

# Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana SIAT-AC



*Lineamientos conceptuales y metodológicos del Sistema  
de Indicadores Ambientales Amazonia en el marco del  
Programa Regional de Monitoreo Ambiental*



MINISTERIO DE AMBIENTE,  
VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL  
República de Colombia



SiB SISTEMA DE INFORMACIÓN  
SOBRE BIODIVERSIDAD  
DE COLOMBIA



# Lineamientos conceptuales y metodológicos del Sistema de Indicadores Ambientales Amazonia en el marco del Programa Regional de Monitoreo Ambiental

Proyecto  
Consolidación del Sistema de Información Ambiental  
Territorial –SIAT-, priorizando el componente SIB (primera fase)  
Amazonia colombiana

Autor  
Mario Orlando López Castro

Revisión Técnica  
Uriel Gonzalo Murcia García

Cofinanciado por la Embajada del Reino de los Países Bajos



Programa de Apoyo a la Gestión Ambiental en Colombia

Con el apoyo del Equipo Coordinador del SIB Colombia - Instituto Humboldt, la participación activa de las corporaciones para el desarrollo sostenible con presencia en la región Amazónica: CDA, Cormacarena y Corpoamazonia y, de la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales - Territorial Amazonia Orinoquia DTAO.

Bogotá D. C., Junio de 2007



Lineamientos conceptuales y metodológicos del Sistema de Indicadores Ambientales Amazonia en el marco del Programa Regional de Monitoreo Ambiental

ISBN 978-958-8317-15-1

© Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi;

República de Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Primera edición: junio de 2007

Revisión técnica

Uriel Gonzalo Murcia García, Instituto Sinchi

Diseño y diagramación:  
Julían Hernández

Coordinación producción editorial:  
Diana Patricia Mora Rodríguez

Fotografía carátula:  
Río Atabapo (Guainía).  
Uriel Gonzalo Murcia García.

Reservados todos los derechos.

Disponible en:

[www.sinchi.org.co](http://www.sinchi.org.co)

<http://siatac.siac.net.co>

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas -Sinchi-

Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia colombiana SIAT-AC: Lineamientos conceptuales y metodológicos del Sistema de Indicadores Ambientales Amazonia en el marco del Programa Regional de Monitoreo Ambiental / Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- Sinchi-.—Bogotá: Instituto Sinchi, 2007.

Xx p.

### Palabras clave

---

1. Amazonia colombiana 2. Indicadores ambientales 3. Monitoreo del ambiente, 4. Sistema de Información de Gestión.

### Autore

---

Mario Orlando López Castro

### Equipo técnico del proyecto

---

Uriel Gonzalo Murcia García

Armando González Romero

Olga Lucia Trespalacios

Mario Orlando López Castro

Alan Aguía Agudelo

Verónica Hernández

Ximena Franco Villegas

Deyanira Vanegas Reyes

Mónica Lucia Vera Ardila

William Castro Pulido

Julia Benavides

El contenido de esta publicación es propiedad del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas –Sinchi-, del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Se permite copiar, reproducir y utilizar esta obra, siempre y cuando se cite la fuente de manera correcta y no se utilice para fines comerciales sin previa autorización del titular.



**Instituto**  
**amazónico de**  
**investigaciones científicas**  
**SINCHI**

LUZ MARINA MANTILLA CÁRDENAS  
Directora General

---

ROSARIO PIÑERES VERGARA  
Subdirectora Administrativa y Financiera

---

Equipo de investigación

---

Uriel Gonzalo Murcia Garcia  
Investigador Principal Instituto SINCHI, Coordinador proceso SIAT-AC

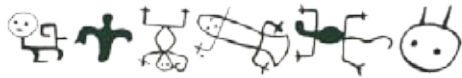
Armando González Romero  
Consultor marco conceptual

William Castro Pulido  
Investigador Instituto Sinchi

Mario Orlando López Castro  
Consultor indicadores ambientales

Deyanira Vanegas Reyes  
Consultora tema ordenamiento ambiental del territorio





# Contenido

Agradecimientos	11
Presentación	13
1. Introducción:	15
2. Antecedentes normativos:	19
3. Conceptos relacionados con el programa de monitoreo:	25
3.1 Monitoreo.	25
3.2 Monitoreo ambiental.	25
3.3 Programa de monitoreo ambiental.	26
3.4 Programa nacional de monitoreo ambiental.	28
3.5 Programa regional de monitoreo ambiental de la Amazonia colombiana.	28

