAM, 2010).

Tema	Indicador	Descripción/VARIABLES asociadas
Amenazas y vulnerabilidad del recurso hídrico	Índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales	La vulnerabilidad se expresa en relación con los índices morfométricos de torrencialidad e Índice de variabilidad. El Índice Morfométrico de Torrencialidad es la relación entre los parámetros morfométricos como el coeficiente de compacidad o de forma, la pendiente media de la cuenca y la densidad de drenaje, los cuales son indicativos de la forma como se concentra la escorrentía, la oportunidad de infiltración, la velocidad y capacidad de arrastre de sedimentos en una cuenca, la eficiencia o rapidez de la escorrentía y de los sedimentos para salir de la cuenca luego de un evento de precipitación y con ello inferir cual podría ser el nivel de susceptibilidad a procesos torrenciales. El Índice de Variabilidad muestra el comportamiento de los caudales en una determinada cuenca definiendo una cuenca torrencial como aquella que presenta una mayor variabilidad, es decir, donde existen diferencias grandes entre los caudales mínimos que se presentan, y los valores máximos.

4.6. Conclusiones

Para llegar a una óptima administración del preciado recurso agua es necesaria, entre otras cosas, la adopción de estrategias que permitan evaluar no solo el estado de los recursos naturales sino además la eficiencia y pertinencia de los programas y proyectos adoptados en este sentido.

En este contexto, la generación de una serie de indicadores que permitan mejorar la gestión del recurso hídrico resulta pertinente y, por demás, necesaria. Sin embargo, para llegar a tener un adecuado sistema de indicadores que den soporte a la gestión del recurso hídrico se requiere que estos indicadores respondan a cuestiones tales como: hacia dónde se dirigen, decidir en cada área qué temas se deben abarcar, unificar los criterios de indicadores que permitan comparaciones locales, regionales e internacionales, entre otros.

Para este ejercicio de la generación de una línea base de indicadores que sirvieran a la gestión de los recursos naturales en el departamento de Caldas se partió, entonces, de los indicadores existentes, de evaluar aspectos tales como su pertinencia, a qué áreas se podían aplicar, y si existía la información necesaria para alimentar los indicadores. Una vez hecha esta tarea, se continuó con la identificación de las áreas temáticas en las cuales no existían indicadores, para generarlos.

En este punto, cabe resaltar que la perspectiva frente a la consolidación de un sistema de indicadores no dependía solamente de la evaluación de los indicadores existentes, dependía también y sobre todo de un adecuado sistema de monitoreo de las variables ambientales que alimentan los indicadores, así como también de la continuidad e importancia que se le diera al sistema de indicadores.

Referencias bibliográficas

Chaparro, L. (1998). Evaluación del recurso hídrico superficial con fines de Ordenamiento Ambiental Territorial Municipal. Tesis de la Especialización en Ingeniería Ambiental con énfasis en Sanitaria. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Manuscrito no publicado.

Defensoría del pueblo (2005). El Derecho Humano al Agua en la Constitución, la Jurisprudencia y los Instrumentos Internacionales. Bogotá: Defensoría del pueblo.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Medio Ambiente IDEAM, Ministerio del Medio Ambiente (2001) El Medio Ambiente en Colombia. Segunda edición; Bogotá D. C.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Medio Ambiente IDEAM, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, República de Colombia (2010). Estudio Nacional del Agua ENA 2010. Bogotá D. C.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM, Ministerio del Medio Ambiente, Instituto de Investigaciones Científicas Amazónicas - SINCHI, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico -IAP, Instituto de Investigaciones Marinas y Costera José Benito Vives de Andrés -INVEMAR, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - IAvH (2002). Sistema de Información Ambiental de Colombia –SIAC-. Primera Generación de Indicadores de la Línea Base de la Información Ambiental de Colombia (vol. II). Bogotá: IDEAM.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT (2004). Resolución 0643 de 2004 del 11 de junio de 2004. Bogotá.

MAVDT (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Naciones Unidas (2004). Comisión de Derechos Humanos, Subcomisión de Promoción y Protección de los Derechos Humanos, 56° periodo de sesiones. Tema 4 del programa provisional. Derechos económicos, sociales y culturales. La realización del derecho al agua potable y al saneamiento. Informe del Relator Especial El Hadji Guissé. New York: United Nations.

Naciones Unidas (2006). Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). El agua, una responsabilidad compartida. 2° Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. New York: United Nations.

Organización Meteorológica Mundial - OMM, Estrategia Internacional de Reducción de Desastres - EIRD y UNU -Universidad de las Naciones Unidas (2006). Gestionar el riesgo: asegurar los beneficios del desarrollo. En: “El agua, una responsabilidad compartida”. 2° Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos -WWAP. New York: United Nations.

Pearce, Fred (2006). When the rivers run dry. The Defining Crisis of the Twenty-first Century. Boston: Beacon Press Book.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD (2011). Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad. Un mejor Futuro para todos. New York: Ediciones Mundi-Prensa.

Valencia, M. (2008). Modelación hidrológica distribuida de tipo conceptual, como elemento para ordenación y manejo ambiental de cuencas hidrográficas. Caso de estudio: cuenca hidrográfica

del río La Miel, departamento de Caldas – Colombia. Tesis de la Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Manuscrito no publicado.

Bibliografía general consultada

IDEAM (2001). El medio ambiente en Colombia, edición de 1998, 2ª versión. Bogotá: IDEAM.

IDEAM - CORPOCALDAS (2004). Guía técnico – científica para la ordenación y manejo de cuencas. Segunda versión. Bogotá: IDEAM.

MAVDT (2007). Programa Ambiental Cooperación Holandesa. Guía para ordenación y reglamentación del recurso hídrico – fuentes superficiales. Bogotá.

Muriel, R.D. (1993). Desarrollo y Planificación Territorial, análisis y perspectivas. En: Revista Anotaciones sobre planeación N° 40. Medellín.

Línea Base Ambiental de Caldas: indicadores de aire y clima

BEATRIZ HELENA ARISTIZÁBAL JORGE JULIÁN VÉLEZ UPEGUI
JOHANA DE LA PAZ CORTÉS ARAUJO CARLOS MARIO GONZÁLEZ DUQUE

Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

5.1. Aspectos generales sobre el tema clima y aire

5.1.1. Atmósfera

La atmósfera, capa que cubre el planeta Tierra y que se compone de una mezcla de gases (aire), aerosoles y nubes, es el medio en el que se desarrollan diferentes procesos. La atmósfera, con su composición, se constituye en un elemento ambiental esencial para la vida en el planeta (SIAC, 2002). La alteración de la composición atmosférica, debida a la actividad natural o antropogénica, por encima de umbrales normales de vida, repercute perjudicialmente en la salud humana, animal, vegetal, en los ecosistemas y en el patrimonio cultural de la sociedad. De aquí se deriva la importancia del seguimiento de los componentes que tienen mayor variación, mediante criterios en los que se evalúa si el aire es de buena o mala calidad de acuerdo con la concentración de estos componentes en un área determinada.

En términos de calidad del aire, la evaluación de indicadores permite hacer el seguimiento de la composición del aire y sus posibles implicaciones sobre los ecosistemas y la salud humana. Los indicadores son una herramienta esencial para saber el grado de contaminación del aire en las ciudades respecto a los límites establecidos en las normas. Las tendencias mostradas por estos indicadores son útiles para inferir si la contaminación del aire se deteriora o mejora conforme pasa el tiempo. También permiten comparar los diferentes niveles de contaminación de distintas ciudades o localidades en donde se cuenta con redes de monitoreo atmosférico. Este es un criterio que se ha implementado a nivel mundial desde hace varias décadas.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) generó el indicador denominado Índice de Calidad del Aire - ICA, mediante el cual se pretende describir la calidad de aire en un lugar dado y los efectos sobre la salud humana por la exposición de los contaminantes criterio, establecidos en la Resolución 601 de 2006 (modificada por la Res. 610 de 2010). Este indicador debe ser aplicado para los contaminantes criterio que se deben medir en el país, entre los cuales se destacan: partículas suspendidas totales (PST), partículas suspendidas menores a 10 micras (PM_{10}), partículas menores a 2.5 micras ($PM_{2,5}$), dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), ozono troposférico (O_3) y monóxido de carbono (CO).

Por otro lado, Colombia cuenta con el Sistema de Indicadores Ambientales como parte del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), el cual permite *conocer el estado y los cambios que presentan los recursos naturales y el ambiente, y sus relaciones con la estructura sociocultural; facilitando la toma de decisiones que propicien el cumplimiento de los objetivos que la sociedad se ha propuesto alcanzar; en especial, el desarrollo sostenible* (SIAC, 2012). El uso de estos indicadores tiene especial importancia para el registro de tendencias, la identificación temprana de alertas ambientales y la predicción de situaciones futuras.

El Sistema de Indicadores Ambientales ha tenido iniciativas nacionales e internacionales. Entre las iniciativas nacionales cabe mencionar los Indicadores Mínimos definidos por la Resolución 0643 de 2004, y entre las iniciativas internacionales se encuentran el Objetivo 7 de Desarrollo del Milenio (ODM7), la Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible (ILAC), el Anuario Estadístico de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el Sistema de Información del Medio Ambiente de los Países de la Comunidad Andina (SIMA) y la Red de Información y Datos del Pacífico Sur para el apoyo a la Gestión Integrada del Área Costera (SPINCAM) (SIAC, 2012).

Colombia ya cuenta con varios departamentos que tienen instituciones dedicadas al seguimiento continuo y consolidado de los recursos ambientales, como Bogotá mediante el Observatorio Ambiental de Bogotá y en Antioquia el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. En proyecciones futuras, se pretende que todos los departamentos consoliden estos sistemas de vigilancia y por consiguiente consolidar las redes de vigilancia del país.

5.1.2. Clima

El clima se puede definir como las condiciones atmosféricas predominantes en un lugar o región durante un período determinado. Es un factor ambiental de importancia que influye en el desarrollo de diversas actividades socioeconómicas (IDEAM et al., 2002).

Cuando ocurren alteraciones en el clima se generan problemas ambientales que producen impactos socioeconómicos. Los cambios en el clima pueden ser generados por manifestaciones extremas de la variabilidad climática o por el cambio climático. La variabilidad climática es la fluctuación de las variables climatológicas alrededor de las condiciones predominantes y el cambio climático se define como el cambio de las condiciones predominantes. Estas variaciones se presentan en escalas espaciales, que van desde lo local a lo mundial y en escalas temporales, desde algunos meses a decenios y períodos mayores (Secretaría General de la Comunidad Andina, 2008).

Sin embargo, las alteraciones de la variabilidad climática (como las asociadas a los fenómenos de El Niño o de La Niña) o del cambio climático, pueden impactar negativamente los ecosistemas

o la sociedad y generar o agudizar los problemas ambientales y el desarrollo de las actividades socioeconómicas (Secretaría General de la Comunidad Andina, 2008).

En la evaluación de indicadores climáticos el análisis de las variables meteorológicas permite la determinación de las condiciones climáticas específicas del medio, además de cambios en el clima, la susceptibilidad de los ecosistemas y de la sociedad ante eventos relacionados con la variabilidad climática, poniendo en evidencia, para muchos casos, niveles de riesgo e impacto sobre la población. Algunas instituciones hacen uso de paquetes de software potentes para la homogeneización de datos y el cálculo estadístico de índices climáticos que proporcionan un tratamiento y análisis más avanzado a las variables medidas (ETCCDI/CRD, 2012).

Los indicadores climáticos comprenden dos clasificaciones principales: los indicadores básicos e indicadores complejos. Los indicadores básicos son los que se derivan directamente de los datos climáticos, mientras que los indicadores complejos se derivan cruzando los indicadores básicos entre ellos mismos o con otros datos tales como la degradación agrícola, socioeconómica, del suelo, etc. (FAO, 2012).

5.2. Antecedentes sobre el seguimiento de indicadores en Caldas

En el departamento de Caldas, la Corporación Autónoma Regional de Caldas (CORPOCALDAS) es la entidad encargada de realizar el seguimiento de las condiciones del clima y aire, a través de la medición de distintos parámetros relacionados con la calidad del aire y el seguimiento de variables climáticas.

En Manizales, en el tema aire, CORPOCALDAS ha enfocado su seguimiento a material particulado (PST principalmente). Los registros más completos se tienen para PST, contaminante para el cual se realiza actualmente el monitoreo en tres puntos del área urbana, con datos continuos desde el 2003. Para PM_{10} se realiza el seguimiento en dos estaciones y recientemente se han obtenido datos de $PM_{2,5}$ en un solo punto de la ciudad. Complementario al trabajo de la Corporación, el GTA en Ingeniería Hidráulica y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales ha adelantado estudios relacionados con la calidad del aire. Se destaca la ubicación de dos estaciones de monitoreo de PM_{10} en Manizales, que son complementarias a la red de calidad de aire (RVCA) de la Corporación. En otros municipios del departamento se han realizado mediciones de PST, SO_2 y NO_2 por períodos cortos (7 días) con el fin de conocer las condiciones de estos municipios en el tema de calidad del aire.

En la Figura 5.1 se muestra un esquema resumen de las mediciones que se han realizado en el departamento de Caldas relacionadas con el componente aire y el seguimiento de contaminantes criterio (contaminantes atmosféricos enmarcados en la resolución 610 de 2010 del MAVDT).

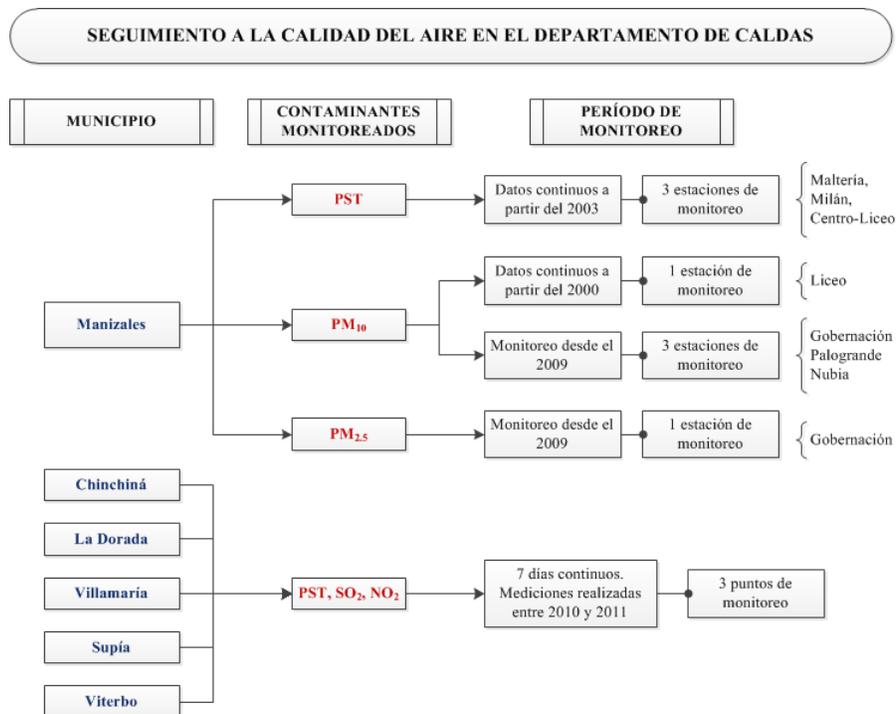


Figura 5.1: Resumen del seguimiento a la calidad del aire en el departamento de Caldas. Fuente: Elaboración propia.

En lo que tiene que ver con el seguimiento de ruido ambiental, CORPOCALDAS ha realizado estudios de ruido en los principales municipios del departamento, como cumplimiento a los lineamientos descritos en la Resolución 0627 de 2006. A la fecha se cuenta con estudios realizados en los municipios de Manizales, Villamaría, Viterbo y La Dorada, los cuales fueron desarrollados por la empresa ADA & CO Ltda contratada por la Corporación, contando con un estudio por cada municipio mencionado. La Tabla 5.1 resume los estudios de ruido realizados en el departamento de Caldas.

Tabla 5.1: Estudios de ruido ambiental realizados en el departamento de Caldas

Municipio	Período de realización del estudio de ruido ambiental
Manizales	Febrero 27 a marzo 18 de 2009
Villamaría	Febrero 24 a marzo 1 de 2011
La Dorada	Febrero 11 al 15 de 2010
Viterbo	Enero 28 a febrero 1 de 2010

Fuente: Elaboración propia

La información obtenida sobre material particulado en el municipio de Manizales ha sido utilizada como insumo para el cálculo del indicador ambiental denominado Índice de Calidad del Aire (ICA), reportado en el Sistema de información sobre calidad del aire (SISAIRE) que hace parte del Sistema de información ambiental (SIA). La información sobre este indicador se

presenta para cada una de las estaciones de monitoreo de la red de calidad del aire de CORPOCALDAS. En el SISAIRE también se pueden obtener los resultados de los estudios de ruido ambiental realizados en el departamento de Caldas.

Se debe destacar que la ciudad de Manizales no cuenta con el seguimiento de gases como SO_2 , NO_x y contaminantes secundarios de gran importancia como el ozono troposférico (O_3); así mismo, la información que se tiene sobre emisiones de contaminantes atmosféricos desde fuentes puntuales es deficiente, para la cual se tiene una base de datos de algunas empresas de la ciudad con datos actualizados hasta el año 2005.

En el tema de clima, en el departamento de Caldas se cuenta con varias estaciones para monitoreo climático e hidrométrico. El monitoreo de variables climáticas comenzó en el municipio de Manizales en el año 1997 con la instalación de una estación meteorológica en el relleno sanitario La Esmeralda. A partir de este año se han venido realizando convenios liderados por el GTA en Ingeniería Hidráulica y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales y la Universidad Tecnológica de Pereira que han permitido la densificación de la red en la ciudad de Manizales y recientemente la instalación de nuevas estaciones (meteorológicas e hidrometeorológicas) en varios puntos del departamento de Caldas (Cortés, 2010). En la Figura 5.2 se muestra un esquema resumen de las mediciones que se han realizado en el departamento de Caldas relacionadas con el componente clima, con base en la información que suministra la red de estaciones meteorológicas e hidrometeorológicas del departamento.

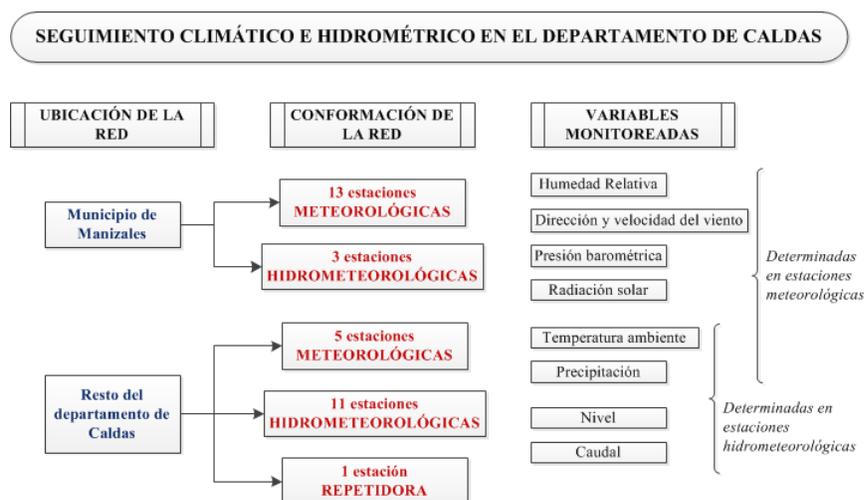
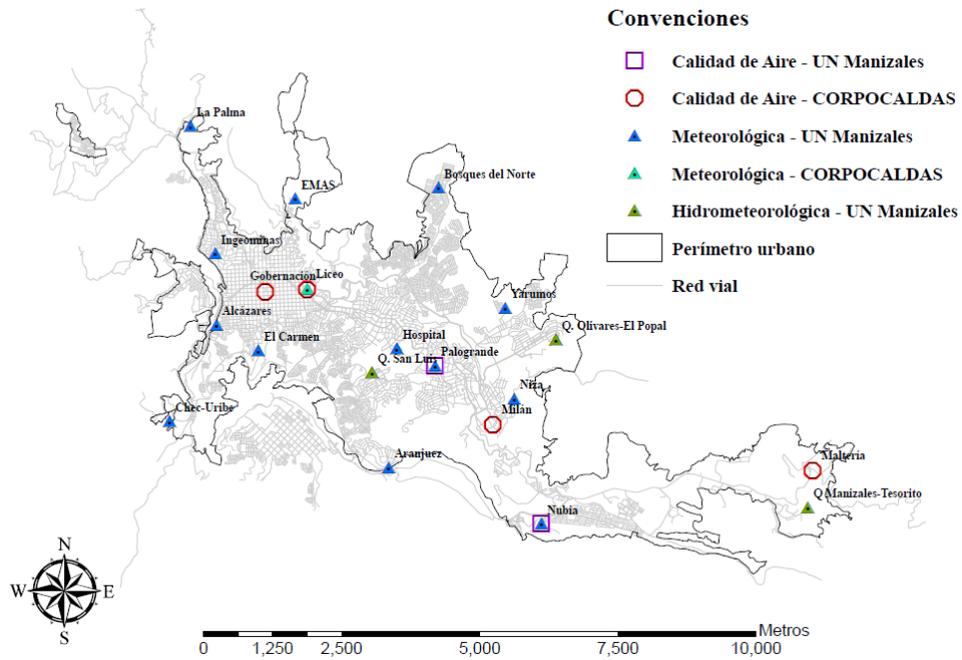


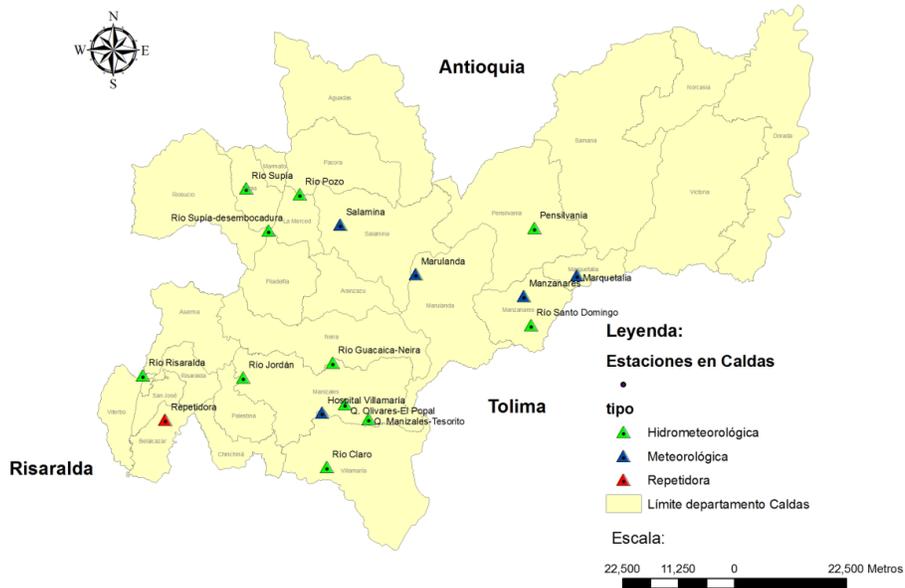
Figura 5.2: Resumen del seguimiento a variables relacionadas con clima en el departamento de Caldas. Fuente: Elaboración propia.

Las figuras 5.3a y 5.3b enseñan la ubicación de las estaciones de monitoreo utilizadas actualmente en el departamento de Caldas para el seguimiento de variables climáticas y de calidad del aire. Se muestran en la Figura 5.3a la red de calidad del aire de CORPOCALDAS, las estaciones de calidad del aire de la Universidad Nacional Sede Manizales y la Red de estaciones Meteorológicas de Manizales. Se destaca que CORPOCALDAS posee una estación meteorológica en el municipio de Manizales, para la cual se han realizado estudios con el fin de incluirla dentro de la red de estaciones meteorológicas de la ciudad. En la Figura 5.3b se muestra la Red de Estaciones Meteorológicas e Hidrometeorológicas Telemétricas en Caldas la cual es propiedad de CORPOCALDAS.



(a) Estaciones ubicadas en el municipio de Manizales.

Red de Estaciones Meteorológicas e Hidrometeorológicas Telemétricas en Caldas (CORPOCALDAS)



(b) Red de Estaciones Meteorológicas e Hidrometeorológicas Telemétricas en Caldas (CORPOCALDAS).

Figura 5.3: Estaciones de monitoreo localizadas en el departamento de Caldas para el seguimiento de variables climáticas y de calidad del aire.

5.3. Metodología de trabajo para la elección de indicadores

Inicialmente se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica de indicadores ambientales implementados en otras regiones del país, como Bogotá (Observatorio Ambiental de Bogotá, 2012), Medellín (REDAIRE, 2012) entre otras, e incluso en otros países latinoamericanos como México, que cuentan con un completo seguimiento ambiental en cuanto al monitoreo de contaminantes, variables meteorológicas y otros registros que indican el estado ambiental de la ciudad (INE, 2012). Posteriormente, para la parte de calidad del aire, fueron estudiadas las bases de datos pertenecientes a CORPOCALDAS, en las cuales se evidencian los diferentes monitoreos realizados en Manizales y en otros municipios como Villamaría, Chinchiná, Viterbo y La Dorada. Para la parte de clima, se tuvieron en cuenta las variables que la Red Meteorológica de Manizales ha venido midiendo y reportando por muchos años y que han servido como apoyo a los diferentes estudios de riesgo y de contaminación atmosférica. Estas variables meteorológicas pueden servir como indicadores base de otros indicadores climáticos más complejos que otorguen mejor información ambiental a los pobladores.

De igual forma se realizó la revisión de la legislación colombiana en cuanto a calidad del aire, ruido, sistemas de vigilancia para la calidad del aire y clima, para establecer la justificación y límites normados a los indicadores sugeridos.

Toda esta documentación fue socializada y retroalimentada en reuniones que el grupo de expertos en el componente de Clima y Aire realizaban periódicamente con el fin de actualizar la información encontrada en diferentes fuentes y evaluar la pertinencia de la implementación de algún indicador. Finalmente, fue discutida y analizada con funcionarios de CORPOCALDAS.

5.4. Análisis de indicadores definidos

Bajo los análisis de la contextualización del departamento de Caldas en el tema de indicadores de recurso aire, junto con el análisis de sus actividades socioeconómicas, su topografía, características climáticas propias y con miras a que el departamento consolide aún más su Sistema de Información Ambiental, se proponen los indicadores que se muestran en la siguiente tabla.

Tema	Indicador	Descripción / Variables asociadas
Aire	Índice de Calidad del Aire (ICA) para ozono (O ₃)	Aplica la fórmula del ICA con las especificaciones para el O ₃ , junto con concentración media cada hora y cada 8 horas de ozono (ppm), y variables meteorológicas como temperatura, presión atmosférica, radiación solar, velocidad del viento.
	Niveles de Material Particulado (PM): PST 24 horas y anuales	Cálculo basado en un monitoreo de 24 horas, en el cual se obtiene el promedio de concentración de PST. Para el PST, la concentración promedio anual se comparará con el límite máximo permitido en la normatividad actual (MAVDT, 2010).

Tema	Indicador	Descripción / Variables asociadas
	Índice de Calidad del Aire (ICA) para PM ₁₀ y PM _{2,5}	Aplicable la fórmula general del ICA y las especificaciones para el PM ₁₀ y PM _{2,5} , junto con concentración media diaria (24h) de PM ₁₀ y PM _{2,5} (µg/m ³), y variables meteorológicas como temperatura, presión atmosférica.
	Índice de Calidad del Aire (ICA) para monóxido de carbono (CO)	Aplicable la fórmula general del ICA y las especificaciones para el CO, junto con la concentración media cada hora de monóxido de carbono (ppm), y variables meteorológicas como temperatura, presión atmosférica, radiación solar, velocidad del viento.
	Emisiones de Gases Efecto Invernadero - GEI per cápita.	Las emisiones de CO ₂ per-cápita son calculadas dividiendo las emisiones de dióxido de carbono equivalente entre el número de personas de la población nacional. Las emisiones de GEI diferentes al CO ₂ se convierten a CO ₂ equivalente mediante el Potencial de Calentamiento Global.
	Índice de Calidad del Aire (ICA) para dióxido de azufre (SO ₂)	Aplicable la fórmula general del ICA y las especificaciones para el SO ₂ , junto con la concentración media diaria (24h) de dióxido de azufre (µg/m ³ o ppm) y variables meteorológicas como temperatura, presión atmosférica, radiación solar, velocidad del viento.
	Índice de Calidad del Aire (ICA) para dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Aplicable la fórmula general del ICA y las especificaciones para el NO ₂ , junto con concentración media cada hora de NO ₂ (ppm), y las variables meteorológicas como temperatura, presión atmosférica, radiación solar, velocidad del viento.
	Emisiones atmosféricas de contaminantes por el sector industrial a nivel municipal: SO _x , NO _x , CO, PM	Requerimientos principales: base de datos de empresas existentes en el departamento y su ubicación (coordenadas geográficas y planas), la información sobre actividad económica de cada empresa, porcentaje de reducción de emisiones según proceso productivo y definir los factores de emisión a emplear. El cálculo de las emisiones se basa en el método de factores de emisión.
	Nivel de presión sonora continuo equivalente corregido (L _{RA,eq})	Para la medición del indicador y sus variables específicas se deben seguir los lineamientos establecidos en la Resolución 0627 de 2006 del MAVDT, en lo que tiene que ver con medición de ruido ambiental.

Tema	Indicador	Descripción / Variables asociadas
	Excedencia de los límites normados	Se requiere para su cálculo los registros permanentes de los contaminantes monitoreados y el traslape de información entre los registros monitoreados durante los períodos reglamentarios para cada contaminante con los límites máximos exigidos en la normatividad.
	Efectos en mortalidad y morbilidad por material particulado	Se requiere para su cálculo el análisis de datos de PM ₁₀ , meteorología, mortalidad, morbilidad y población. Además el desarrollo de modelos matemáticos y estadísticos para el análisis e interpretación de la información: Regresión Poisson, Concentración Respuesta, Riesgos Relativos.
Clima	Temperatura (percentil 95, promedio, máxima y mínima)	La temperatura es entendida como el estado térmico de una sustancia con respecto a su capacidad de transmitir calor. Es muy utilizada la temperatura media diaria, de la cual se obtienen los valores mensuales y anuales.
	Amplitud o rango de temperatura	Medida entre el valor máximo y el mínimo, tiene un valor ecológico y diferente para los distintos cultivos, ya que condiciona los ecosistemas.
	Precipitación (total diario y percentil 95)	Los tres métodos de cálculo más usados son el Promedio Aritmético, Polígonos de Thiessen y Curvas Isoyetas
	Lluvia acumulada	Número de días consecutivos con lluvia y número de días consecutivos sin lluvia, lluvia acumulada de los 25 días antecedentes, A25.
	Dirección y velocidad del viento (promedios mensual y mensual multianual)	La velocidad del viento es la relación de la distancia recorrida por el aire con respecto al tiempo empleado en recorrerla. La velocidad media corresponde al caso de un intervalo de tiempo finito. La importancia de este indicador conlleva al conocimiento del comportamiento de las tormentas y de la dispersión de contaminantes en la región.
	Humedad relativa (promedios mensual y mensual multianual)	La humedad relativa es el porcentaje de humedad que contiene el aire con respecto al total que es capaz de contener como función de su temperatura y su presión.
	Radiación solar o brillo solar (promedios mensual y mensual multianual)	Es la cantidad de radiación solar recibida en un determinado tiempo. El brillo solar se obtiene mediante registros en bandas de duración del día, de acuerdo con la posición del sol con respecto a la tierra.

Tema	Indicador	Descripción / Variables asociadas
	Presión barométrica (promedios mensual y mensual multianual)	Se entiende por presión atmosférica a la presión que ejerce la atmósfera que rodea la tierra (barométrica) sobre todos los objetos que se hallan en contacto con ella. Se registra el valor observado del barómetro (lectura directa) o del barógrafo (bandas).
	Confort térmico	Es la condición de la mente que expresa satisfacción con el acondicionamiento térmico ambiental. Tiene relación con la temperatura, la humedad y la velocidad del viento.
	Índice estandarizado de precipitación (ISP)	Es adecuado para determinar la ocurrencia y seguimiento de las sequías. El ISP, clasifica en distintas categorías los períodos húmedos y secos.
	Índice de aridez	Los índices de aridez consideran como dato fundamental las precipitaciones a lo largo del año (como fuente de agua) y las temperaturas (como indicador de la capacidad para evaporar del clima). Es una característica cualitativa del clima, que muestra en mayor o menor grado la insuficiencia de los volúmenes precipitados para mantener la vegetación.
	Índice de Sequía de Palmer (PDI)	El Índice de Sequía de Palmer (PDI) se basa en el concepto de demanda-suministro de agua, teniendo en cuenta el déficit entre la precipitación real y la precipitación necesaria para mantener las condiciones de humedad climática o normal. Requiere como datos de entrada la evapotranspiración potencial, la precipitación mensual y el contenido de agua útil del suelo.

5.5. Conclusiones

Se presentó en el análisis del componente aire una propuesta de indicadores que alimentarán la base de datos de información sobre el estado actual de la calidad del aire en el departamento de Caldas y los posibles riesgos e impactos que pueden sufrir tanto la población civil como los ecosistemas naturales del departamento.

No todos los indicadores propuestos se pueden poblar inmediatamente, por lo que se hace necesario que CORPOCALDAS incluya, dentro de sus planes de gestión, recursos destinados a la adquisición de equipos y personal con el fin de comenzar a poblar los indicadores que no tienen información. Para el ICA de material particulado (PST, PM₁₀ y PM_{2,5}) se cuenta con

datos para el cálculo del indicador, sin embargo, se hace necesario optimizar la información de PM_{10} y $PM_{2,5}$ en la ciudad de Manizales con otros puntos de monitoreo en zonas críticas de contaminación.

Para aquellos indicadores sin información hasta la fecha, se debe prestar especial atención en la medición de ozono y SO_2 como punto de partida para el conocimiento completo de la calidad del aire en la ciudad. Así mismo, es necesario incluir como actor principal a la entidad territorial de salud y las industrias del departamento con el fin de tener información para el cálculo de los demás indicadores propuestos que se basan en información secundaria.

Se destaca además que la aplicación de los indicadores propuestos dependerá del grado de complejidad de cada municipio, en términos de población, actividad industrial, comercial, entre otros, que ameriten su cálculo de forma permanente. Para los municipios con actividades mínimas generadoras de contaminantes atmosféricos, se recomienda realizar una evaluación previa con mediciones en tiempos cortos con el fin de determinar la necesidad de poblar indicadores como ICAs para $PM_{2,5}$ y gases, así como el indicador relacionado con epidemiología ambiental.

En cuanto a los indicadores de clima, la Red Meteorológica de Manizales ha proporcionado durante varios años registros muy completos de las variables meteorológicas básicas como temperatura, velocidad y dirección del viento, humedad relativa, presión barométrica, brillo solar, entre otras, con la cuales se ha dotado de herramientas primordiales en análisis de estudios ambientales y de gestión del riesgo a la ciudad. Sin embargo, se recomienda la elaboración de indicadores adicionales que relacionen entre sí las variables ya medidas y proporcionen más información acerca de la variabilidad climática a la población.

En general, los indicadores del componente Clima y Aire implementados en otras regiones del país y del mundo, fueron puntos de referencia importantes en la formulación de los indicadores para Caldas, con miras a que el departamento adquiriera más instrumentación y tecnología que permita poblar nuevos indicadores y de esta forma mejorar el sistema de información ambiental de la región.

Referencias bibliográficas

Cortés, A.C. (2010). Análisis de la variabilidad espacial y temporal de la precipitación en una ciudad de media montaña andina. Caso de estudio: Manizales. Tesis de la Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Manuscrito no publicado.

ETCCDI/CRD Climate Change Detection and Indices (2012). Software. <http://cccma.s eos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml>. Consultado el 3 de Marzo de 2012.

Instituto Nacional de Ecología - INE México (2012). La Calidad del Aire en México. <http://www.ine.gob.mx/calair-indicadores#.T1E1rzcX1QA.gmail>. Consultada el 3 de Marzo de 2012.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Ministerio del Medio Ambiente, Instituto de Investigaciones Científicas Amazónicas - SINCHI, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico - IIAP, Instituto de Investigaciones Marinas y Costera José Benito Vives de Andrés - INVEMAR, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - IAvH (2002).

Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC (2002). Primera Generación de Indicadores de la Línea Base de la Información Ambiental de Colombia (vol. II). Bogotá: IDEAM.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT (2006). Resolución 601 de 2006. Colombia.

MAVDT. Resolución 0643 de 2004. Colombia.

MAVDT. Resolución 0627 de 2006. Colombia.

MAVDT. Resolución 610 de 2010. Colombia.

Observatorio Ambiental de Bogotá (2012). <http://oab.ambientebogota.gov.co/>. Consultado el 10 de Enero de 2012.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO (2012). Indicadores del Clima. http://www.fao.org/nr/climpag/cl_ind_0_es.asp. Consultado el 8 de Marzo de 2012.

Red de Vigilancia de Calidad del Aire – REDAIRE (2012). http://www.unalmed.edu.co/redaire/que_es.html. Consultado el 8 de Marzo de 2012.

Sistema de Información Ambiental para Colombia SIAC (2012). Sistema de Indicadores Ambientales. <http://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=624&conID=916>. Consultado el 8 de Marzo de 2012.

Secretaría General de la Comunidad Andina (2008). Manual de Estadísticas Ambientales Andinas. Lima: Secretaría General de la Comunidad Andina.

Bibliografía general consultada

Abraham, E. y M. Salomón (2006). Indicadores y puntos de referencia de la desertificación utilizados en argentina por diversos usuarios. En: Abraham, E. M. y G. B. Beekman (Eds), Indicadores de la Desertificación para América del Sur. IICA BID: 113- 140. Mendoza, Argentina.

Echeverri I.C, Álvarez J E. (2004). Análisis del ruido ambiental urbano en la comuna tres del municipio de Palmira, departamento del Valle del Cauca. Trabajo de grado en Ingeniería Ambiental: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

IDEAM (2009). Hoja Metodológica Índices de Calidad del Aire 2009. Bogotá: IDEAM.

Junta de Andalucía (2012). Sistema de Indicadores Climáticos Ambientales. Tomado de <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente>. Consultado el 2 de Marzo de 2012.

Ochoa, J M. (1990). Medida y control del ruido. Barcelona: Marcombo Editores.

Tolosa, C. F. (2003). Efectos del ruido sobre la salud. Discurso inaugural del Curso Académico 2003 en la Real Academia de Medicina de las Islas Baleares. España.

Velasco, M. (2006). Calidad del aire en Manizales. Manizales

Línea Base Ambiental de Caldas: indicadores de suelo y subsuelo

CARLOS ALBERTO ESCOBAR CHALARCA JOHANNA XIMENA ESCOBAR CASTAÑO

Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

6.1. Introducción

La alta biodiversidad de nuestro territorio cada día esta más presionada y propensa a su degradación, producto de la interrelación de factores sociales, económicos, culturales, políticos, normativos y biofísicos, que permiten estimar una deteriorada oferta ambiental.

El suelo y subsuelo, no son ajenos a esta preocupante realidad, debido a los ambientes agresivos, su alta fragilidad especialmente a partir del piedemonte hasta las zonas de páramo en donde se localizan ecosistemas ecológicamente sensibles, alta presión demográfica, excesivas demandas sobre sus limitadas ofertas y una presencia institucional limitada o ausente en muchas regiones de nuestro país.

Históricamente, el suelo en el pasado fue concebido y manejado como un ente inerte, lo cual ocasionó que grandes áreas con altas potencialidades productivas agropecuarias e industriales, fuesen paulatinamente degradadas, perdiendo gradualmente su fertilidad o grado de soporte de infraestructuras civiles (vías, viviendas, redes de comunicación, centros industriales, acueductos).

Afortunadamente en los últimos años se le ha dado un enfoque holístico, integral y ambiental al concepto del suelo, siendo comunes los términos calidad y salud del suelo, que han permitido integrar indicadores y propiedades físicas, químicas y biológicas, lo cual implica efectuar una productividad biológica sustentable, calidad ambiental, salud de plantas y animales, que se

manifiesta en la mejora de la calidad de vida de los seres humanos. Este concepto involucra las cualidades inherentes debidas a los factores formadores del suelo y a las experiencias dinámicas positivas y negativas relacionadas con su manejo. Cuando se estima la calidad o salud del suelo es importante evaluar de manera holística e integral sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Aunque existe cierto grado de interés y entusiasmo por algunos investigadores y planificadores de políticas institucionales, se observa cómo procesos de diagnóstico y planificación del territorio (POT, POMCH, planes de desarrollo municipal, departamental y nacional) no logran indicadores de eficacia que permitan mitigar la alta degradación de suelos y aguas. No se tiene una visión integradora del suelo, lo cual está ocasionando que no se tengan procesos de conceptualización y contextualización respecto a la importancia del suelo y sus relaciones con los grados y procesos de su degradación física, química y biológica. Se hace necesario establecer las relaciones de causa - efecto entre las propiedades y los procesos del suelo con la productividad de los cultivos o el impacto de las obras de infraestructura y las funciones reguladoras del ambiente, que se pueden constituir en alternativas que permitan la recuperación de tierras degradadas y el mejoramiento de calidad del ambiente y de vida de las poblaciones asentadas en un territorio.

El poder proponer indicadores de carácter ambiental relacionados con el suelo y el subsuelo, implica conocer muy bien varios aspectos: escala y nivel de detalle, disponibilidad de información confiable e instrumentos de medición, personal capacitado, procesos educativos de sensibilización, disponibilidad de recursos económicos y logísticos, acceso a la información básica secundaria y posibilidad de generar información básica primaria y lo más dificultoso y traumático una verdadera voluntad política de nuestros dirigentes.

Mediante un proceso que ha demandado los últimos veinte (20) años, se ha venido construyendo mediante el diálogo e intercambio de saberes locales y técnicos una estructura metodológica que ha permitido diagnosticar, interpretar y efectuar propuestas integrales participativas hacia el uso, manejo y conservación del suelo, enmarcado dentro de los límites naturales de la cuenca hidrográfica.

6.2. Conceptos integrales y holísticos del suelo

Es fundamental para la comprensión e interpretación del suelo conceptualizar cuál es su origen o génesis, que servirá de punto de partida para identificar sus propiedades diagnósticas, que permiten su clasificación taxonómica y su expresión cartográfica. Es con base en estos elementos conceptuales que se puede estructurar la construcción de indicadores integrales y holísticos que se manifiestan en la calidad y salud del suelo (Escobar, 2011).

6.2.1. Definición de suelo

El suelo es la capa superior de la tierra donde se desarrollan las raíces de las plantas. Es un cuerpo natural que tiene un origen definido y unas propiedades únicas en función de su evolución como son las físicas, químicas y biológicas que integrándolas estiman su fertilidad, calidad y salud.

El suelo es un sistema muy complejo que sirve como soporte de las plantas y como despensa de agua y de otros elementos necesarios para el desarrollo de los vegetales, así como soporte de las diferentes obras de infraestructura que se localizan en el territorio. El suelo es conocido como un ente vivo en el que habitan gran cantidad de seres vivos como insectos y microorganismos (hongos y bacterias) que influyen en la vida y desarrollo de las plantas (Red Nacional de Conservación de Suelos y Aguas, 2012).

El sistema de clasificación de suelos del USDA (SSS, 1999) define el suelo como *“un cuerpo natural, compuesto de sólidos (materiales minerales y orgánicos), líquidos y gases que ocurren en la superficie de la tierra, ocupan espacio y se caracterizan por tener horizontes y/o capas diferenciables del material inicial como resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad para soportar plantas enraizadas en un ambiente natural”*.

El suelo procede de la interacción de dos mundos diferentes, la litosfera y la atmósfera con la biosfera. Es el resultado de la descomposición de la roca madre, por factores hidroclimáticos, y la acción de los seres vivos. Esto implica que el suelo tiene una fracción mineral y otra biológica. Es esta condición de compuesto organomineral lo que le permite ser el sustento de multitud de especies vegetales, animales, y el sustento nutricional de las poblaciones de seres humanos del planeta.

6.2.2. Factores formadores del suelo

El suelo es el resultado de la interacción de una serie de factores biofísicos y antrópicos, que constantemente están evolucionando. En la década del 40, Jenny (citado por Jaramillo, 2002) definió los factores que intervienen en la formación del suelo, mediante el siguiente modelo:

$$S = f(C, MP, O, R, t)$$

Donde:

S: Desarrollo del suelo.

C: Clima.

MP: Material parental.

O: Organismos.

R: Relieve.

t: Tiempo.

Analizando el modelo planteado por Jenny (citado por Jaramillo, 2002), se puede inferir que la formación del suelo obedece a un proceso integral en donde cada factor cumple una función importante durante largos periodos de tiempo, que se pueden interrumpir de forma rápida mediante prácticas de uso y manejo inadecuadas o fenómenos sobrenaturales (cambio climático, desertificación, tectonismo y erupciones volcánicas). Ver Figura 6.1.



Figura 6.1: Factores formadores del suelo (Somex, 2012)

6.2.3. Perfil del suelo

El perfil del suelo se constituye en la unidad básica para efectuar el reconocimiento y clasificación de los diferentes suelos que existen en el globo terráqueo. El proceso de formación de los suelos tiene como resultado final la conformación de una serie de capas diferenciadas por su color, textura, consistencia y propiedades físicas, químicas y biológicas, denominadas horizontes o estratos. Ver Figura 6.2.

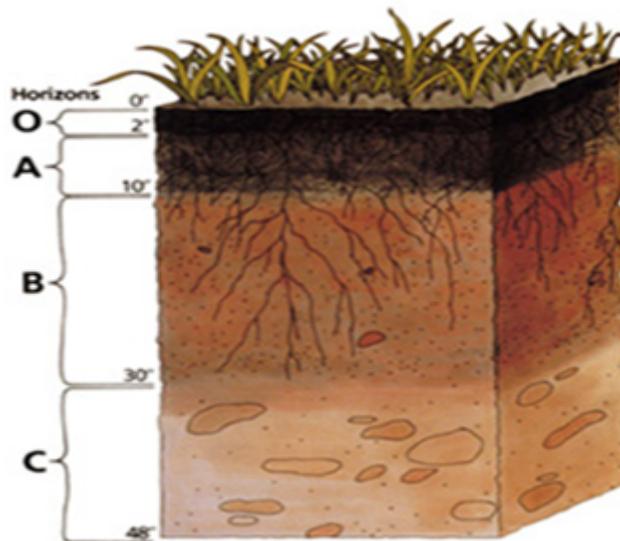


Figura 6.2: Perfil del suelo con sus horizontes diagnósticos (Somex, 2012)

También se observa una serie de letras que identifican cada horizonte, las cuales se caracterizan por:

- Horizonte O: Corresponde a la deposición de residuos vegetales representados en hojarascas que paulatinamente se transformarán en materia orgánica.

- Horizonte A: Se constituye en la capa de mayor importancia para el desarrollo de coberturas vegetales, ya que se concentra el mayor contenido de materia orgánica y minerales meteorizados, presentándose alto desarrollo de raíces y gran población de macro y microorganismos. Normalmente se presentan colores oscuros con texturas francas.
- Horizonte B: Presenta menos actividad biológica y desarrollo de raíces, producto de procesos de lixiviación de nutrientes y moderada meteorización de los minerales. Se caracteriza por presentar colores amarillentos, pardos y rojizos con texturas arcillosas.
- Horizonte C: Corresponde al material parental con cierto grado de meteorización, que no se considera como suelo.
- Horizonte R: Se identifica como el verdadero material parental o roca madre.

6.2.4. Formación y evolución del suelo

La corteza terrestre está formada por rocas de distintas clases. Las rocas al tener contacto con el agua, el aire, la temperatura, microorganismos, vegetación, procesos climáticos, biológicos y acciones antrópicas, sufren transformaciones en su estructura y composición (meteorización), dando origen al llamado material parental, que son minerales sueltos que van a interactuar con otros elementos del suelo para constituir las características físicas, químicas y biológicas, propias de cada suelo. El suelo es entonces el resultado de la interacción entre el clima, organismos, tiempo y relieve con el material parental. Ver Figura 6.3.



Figura 6.3: Suelo derivado de cenizas volcánicas (Andisol), Nevado del Ruiz, departamento de Caldas. (Somex, 2012)

6.2.5. Objetivos de un sistema de clasificación de suelos

La clasificación de los suelos, dentro de un levantamiento de suelos, consiste en localizarlos dentro de un sistema taxonómico de clasificación que permita agrupar aquellos cuyas características y propiedades físicas, químicas y biológicas estén variando dentro de un rango de valores permisible para ese grupo, separándolos de aquellos que están en otros grupos.

Existen diferentes objetivos cuando se pretende reconocer y clasificar los suelos. Según Buol et al (1973) citado por Jaramillo (2002), estos se resumen en: Efectuar un proceso organizado y lógico, realizar análisis integrales que permitan comprender las diferentes relaciones entre individuos y grupos de la población analizada, estimar sus propiedades diagnósticas, establecer clases de suelos que le permitan predecir, manejar, estimar e investigar los comportamientos, manejos y usos, productividad y poder extrapolar a condiciones similares.

6.3. El mapa de suelos

El reconocimiento y clasificación de los suelos, se reflejan cuando se elabora su representación mediante su mapeo. Representa la distribución espacial de los diferentes suelos de determinado territorio, producto de interrelacionar sus diferentes factores de formación y propiedades diagnósticas físicas, químicas y biológicas. Es importante conocer bajo qué nivel de detalle se efectuó el levantamiento, lo que determinará la escala y sus unidades cartográficas (Forero, 1985).

6.3.1. La escala del mapa de suelos

Basado en el nivel de detalle del levantamiento de suelos, se decide seleccionar la escala que representará su distribución. Dependiendo si el levantamiento es de tipo exploratorio, general, semidetallado, detallado o ultradetallado, se escoge la escala a trabajar. La escala cartográfica se define como una relación matemática entre las dimensiones reales de un territorio y la representación del dibujo que representa la realidad sobre un mapa. Se puede interpretar como la proporción que existe entre las medidas del mapa con las medidas reales, es decir cuánto fue reducida la superficie o área real para poder ser representada.

Es de gran importancia para los planificadores tener muy claro qué tipo de escala se va a utilizar, ya que ello determinará el tamaño mínimo del área a representar a determinado nivel de detalle.

El valor de la escala se puede representar en forma numérica, como una proporción, o en forma gráfica; esta última forma de representación es más práctica, ya que al reducir o ampliar el mapa permite un mejor análisis cartográfico.

6.3.2. Las unidades cartográficas o de mapeo

Los estudios cartográficos de suelos se basan en tres conceptos fundamentales: El suelo como cuerpo natural, el tipo de suelo y la unidad cartográfica. Debido a la gran variabilidad espacial y su complejidad se clasifican las unidades cartográficas en: consociaciones, asociaciones, grupos diferenciados y áreas misceláneas.

La unidad cartográfica se refiere a la colección de áreas definidas y asignadas en términos de las clases de suelos que componen un territorio. El mapa de suelos presenta un conjunto de áreas completamente delimitadas por líneas, cada una de las cuales se llama delineación de suelos; todas las delineaciones de suelos que se encuentran identificadas con un mismo símbolo en el mapa conforman una unidad cartográfica (Soil Management Support Services: SMSS, 1985).

6.3.3. Las unidades taxonómicas

Corresponden a unidades de clasificación de suelos que son utilizadas para su denominación científica de carácter universal. Usualmente se emplean diferentes niveles y jerarquías, siendo el más empleado el Soil Taxonomy en donde define las siguientes categorías: orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie.

6.4. Calidad y salud del suelo

Los conceptos de calidad y salud del suelo aunque parecen similares, tienen sus diferencias. Diferentes autores han propuesto distintas definiciones y conceptos basados en las propiedades diagnósticas del suelo y su posibilidad de utilización en función del tiempo.

La conceptualización de la calidad del suelo ha venido evolucionando desde mediados del siglo pasado, siendo inicialmente comparado con la productividad de los cultivos y sus repercusiones en su degradación. En la medida que se avanzó en reconocer la funcionalidad del suelo, este concepto se fue depurando, teniéndose en cuenta factores de productividad pero sin degradar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, medio para garantizar buena calidad ambiental y garantizar la salud de plantas, animales y seres humanos. Últimamente se ha venido evolucionando en conceptos integrales, holísticos y ambientales, en donde se considera al suelo como un elemento vital y dinamizador de la oferta ambiental de un territorio, debido a su capacidad de suministrar nutrientes a la cobertura vegetal, almacenar agua, facilitar procesos de producción agropecuaria y por ende aportar a la mejora de condiciones de la salud humana y conservar los ecosistemas.

La salud del suelo está estrechamente relacionada con sus propiedades indicadoras físicas, químicas y biológicas, que permiten en la actualidad conceptualizar una fertilidad integral, esencial para la productividad sustentable agropecuaria bajo mínimos impactos ambientales.

6.5. Indicadores de calidad y salud del suelo

Existe una gran cantidad de indicadores físicos, químicos y biológicos que estiman la calidad y salud del suelo. Se recomienda seleccionar unos pocos que estén acordes con los objetivos planteados, la disponibilidad de información básica secundaria haciendo énfasis en la escala y nivel de detalle de los estudios, oferta de instrumentación para el monitoreo, disponibilidad de recursos económicos y de personal capacitado.

Según Lal (1994) son recomendables cuando se vayan a proponer indicadores de calidad y salud del suelo, los siguientes aspectos: que sean extrapolables y predecibles, simples y fáciles de medir, versátiles, orientados a procesos, aplicables a las escalas seleccionadas, fáciles de analizar e interpretar y relevantes para las condiciones ecológicas del territorio analizado.

6.5.1. Indicadores de propiedades físicas del suelo

Es significativo considerar la importancia que tienen las propiedades físicas del suelo, ya que debido a sus características es posible estimar sus propiedades hidrodinámicas, que garantizan la infiltración, almacenamiento y percolación del agua en los diferentes horizontes del suelo, lo cual garantiza la dilución y absorción de los minerales por el sistema radical de las plantas, almacenamientos de agua para fines agropecuarios o de consumo humano, regulación del ciclo hidrológico y optimización de los ecosistemas.

Se puede observar que se estratificaron los indicadores en función de procesos mecánicos, hidrológicos y de zona de raíces. Aunque existe una tendencia de direccionar estos indicadores del suelo hacia sistemas productivos agropecuarios y de coberturas vegetales, son también aplicables para valorar impactos en el desarrollo de obras civiles (Tabla 6.1).

Tabla 6.1: Atributos claves del suelo y procesos relacionados

Atributos	Procesos
Mecánicos	
Textura	Encostramiento, difusión gaseosa, infiltración.
Densidad aparente	Compactación, crecimiento de raíces, infiltración.
Agregación	Erosión, encostramiento de raíces, infiltración.
Distribución de tamaño y continuidad de poros	Transmisión y retención de agua, crecimiento de raíces, intercambio gaseoso.
Hidrológicos	
Capacidad de retención de agua	Estrés por sequía, producción de biomasa, contenido de materia orgánica del suelo.
Sin limitación de agua	Sequía, desbalance hídrico, estructura del suelo.
Tasa de infiltración	Escorrentía, erosión, lavado.
Zona de raíces	
Profundidad efectiva de raíces	Crecimiento de raíces, uso eficiente de agua y nutrientes
Temperatura del suelo	Flujo de calor, calentamiento del suelo, actividad y diversidad de especies de la fauna del suelo

Fuente: Lal, 1994

6.5.2. Indicadores de propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas han sido, por tendencia general, las que mayor énfasis y prelación han tenido en la medición de la fertilidad del suelo, dejando de lado en muchos casos, las características físicas y biológicas, lo cual ha generado graves problemas en el manejo de la fertilidad y uso del suelo.

Se deben considerar dentro de las propiedades químicas del suelo una serie de procesos que

tienen que ver con su disponibilidad de nutrientes, degradación de suelos y su interrelación con procesos físicos y biológicos (Tabla 6.2).

Tabla 6.2: Propiedades claves químicas y nutricionales del suelo y procesos relacionados

Atributos	Procesos
pH	Acidificación y reacción del suelo, disponibilidad de nutrientes.
Saturación de bases	Adsorción y absorción, solubilización.
Capacidad de intercambio catiónico	Intercambio iónico, lavado.
Contenido total y disponible de nutrientes	Fertilidad del suelo, reserva de nutrientes.
Contenido de materia orgánica	Formación estructural, mineralización retención del nutriente carbono por la biomasa.

Fuente: Lal, 1994

6.5.3. Indicadores de propiedades biológicas del Suelo

Lamentablemente, cuando se han considerado las propiedades diagnósticas del suelo, sus propiedades biológicas casi siempre han sido ignoradas. Afortunadamente, producto de las tendencias integrales y ambientales basadas en los nuevos conceptos de calidad y salud del suelo, esta condición ha tomado gran importancia. Son muchos los indicadores que se pueden estimar, pero debido a su gran variabilidad y propagación es importante seleccionar indicadores sencillos que estén relacionados con procesos de ciclaje de nutrientes, descomposición de la materia orgánica, respiración y formación de estructura del suelo (Tabla 6.3).

Tabla 6.3: Propiedades claves Biológicas del suelo y procesos relacionados

Atributos	Procesos
Población de lombrices y otra macrofauna del suelo y su actividad	Ciclaje de nutrientes, descomposición de materia orgánica, formación de la estructura del suelo.
Carbono en la biomasa del suelo	Transformaciones y respiración microbial, formación de la estructura del suelo y complejos órgano-minerales.
Carbono orgánico total del suelo	Incorporación y fuente de nutrientes del suelo, carbón de la biomasa, respiración del suelo y flujo gaseoso.

Fuente: Lal, 1994

6.5.4. Indicadores de sustentabilidad del suelo

Los indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo se pueden reagrupar e interrelacionar en tres categorías funcionales: Respuesta, Sensibilidad y Exposición. Con base a este criterio se pueden proponer indicadores integrales de sustentabilidad del suelo (Tabla 6.4).

Tabla 6.4: Categorías funcionales de los indicadores de sustentabilidad del suelo

Categoría Funcional	Indicadores
1. Indicadores de respuesta	Reserva de nutrientes, capacidad de agua disponible, profundidad de raíces, balance de agua, época de cultivo, grados día, estructura del suelo.
2. indicadores de sensibilidad	Ciclaje de nutrientes, erosión del suelo, movimientos de masa, lavado.
3. indicadores de exposición	Densidad aparente, pH, textura, contenido de materia orgánica, tasa de infiltración, erodabilidad, CIC.

Fuente: Lal, 1994

6.5.5. Indicadores de sostenibilidad para diversas ecorregiones

Las zonas tropicales se caracterizan por presentar una abundante biodiversidad, siendo sus suelos uno de los factores que inciden en esta fortaleza de nuestros territorios. Debido a esta gran variabilidad espacial y temporal, los indicadores del suelo son muy heterogéneos, siendo necesario diferenciarlos para sus diferentes ecorregiones.

Producto de sus investigaciones en zonas tropicales, Lal (1994) propone de manera integral y lógica una serie de indicadores para zonas estratégicas. Con base en criterios de: altura, clima, pisos térmicos y su relación con las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo propone agrupar los indicadores para las siguientes zonas tropicales: Trópicos Húmedos, Trópicos Semihúmedos y Semiáridos, Trópicos Áridos (Tabla 6.5)

Tabla 6.5: Indicadores mínimos necesarios para la valoración de la calidad y salud del suelo en las principales ecorregiones en el Trópico

Húmedos	Semihúmedos/Semiáridos	Áridos
pH, acidez, saturación de bases	Estructura del suelo, densidad aparente, compactación, característica o sistema de cultivo.	Agua disponible para las plantas, profundidad de raíces, compactación, sistema de cultivo, encostramiento.
Densidad aparente, sistema de cultivo, tasa de infiltración, capacidad de agua disponible	pH, contenido de materia orgánica del suelo, disponibilidad de nutrientes para la planta.	Temperatura del aire y del suelo.
Cantidad y tasa de escorrentía, erosión hídrica	Erosión por viento y agua, erosión por cárcava.	Evapotranspiración, velocidad del viento.
Cantidad de lluvia e intensidad, radiación neta, temperatura de suelo	Balance de agua, escurrimiento, salinidad total y tipos de sales, temperatura del suelo y del aire, velocidad del viento, época de siembra.	Agua superficial y subterránea y calidad del agua, pH y disponibilidad de nutrientes para la planta.

Fuente: Lal, 1994

6.6. Propuesta de indicadores de calidad y salud del suelo para el departamento de Caldas

Una vez conceptualizados los elementos básicos del suelo y cómo se deben seleccionar los indicadores de calidad y salud del suelo, con base en las experiencias obtenidas en los talleres de socialización y concertación, la disponibilidad de información básica secundaria, la escala y nivel de detalle de la cartografía temática de suelos y las proyecciones de instrumentación para el monitoreo de suelos, se presenta la propuesta de indicadores de calidad y salud del suelo para el departamento de Caldas que contribuirán en la estructuración de su línea base ambiental. Debido al gran limitante de la baja disponibilidad de información básica secundaria, producto del escaso monitoreo del suelo, se proponen los siguientes indicadores a corto plazo:

- Variación de las áreas de coberturas boscosas en suelos.
- Grado de variación de las áreas de las coberturas de pastos.
- Grado de variación de las áreas de las coberturas de cultivos en suelos.
- Grado de variación de las áreas de las coberturas de infraestructura de vías terrestres en suelos.

- Grado de variación de las áreas de las coberturas de infraestructura de Telecomunicaciones en suelos.
- Grado de variación del área urbana en suelos.
- Grado de variación de áreas del suelo urbanizables.

6.7. Conclusiones

El departamento de Caldas presenta una gran oferta de megabiodiversidad en cuanto respecta a sus bienes y servicios ambientales. Sus suelos son el producto de las interacciones de los factores formadores del suelo, caracterizándose por la alta variabilidad espacial de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Es fundamental para poder seleccionar los indicadores de calidad y salud del suelo, partir de un riguroso proceso de conceptualización y contextualización que permita aproximarse a estimar la oferta ambiental del territorio, identificando sus debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades.

El tener claro en la construcción de indicadores de calidad y salud del suelo aspectos como: escala y nivel de detalle de la información básica secundaria, necesidades de información básica primaria, que sean fáciles y sencillos de monitorear, procesar y evaluar, extrapolables y predecibles, versátiles, relevantes para las condiciones ecológicas y oferta ambiental, además que estén orientados a procesos de planificación integral y participativa del territorio, se constituyen en los fundamentos para poder producir con eficacia indicadores ambientales que tengan trascendencia y se lleven a cabo procesos integrales de sensibilización hacia el uso, manejo y conservación de los bienes y derechos ambientales del territorio.

Observando y analizando la oferta de información básica secundaria de suelos del departamento de Caldas, existe una tendencia generalizada de la disponibilidad de cartografía temática de suelos (taxonomía y cartografía de suelos, erosión, usos del suelo, suelos urbanos y rurales) a escala 1:200000, lo cual infiere estudios de suelos a niveles generales. Este factor es de suma importancia tenerlo en cuenta y considerarlo en la selección de los indicadores que inicialmente conformará la línea base ambiental en suelos del departamento de Caldas. Inicialmente se proponen indicadores sencillos y que se adecuen a la escala disponible siendo recomendable tener como área de referencia las cuencas hidrográficas. Dependiendo de la viabilidad de inversión en equipos de monitoreo y personal capacitado para su recolección, procesamiento y análisis, se podría pensar en otros indicadores que fortalecerían el proceso de línea base ambiental del departamento de Caldas.

Con base en este criterio son pocos los indicadores de calidad y salud del suelo que se pueden generar a corto plazo, utilizando la información básica secundaria disponible, siendo de fácil obtención los siguientes: porcentaje del grado de variación de las coberturas boscosas, porcentaje del grado de variación de las coberturas de pastos, porcentaje del grado de variación de las coberturas de cultivos, porcentaje del grado de variación de las coberturas de infraestructuras de vías terrestres, porcentaje del grado de variación de las coberturas de infraestructuras de telecomunicaciones, porcentaje del grado de variación del área urbana en suelos del departamento

de Caldas, porcentaje del grado de variación del suelo urbanizable, porcentaje de variación de suelos urbanos y rurales y porcentaje de variación de los grados de erosión.

A mediano y largo plazo, se pueden generar procesos que permitan estimar los indicadores mínimos necesarios para la valoración de calidad y salud del suelo en los ecosistemas y ecorregiones del departamento de Caldas, en lo que respecta a las propiedades físicas, químicas y biológicas de sus suelos.

Existen serias limitantes para poder monitorear y producir indicadores ambientales en lo que respecta a la calidad y salud suelo y subsuelo, debido a la alta variabilidad espacial de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, la baja cultura y políticas en el monitoreo ambiental y el incipiente desarrollo en la construcción de indicadores ambientales en el país.

6.8. Recomendaciones

El concepto de calidad y salud del suelo bajo enfoques integrales, holísticos, participativos y de sustentabilidad ha recibido una entusiasta y amplia respuesta de científicos, investigadores, funcionarios de entidades ambientales y planificadores de políticas ambientales. A pesar de la necesidad urgente de desarrollar y adoptar sistemas para el uso sustentable de los derechos y bienes referentes al agua y suelo en los trópicos, el concepto sigue siendo vago, subjetivo, cualitativo y meramente una retórica emocional. Por consiguiente, es importante desarrollar y estandarizar criterios objetivos y basados en la ciencia, para la valoración cuantitativa de la sustentabilidad, especialmente en relación con los suelos y aguas.

Se hace necesario implementar bases de datos científicas para desarrollar sistemas cuantitativos y objetivos de valoración de la sustentabilidad del suelo. La investigación es necesaria para desarrollar los procedimientos analíticos que identifican los procesos y propiedades limitantes de productividad, delinear límites críticos de indicadores de suelos y aguas, cuantificar la recuperación del suelo, desarrollar índices de sustentabilidad, calidad y salud del suelo. También es importante definir el número de datos mínimos necesarios para la valoración de la sustentabilidad, y para proponer normas de control de calidad. El desarrollo de modelos predictivos puede ser útil para extrapolar los resultados a suelos y ecorregiones similares.

Es de gran importancia adelantar procesos de gestión que permitan la interacción de los diferentes actores que estén relacionados con la dinámica y oferta ambiental del departamento de Caldas, lo que posibilitaría aunar esfuerzos y optimizar recursos humanos, económicos y logísticos, que facilitarían inicialmente mejorar los sistemas de monitoreo, procesamiento y evaluación de los diferentes indicadores ambientales.

En lo que respecta al componente suelo y subsuelo, se requiere adelantar procesos de mejoramiento de disponibilidad de información básica tanto secundaria como primaria, que en términos de mediano a largo plazo, permitan el monitoreo de aspectos tan fundamentales como: indicadores de propiedades físicas (estructura, capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, densidad aparente, profundidad efectiva de raíces, infiltración y conductividad hidráulica), indicadores de propiedades químicas (grado de fertilidad integral del suelo, pH, acidez, salinidad, saturación de bases, contenido de materia orgánica), indicadores de propiedades biológicas (actividad y diversidad de especies de invertebrados), indicadores de degradación de suelos (pérdida de suelo, procesos y grados de remoción masal).

Para lograr una plena planificación y estructuración de la Línea Base Ambiental de Caldas en lo que respecta al suelo y subsuelo, se requiere iniciar un proceso que permita variar las escalas de la cartografía temática disponible, lo cual implica una mayor densidad de información y de instrumentos de medición. En lo posible, lo ideal sería a un largo plazo disponer de información a nivel de microcuencas y el sueño sería adelantar procesos de planificación predial que permitiera tener guías de indicadores ambientales tanto en predios urbanos como rurales.

Cada día se hace necesario y urgente desarrollar sistemas sustentables de uso, manejo y conservación del suelo y agua. Aunque existe alguna información disponible sobre los principios básicos del suelo y su manejo agropecuario y de obras civiles, se conoce muy poco acerca de las relaciones cuantitativas entre los indicadores del suelo con la productividad agropecuaria y los impactos ambientales generados por las obras civiles (centros poblados, vías de comunicación, infraestructuras de servicios públicos). Se sugiere y recomienda que, para que exista una Línea Base Ambiental de suelos del departamento de Caldas fortalecida y sustentable, se adelanten procesos integrales y participativos de docencia, investigación y extensión liderados por CORPOCALDAS y con la activa participación de las universidades (Nacional de Colombia, Caldas, Católica), centros de Investigación (Cenicafé y Corpoica, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo), ONG ambientalistas y comunidades asentadas en las áreas urbanas y rurales.

Referencias bibliográficas

Escobar, Ch. C.A. (2011). Dinámica del Transporte de Vinaza en tres suelos representativos del Valle geográfico del Río Cauca. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Escuela de Posgrados. Tesis Doctoral. Palmira, Colombia, 120 p.

Forero, M. C. (1985). Aplicación de la taxonomía de suelos del USDA en la cartografía, interpretación y correlación de los suelos. Revista Suelos Ecuatoriales, Volumen XV, No 1. Bogotá, Colombia. p 85-87.

Jaramillo, D.F. (2002). Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Medellín, Colombia. 613 p.

Lal, R. (1994). Métodos y normas para evaluar el uso sostenible de los recursos suelo y agua en el trópico. SMSS Monografía Técnica No 21. Departamento de Agronomía. OHIO STATE UNIVERSITY. Servicios de apoyo para el Manejo de Suelos. Servicio de Conservación del Suelo (USDA). Agencia Americana Para el Desarrollo Internacional. Columbus, Ohio, USA. 96 p.

Red Nacional de Conservación de Suelos y Aguas. (2012). El recurso suelo. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín, Colombia, 1 p.

Soil Management Support Services - SMSS (1985). Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas. Monografía técnica SMSS No. 15. Editores A. van Wambeke y T. R. Forbes. Universidad de Cornell. 67 p.

Soil Survey Staff - SSS (1999). Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 2a. Ed. Agriculture Handbook N° 436. Soil Survey Staff. Washington D. C. 869 p.

SOMEX (2012). El Suelo. Medellín, Colombia. 48 p. Consultado en <http://www.somexnutricion.com/>.

Línea Base Ambiental de Caldas: indicadores de uso de los recursos

HENRY GONZÁLEZ GONZÁLEZ

Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales - Instituto de Estudios Ambientales

7.1. Introducción

La ubicación espacial de Colombia, bañada por dos océanos y en la confluencia de los vientos alisios, representa para el país la posibilidad de gran variedad de pisos térmicos que contribuyen de manera significativa a la alta variabilidad genética que lo ubican como un país megadiverso.

El sistema biofísico – espacial y sus componentes desempeñan un rol de singular importancia en la construcción de los escenarios de sostenibilidad ambiental. Los servicios ambientales (suelo, oxígeno, agua, entre otros), que presta el ecosistema al territorio y lo que este a su vez le devuelve (residuos líquidos, sólidos, etc.), son objeto necesario de análisis para definir los alcances de sostenibilidad.

Por definición en forma amplia, un recurso es un bien que puede ser esencial para la vida, o que el ser humano puede usar para su bienestar. Recursos físicos, económicos como el capital y los intelectuales se constituyen en la riqueza con que cuenta una comunidad; sin embargo, el grado de utilización y el tipo de explotación de estos recursos, es lo que realmente tipifica sociedades, su mayor o menor riqueza, su desarrollo y su posibilidad de permanencia en el tiempo.

El aumento de la población y su concentración en asentamientos humanos de pequeña y gran escala han traído consigo un sinnúmero de impactos sobre los sistemas físico – bióticos que ofrecen servicios ambientales; entre ellos, la generación y disposición final de residuos, los consumos de agua para diversos usos como la generación de energía eléctrica y la agricultura, y los diferentes usos y coberturas del suelo, son algunos de los principales problemas ambientales que deben enfrentar las regiones.

7.2. Contexto nacional

Con la creación del Sistema Nacional Ambiental – SINA y la organización del sector público encargado de la gestión ambiental materializado en la Ley 99 de 1993, Colombia dio grandes avances jurídicos en su propósito de desarrollar un marco normativo constitucional que le permitiera estructurar todo un esquema de aprovechamiento, uso y seguimiento a su patrimonio natural.

En este proceso se crearon y reestructuraron los denominados institutos de apoyo técnico al Ministerio del Medio Ambiente surgiendo: el Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM; el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés INVE-MAR; el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico – IIAP y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – SINCHI.

En este sentido, los institutos de investigación y las autoridades ambientales locales y regionales avanzaron en la consolidación de sistemas de seguimiento y control ambiental que dieron como resultado un sistema de información ambiental que permitió, por primera vez, determinar el estado ambiental de Colombia. A esto se suman, como instrumento de control fiscal, los informes que presenta la Contraloría General de la República sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales por mandato constitucional¹.

Si bien, los sistemas de información (y sus productos) son fundamentales en los procesos de planificación, es también cierto que son escasos los desarrollos conceptuales, metodológicos y operativos en este aspecto.

A nivel global, Colombia es reconocida por su megadiversidad biológica y por contar con una de las más grandes reservas de agua superficial y subterránea, lo cual si bien es una fortaleza que brinda su posición geoespacial, también se convierte en una gran debilidad frente a la necesidad de inversión en protección y conservación para su uso sostenible, en un país donde el mayor gasto estatal está destinado a la defensa del territorio, que si bien es necesario para garantizar en buena parte la seguridad ciudadana, contrasta con el gasto ambiental, el cual llega con dificultad al 0,8 % del PIB (CGR, 2011 – CGR, 2010).

Con relación al uso de recursos en el contexto nacional es preciso tener en cuenta que el análisis sectorial permite desarrollar juicios críticos, específicamente asociados a gastos de energía, agua, usos del suelo y generación de residuos.

En relación al tema energético, el país tiene una oferta que está dada por la producción primaria y secundaria y por el consumo sectorial. En un período de análisis comprendido entre 1990 y 2009, el consumo total sectorial de energía eléctrica del país, según cálculos de la Unidad de Planeación Minero Energética- UPME, se estima en 1.287.767 TJ (tera joules). Diferenciado por sectores, el de mayor participación en este período fue el transporte con un 37 %, sector industrial 25 %, residencial 23 %, agropecuario 6 %, comercio y servicios 6 %, construcciones 2 % y minero 1 %. Es de anotar que el sector minero es uno de los de mayor crecimiento en demanda energética del país pasando de un 0,35 % en la década de los 90 a un 3,31 % en 2009,

¹El Artículo 268 de la CPC de 1991 establece como función del Contralor General de la República (...) 7. Presentar al Congreso de la República un informe anual sobre el estado de los recursos naturales y del ambiente (...).

lo cual evidencia un auge en el desarrollo del sector, que en la actualidad se hace más evidente (UPME, 2010).

Respecto al consumo de agua en Colombia, incluida el agua extraída no consumida, se calcula un total de 35.877 Mm³ (millones de metros cúbicos); esto según los datos reportados por el IDEAM. De este consumo el sector de mayor demanda es el agrícola, que alcanza un 54,03 %, seguido del energético con una participación del 19,44 %, pecuario y acuícola 13,4 %, doméstico 7,26 %, industrial 4,40 % y de servicios 1,47 % (IDEAM, 2010). Es evidente entonces que la mayor presión sobre el patrimonio hídrico sigue estando en el sector productivo, lo cual a la larga y teniendo en cuenta las necesidades de desarrollo del país no debería representar mayores perjuicios, pero, si se pone de fondo la situación de necesidades por parte de comunidades, sí se genera un alto y grave impacto social (por la falta del servicio) y ecosistémico y de salud (por las precarias condiciones de manejo de aguas residuales y aseo).

En producción de residuos sólidos ordinarios, y según las estimaciones de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, en el país se produjeron en el año 2006 unas 8.358.798 toneladas mientras que a 2009 los cálculos llegaron a 8.915.561 toneladas. Sobre este marco general y según información de la misma entidad se destacan mejorías en cuanto a malos manejos de disposición final evidenciados en la reducción en la disposición en cuerpos de agua que pasó del 0,20 % del total de residuos producidos en 2007 al 0,08 % en 2009, sobre disposición en botaderos a cielo abierto se pasó de 17,80 a 5,69 % en los mismos años y el enterramiento y quema pasó del 0,80 al 0,75 % el mismo período de análisis. De otro lado, se evidencia un incremento en el aprovechamiento que pasó de 0,90 % del total de residuos producidos en 2007 al 1,34 % en 2009; y respecto a la disposición en rellenos sanitarios técnicamente establecidos se pasó del 80,30 % al 92,14 % de 2007 a 2009 (SSPD, 2010).

Sobre generación de residuos peligrosos (RESPEL), en Colombia, los establecimientos generadores registraron un total de 90.330,3 toneladas en el aplicativo web destinado para ello por el IDEAM (IDEAM, 2009).

Regionalmente, las autoridades ambientales reglamentadas en la Ley 99 de 1993 desarrollan procesos de control y seguimiento sobre el uso de recursos naturales, además de tomar acciones tendientes a minimizar los impactos producidos por el uso de los denominados servicios ambientales.

Para el caso específico del departamento de Caldas, la Corporación Autónoma Regional de Caldas –CORPOCALDAS, asume desde 1993 las actividades de autoridad ambiental en toda la jurisdicción del departamento.

7.3. Contexto regional

El departamento de Caldas se distingue por su paisaje andino y diverso en el cual se conforman tres conjuntos morfológicos esenciales (CORPOCALDAS, 2007):

- Valles y planicies, constituidos por depósitos cuaternarios de origen aluvial y rocas sedimentarias del terciario. La parte media de la cordillera Central es caracterizada por rocas de origen metamórfico y en su parte más alta rocas ígneas rematadas en conos volcánicos como el del Nevado del Ruiz sobre los 5.310 msnm.

- Los valles aluviales de los ríos Cauca y Risaralda sobre los márgenes occidental y suroccidental, característicos por condiciones semi húmedas cálidas y templadas, con predominio de cultivo de café y pastos. Al oriente del departamento, en el Valle del Magdalena, predomina un clima cálido húmedo con presencia de cultivos de pastos en grandes extensiones dedicadas a la ganadería.
- El centro y centro – oriente de la cordillera Central se caracterizan por la variedad de pisos térmicos y diferentes condiciones de humedad que propician una alta gama de coberturas vegetales que permiten establecimiento de cultivos como café, pastos y frutales en la zona media y vegetación de páramo en la más alta.

El territorio del departamento tiene una variedad climática extensa que lo hace un territorio privilegiado en el denominado triángulo de oro, el 39,5 % con predominancia de clima templado, 24,3 % frío, 22 % cálido, un 13,9 % corresponde a clima muy frío y extremadamente frío y un 0,3 % asociados a nieves perpetuas (CORPOCALDAS, 2007).

El departamento tiene una extensión territorial de 7.888 Km², divididos políticamente en 27 municipios y ecosistémicamente en 9 cuencas en las vertientes de los ríos Magdalena y Cauca (CORPOCALDAS, 2007).

Demográficamente, para el año 2012 y según proyecciones del DANE, el departamento cuenta con 982.207 habitantes de los cuales el 71,03 % habita suelos urbanos y el 28,9 % restante áreas rurales (DANE, 2005) y rururbanas². En Caldas se diferencian comunidades étnicas legalmente constituidas en resguardos indígenas (4,30 %) y organizaciones de base comunitaria afrocolombiana (2,54 %). El resto de la población; 93,16 % se considera mestiza (IGAC, 2009).

La tasa media de crecimiento exponencial poblacional entre 2000 y 2005 fue de 1,82. En términos de esperanza de vida, los hombres del departamento tienen en promedio unos 67,17 años mientras las mujeres 76,49 (DANE, 2005).

Económicamente, la población con necesidades básicas insatisfechas alcanza un 17,7 % y la activa en edad laboral representa el 45,74 % (DANE, 2005).

El departamento contaba en 2005 con 1.181 establecimientos de educación preescolar, 1.371 para básica y 479 en la modalidad de media. En términos de cobertura educativa, Caldas registra en el período 2005 – 2006 un total de 212.430 estudiantes matriculados en los niveles de preescolar a media y 9.276 docentes en las mismas escalas educativas (IGAC, 2009).

En relación con la distribución del territorio, y según información reportada por el IGAC (2007), Caldas cuenta con 88.575 predios rurales y 187.935 en zonas urbanas. Respecto a las áreas cultivadas en café se registran 146.333 hectáreas mientras que en cultivos permanentes 735.181,5 y en pastos una extensión de 382.576,9 hectáreas. Respecto de la producción anual, en cultivos se tienen registros de 392.217,7 toneladas (IGAC, 2009).

Según información de la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, para 2007 en Caldas se explotaron 1120,8 kg de oro (UPME, 2010).

La cobertura de servicios públicos del área departamental está registrada así: acueducto 88,7 %, alcantarillado 84,3 %, energía eléctrica 98,2 %, telefonía fija 50,5 % y gas natural 7,3 % (IGAC, 2009).

²El término rurbarno es una adaptación del término periurbano asociado a regiones rurales muy cercanas (conurbadas) a las áreas urbanas o cabeceras municipales.

En términos de gestión institucional, y según los reportes de la Contraloría General de la República, CORPOCALDAS por cada funcionario debe atender cerca de 100.000 hectáreas de territorio; esto dado que, por la forma como está estructurado el Sistema Nacional Ambiental, las corporaciones de territorios donde no hay autoridades ambientales locales deben atender mayores extensiones. Esto sin duda alguna, debilita la gestión corporativa, aún con los ingentes esfuerzos institucionales realizados por cada una de las autoridades ambientales regionales del país (CGR, 2011).

La industrialización del país está concentrada alrededor de las grandes ciudades, convergiendo en ellas no solo la más alta demanda y oferta en cuestiones laborales, sino también los más significativos impactos por generación de vertimientos, emisiones y producción de residuos. El centro industrial Manizales, del que hacen parte las ciudades de Manizales, Pereira, Dosquebradas, Villamaría, Santa Rosa de Cabal y Cartago, representa uno de los de mayor desarrollo. El Parque Industrial Juanchito y la proyección de la Zona Franca Andina agrupan el desarrollo de Manizales en una zona caracterizada por alta concentración de industrias asentadas en los márgenes de la quebrada Manizales, una de las principales rondas hídricas de la cabecera (IDEAM et al, 2002).

7.4. Indicadores para la línea base – componente uso de los recursos

A partir de la contextualización presentada se desarrollaron indicadores acorde con las condiciones de nuestra región.

Para analizar variables e indicadores relacionados con el uso del patrimonio natural, es entonces necesario determinar características y condiciones básicas que permitan establecer unas medidas de análisis de servicios ambientales y de presiones por su uso.

En este sentido, y para el análisis de este documento, se evalúa lo concerniente a demanda y consumo de agua y energía, producción y disposición adecuada de residuos.

Para entender con claridad los alcances que un indicador brinda, es importante comprender que por sí solo, éste es solo un número que representa avances o retrocesos en diferentes procesos; es así pues que al indicador debe dársele una connotación social que permita darle unas condiciones de adaptabilidad real al entorno que se está analizando.

Si bien la propuesta de la Línea Base Ambiental para el departamento de Caldas estableció una serie de variables objeto de análisis para los indicadores, es importante resaltar que estas variables pueden tener mayor o menor impacto al analizarlas según el indicador mismo que se busca evaluar.

7.4.1. Demanda y consumo de agua

El aumento de la población y por consiguiente de las actividades asociadas a los desarrollos antrópicos, incrementan también la necesidad de abastecimiento de agua para satisfacer estas demandas. Dado que las dinámicas poblacionales tienden a concentrarse en áreas geográficas determinadas esto aumenta la presión sobre el recurso.

Adicional a la demanda de agua, este consumo genera también un incremento en los vertimientos líquidos que son depositados directamente a rondas hídricas aumentando así los problemas de contaminación acuífera, los cuales son controlados con algunos sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Respecto de la demanda hídrica nacional para 2008 y según estimaciones del IDEAM (2010), Colombia alcanzó los 35.877 Mm³ (millones de metros cúbicos), de los cuales el 54 % fue en el sector agrícola, representando el de mayor uso. Para uso doméstico se llegó a una participación del 7,3 % menor al agrícola y al sector energético que alcanzó el 19 % del total. El consumo total de agua estimado para el departamento de Caldas estuvo entre 50 y 100 Mm³ (IDEAM, 2010).

7.4.2. Residuos

La producción de residuos de todo tipo genera grandes impactos negativos sobre el ambiente, toda vez que para su manejo y disposición final se hace necesario tomar acciones que garanticen la efectividad del proceso; garantía que aún no se tiene dada la carente aplicabilidad de programas de investigación que permitan caracterizar en la fuente el tipo de residuos que se están generando.

En el ámbito nacional *el gobierno impulsa programas y normas que obligan a los representantes de los municipios a realizar un plan integrado de manejo de residuos producidos por su comunidad. En este aspecto la separación de los desechos en su fuente se constituye en un paso fundamental, permitiendo obtener una mejor calidad de los materiales con valor de recuperación, aumento en la vida útil de los rellenos sanitarios, por la menor cantidad de residuos a depositar y la oportunidad de que los recicladores realicen su trabajo en mejores condiciones* (Carmona, 1997); prueba de ello lo evidencian algunas experiencias positivas en el manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe donde se asegura que en Colombia los recicladores y sus familias mejoran su calidad de vida cuando tienen la oportunidad de realizar su trabajo con residuos sólidos previamente separados. Los resultados: recicladores con beneficios sociales, educación de sus niños, acceso al sistema de seguridad e incremento de un 30 % de su rendimiento (OPS et al. 1998).

Para Colombia, durante 2011 y según la información reportada por las empresas prestadoras del servicio de aseo, se generó en promedio un total de 26.537 toneladas/día, lo que representa un incremento del 8 % respecto a 2010. En términos de disposición final, el 92 % de estos residuos se depositaron en rellenos sanitarios, el 1,3 % en plantas de aprovechamiento, un 5,3 % en botaderos a cielo abierto; lo cual demuestra un avance significativo del país en disposición adecuada, pero un retraso en relación al aprovechamiento (SSPD – 2012).

El departamento de Caldas, y según las estimaciones realizadas, dispone más del 90 % de los residuos que se generan en sitios adecuados para tal fin (rellenos sanitarios, plantas de aprovechamiento y celdas transitorias). Respecto de la generación total, el departamento está en una escala entre 300 y 1000 toneladas al año (SSPD, 2010).

En el departamento de Caldas, se distinguen rellenos sanitarios regionales en La Esmeralda (Manizales) que sirve a 13 municipios, en La Dorada sirve a 6, en Marquetalia a 3 y en Aguadas a 2 municipios (SSPD, 2010).

En cuanto a los residuos peligrosos, si bien existe la obligación legal de que su generación sea reportada, en Colombia aún existen grandes vacíos de información. Adicionalmente, y pese a que en los últimos años ha crecido el número de empresas especializadas en la gestión externa de este tipo de residuos, ellas son todavía insuficientes: en 2008 eran solo 36 para atender la demanda de todo el país, muchas de las cuales operan de manera especializada y se dedican a procesos exclusivos.

La generación de residuos peligrosos (RESPEL) en el departamento, y según la información reportada en el aplicativo web destinado para tal fin por el IDEAM en cumplimiento de la normatividad ambiental vigente, registra para 2009 un total de 2.671,44 Ton, comparadas con 2.809,57 en 2008 (CORPOCALDAS, 2010). Estos registros corresponden a los tipos de materiales definidos como peligrosos en el Decreto 4741 de 2005.

7.4.3. Energía eléctrica

Al igual que los consumos de agua potable, la demanda de energía eléctrica en el país se ha incrementado considerablemente al ritmo de crecimiento de la población y la creación de nuevos sectores empresariales e industriales. Para el año 2010 el consumo total de energía eléctrica reportado por la Unidad de Planeación Minero Energético – UPME era de 47.750 GWh siendo el sector doméstico el que tenía la mayor participación con un total de 19.648 GWh.

7.5. Indicadores propuestos para el tema uso de los recursos

En la Tabla 7.1 se presenta el resultado de los indicadores propuestos para el tema uso de los recursos del proyecto Línea Base Ambiental de Caldas.

7.6. Análisis y conclusiones generales

En general, el avance en la posibilidad de integrar y analizar información, permite determinar situaciones actuales y generar escenarios de futuro como mecanismo de herramientas de planificación. La valoración y evaluación a través de indicadores admite análisis cuantitativos que hacen posible interpretar y calificar situaciones determinadas, además, que el seguimiento permite determinar alertas tempranas para tomar acciones preventivas y correctivas que se traducen en menores impactos y mayor eficiencia.

Al igual que para el contexto nacional, en Caldas la generación de información primaria sigue siendo una gran debilidad, siempre que hay mayor posibilidad en los grandes centros poblados (a escala regional), pero continúa siendo escasa y poco confiable especialmente en las zonas rurales.

A lo anterior se suma que la escala de análisis sigue siendo muy grande para las necesidades reales de análisis; cuando en el departamento se hace este proceso de lectura de información equivaldría a un punto del mapa; lo cual minimiza las condiciones óptimas que permitan mejores

Tabla 7.1: Descripción de los indicadores ambientales para la componente uso de los recursos

Indicador	Descripción/VARIABLES asociadas
Producción de residuos sólidos	El indicador representa la cantidad, tipo y origen de los residuos sólidos generados en un período de tiempo determinado en el departamento.
Gestión integral de residuos peligrosos	El indicador evalúa la gestión integral de residuos peligrosos y similares generados en el municipio
Residuos sólidos aprovechados	El indicador evalúa la efectividad de los planes, programas y proyectos, de gestión integral de residuos sólidos generados en el municipio
Consumo de energía en el territorio	Muestra el consumo total de energía eléctrica en megavatios (MW) durante un período de tiempo determinado.
Consumo de agua por sectores	Muestra el consumo total de agua potable en metros cúbicos (m ³) durante un período de tiempo determinado por sectores.
Cobertura de servicios públicos domiciliarios	El indicador evalúa el cumplimiento en las metas de cobertura de servicios públicos en la ciudad
Disposición de escombros	El indicador evalúa la cantidad de escombros dispuestos adecuadamente en sitios de disposición debidamente autorizados.
Disposición en rellenos	El indicador evalúa la cantidad de residuos sólidos comunes dispuestos adecuadamente en rellenos técnicamente establecidos.
Generación de residuos eléctricos y electrónicos	El indicador evalúa la cantidad de residuos eléctricos y electrónicos recolectados en períodos de tiempo.
Ahorro acumulado consumo de agua empresarial	Muestra el ahorro total en el consumo de agua para actividades industriales en metros cúbicos (m ³) durante un período de tiempo determinado para el sector industrial.
Ahorro acumulado consumo de energía empresarial	Muestra el ahorro total en el consumo de energía para actividades industriales en kilovatios durante un período de tiempo determinado para el sector industrial.

y más certeros análisis, que se traduzcan por ende, en propuestas de planificaciones más reales y ajustadas a las verdaderas necesidades de los territorios.

La medición y seguimiento a indicadores como los aquí propuestos, parten de la integración conceptual y técnica de variables que pueden resultar complejas en su articulación, especialmente en lo relacionado con puntos de partida y análisis comparativos, pues no se tienen aún mecanismos generales que permitan (o exijan) un monitoreo permanente de éstas.

Referencias bibliográficas

Carmona, C. (1997). Análisis de sistemas de recolección de desechos municipales con previa separación en la fuente. Memos de Investigación No 356. Universidad de los Andes. Centro de documentación Facultad de Ingeniería. Bogotá: UNIANDES.

Contraloría General de la República - CGR (2010). Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente 2008-2009. Bogotá: CGR.

CGR (2011). Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente 2009-2010. Bogotá: CGR.

Corporación Autónoma Regional de Caldas - CORPOCALDAS (2007). Plan de Acción Trienal 2007 – 2009. Manizales: CORPOCALDAS.

Corporación Autónoma Regional de Caldas - CORPOCALDAS (2010). Subdirección de Recursos Naturales. Indicadores de generación RESPEL departamento de Caldas. 2010

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE (2005). Proyección Censo de Población. 2005. Bogotá: DANE.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Ministerio del Medio Ambiente, Instituto de Investigaciones Científicas Amazónicas - SINCHI, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico - IIAP, Instituto de Investigaciones Marinas y Costera José Benito Vives de Andrés - INVEMAR, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - IAvH (2002). Sistema de Información Ambiental de Colombia –SIAC-. Primera Generación de Indicadores de la Línea Base de la Información Ambiental de Colombia (vol. II). Bogotá: IDEAM.

IDEAM (2009). Informe sobre generación de residuos peligrosos en Colombia. Bogotá: IDEAM.

IDEAM (2010). Informe Anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables de Colombia: Estudio Nacional del Agua. Bogotá: IDEAM.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC (2009). Atlas básico de Colombia (vol. II, 9ª. ed.). Bogotá: IGAC.

Organización Panamericana de la Salud - OPS, Banco Interamericano de Desarrollo - BID (1998). Diagnostico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Serie ambiental No 18 edición 2. Washington DC: OPS&BID.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD (2010). Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia. Bogotá.

SSPD (2012). Disponible en: <http://www.superservicios.gov.co/>

Unidad de Planeación Minero Energética - UPME (2010). Boletín Estadístico de Minas y Energía 1990 – 2010. Bogotá: UPME.

Bibliografía general consultada

Ángel, A. y Velásquez L.S. Compiladores (1995). Perfil Ambiental Urbano de Colombia. Caso Manizales. Resumen. Publicaciones Programa Nacional de Estudios Ambientales Urbanos, IDEA. Universidad Nacional de Colombia. Manizales

Bedoya, J. (2002). El Hombre y su Ambiente. Posgrado en Gestión Ambiental. Facultad de Minas. Escuela de Geociencias y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.

Carrizosa, J. (2003). Colombia de lo Imaginario a lo Complejo. Instituto de Estudios Ambientales – IDEA. Cuaderno Ambiental IDEAS 3. Universidad Nacional de Colombia.

Carrizosa, J. (2001). ¿Qué es el Ambientalismo? La Visión Ambiental Compleja. Colección Pensamiento Ambiental Latinoamericano. Universidad Nacional de Colombia. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA.

Carrizosa, J. (2003). Construir Nuevas Ciudades y Pueblos Sostenibles. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Estudios Ambientales IDEA. Documentos Virtuales.

Contraloría General de la República – CGR (2004). Estado de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente 2003 – 2004. Ecorregiones Estratégicas Política de Producción más Limpia. Bogotá: CGR.

Flórez, M. y Parra, L.N. (1998). Colombia y sus Recursos. Universidad de Antioquia.

Ibáñez A. y Uribe, E. (2002). Medio Ambiente y Desarrollo Económico: Priorización de la Inversión Ambiental con Criterios Económicos. En: Documentos CEDE No. 33 Bogotá: UNIANDES.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC (2008). Atlas Básico de Colombia. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.

IDEAM - MVADT (2001). El Medio Ambiente en Colombia. Pablo Leyva (Editor). Bogotá: IDEAM.

IDEAM, MVADT, SINCHI, IIAP, INVEMAR, IAvH (2002). Sistema de Información Ambiental de Colombia. Conceptos, Definiciones e Instrumentos de la Información Ambiental de Colombia. Tomo I. Libro Virtual.

IDEAM, MVADT, SINCHI, IIAP, INVEMAR, IAvH (2002). Sistema de Información Ambiental de Colombia Perfil del Estado de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente en Colombia 2001. Tomo I. Libro Virtual.

Márquez, G. (2004). Mapas de un Fracaso. Instituto de Estudios Ambientales – IDEA. Cuaderno Ambiental IDEAS 5. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Márquez, G. (2008). Sistema de Indicadores Ambientales Municipales. IDEAS 14. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente (1996). Criterios Generales para la construcción y operación de escombreras. Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente (1997). Manejo y disposición de Residuos Sólidos Municipales. Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente (2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente (2002). Guía Ambiental para la selección de tecnologías de Manejo Integral de Residuos Sólidos. Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente (2002). Guía Ambiental. Rellenos Sanitarios. Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente (2002). Guía Ambiental. Saneamiento y Cierre de Botaderos a cielo abierto. Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente (2002). Proyectos de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Guía Práctica de Formulación. Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente (2002). Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares en Colombia. Manual de Procedimientos. Colombia.

MVADT (2004). Resolución 0643 del 2004. Bogotá.

DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES DE LA LÍNEA BASE AMBIENTAL DE CALDAS

Se terminó de imprimir en Agosto de 2014 en los talleres gráficos de la Sección de Publicaciones e Imagen
Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales.

Edición de 150 ejemplares.

En esta edición se empleó papel Propalmate de 90 g, se utilizaron caracteres Times en un formato de 17x24 cm.

La Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, a través del Instituto de Estudios Ambientales IDEA y su grupo de trabajo académico GEAUR (Grupo de Trabajo Académicos en Estudios Ambientales Urbanos) y el grupo GAIA (Grupo de Ambientes Inteligentes Adaptativos) de la Facultad de Administración, en respuesta a la invitación de la Corporación Autónoma Regional de Caldas CORPOCALDAS, realizaron el proyecto denominado “Estructuración de la Línea Base Ambiental de Caldas”, proyecto realizado desde el mes de agosto de 2011 hasta el mes de mayo de 2012.

Este proyecto tuvo como objetivo general “proponer indicadores y estandarizar métodos y procedimientos que conlleven al seguimiento del estado de los recursos naturales renovables y el medio ambiente como parte fundamental de la línea base del Departamento”, objetivo desarrollado a través de la implementación de la metodología de trabajo característico del IDEA, el cual busca a través de encuentros, mesas de consenso y la participación de expertos locales y nacionales, abordar el análisis y la discusión de los indicadores que promovieran la evaluación y el monitoreo de los diferentes temas ambientales del Departamento de Caldas propuestos: ecosistemas estratégicos, biodiversidad, agua, aire y clima, suelo y subsuelo, y uso de los recursos.

El marco ordenador para la construcción de estos indicadores, se basó en el modelo estado – presión – respuesta (EPR). Este modelo tiene la ventaja de identificar las condiciones de los recursos naturales, las actividades antrópicas que se ejercen sobre estos recursos, cambiando la calidad y la cantidad de los mismos, y la respuesta que da la sociedad a través de políticas ambientales, económicas generales y sectoriales. Para ello, se organizaron grupos de expertos en mesas de consenso para los diferentes temas ambientales ya mencionados.



Contiene CD
con tabla de indicadores