<b>4. Objetivos:</b>	<b>31</b>
4.1 General.	31
4.2 Específicos.	31
<b>5. Alcance:</b>	<b>33</b>
5.1 Visión de largo plazo.	33
5.2 El Programa de Monitoreo en el corto plazo.	34
5.3 El modelo interpretativo del objeto de monitoreo.	35
5.4 El programa de monitoreo y el uso de indicadores.	36
<b>6. Beneficiarios del programa de monitoreo en el corto plazo:</b>	<b>41</b>
<b>7. Preguntas que el programa ayudaría a responder luego de implementado en su primera etapa:</b>	<b>43</b>
<b>8. Criterios de priorización de las temáticas y aspectos:</b>	<b>47</b>
<b>9. Temáticas y aspectos factibles de monitorear:</b>	<b>49</b>
<b>10. Criterios para selección y priorización de indicadores:</b>	<b>51</b>
10.1 Criterios inherentes a la definición de indicador.	51
10.2 Criterios inherentes a la base conceptual del programa de monitoreo.	52
10.3 Criterios inherentes a los atributos del indicador.	53
<b>11. Marco ordenador de los indicadores:</b>	<b>55</b>
<b>12. Los indicadores seleccionados:</b>	<b>57</b>



13. Las hojas metodológicas de los indicadores:	69
14. Flujos de datos para el poblamiento de los indicadores:	71
15. Entidades que han manifestado su interés de participar:	73
16. Bibliografía:	75
Anexo 1	81
1. Porcentaje de la superficie de ecosistemas	81
2. Porcentaje de cambio en la superficie de ecosistemas	89
3. Número de fragmentos de un ecosistema	97
4. Tamaño medio de los fragmentos de un ecosistema	104
5. Distancia media al fragmento vecino más cercano	112
6. Riqueza de ecosistemas naturales	120
7. Representatividad de ecosistemas naturales	126
8. Densidad y vigor del bosque	134
9. Riqueza de especies del estrato arbóreo	143
10. Grado de Conocimiento de la Riqueza Florística	149
11. Densidad de población	154
12. Incremento relativo de la población	161
13. Índice de condiciones de vida de la población	166

14. Nivel de urbanización	173
15. Índice de escasez de agua	179
16. Porcentaje de coberturas de la tierra	189
17. Porcentaje de cambio en las coberturas de la tierra	195
18. Porcentaje del territorio con conflicto de uso	201
19. Extractivismo comercial	209
20. Producto cosechado mediante actividades sostenibles	214
21. Precio del producto cosechado mediante actividades sostenibles	220
22. Producción de sistemas productivos sostenibles	226
23. Precio de la producción de sistemas productivos sostenibles	232
24. Áreas protegidas y/o con régimen especial	238
25. Porcentaje de población indígena según grado de contacto con el mercado.	244

Anexo 2. Flujo de datos para los indicadores seleccionados	249
--	-----



## Agradecimientos

Como equipo coordinador del proceso SIAT-AC, queremos expresar nuestro agradecimiento a todas las personas que desde las instituciones de la Amazonia colombiana han contribuido a la consolidación de esta primera versión del modelo conceptual del SIAT-AC, especialmente a las directivas y funcionarios de las corporaciones CDA, Corpoamazonia y Cormacarena; de la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales - Territorial Amazonia Orinoquia DTAO; de la Universidad de la Amazonia; de los Institutos Sinchi, Humboldt e Ideam; del SENA; de los entes territoriales; de los gremios de la producción y de la Academia.

Extendemos de igual manera nuestro agradecimiento a la Embajada del Reino de los países Bajos por el apoyo financiero que hizo posible obtener los resultados que se dan a conocer en esta publicación.

Un especial agradecimiento para los funcionarios que desde el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial han apoyado y contribuido a este proceso regional, especialmente de la Dirección de Planeación, Información y Coordinación Regional; de la Dirección de Educación y Participación Ciudadana; y del Grupo de Asistencia Técnica GAT, quienes nos acompañaron y facilitaron el logro de los resultados en esta fase inicial del proceso regional SIAT-AC.





# Presentación

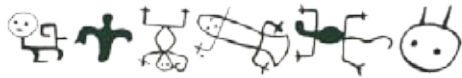
El Programa Regional de Monitoreo Ambiental de la Amazonia colombiana (PRMA-AC) es una propuesta que busca, a partir de los avances anteriores sobre este tema, como la línea base de información ambiental elaborada por el Instituto SINCHI (Murcia-García, et al., 2003) y otras iniciativas, consolidar una aproximación actualizada, para que la institucionalidad de la región se organice para hacer el seguimiento y la evaluación (el monitoreo) del estado de los ecosistemas y el ambiente, de manera sistemática y multitemporal, con una cobertura regional.

Esta propuesta de monitoreo en lo regional debe sincronizarse con las propuestas nacionales, como las que actualmente se están formulando: bosques, ecosistemas, agua y aire; y desde luego, aportar desde lo regional en los temas que se han incluido en esta primera versión de la propuesta, como biodiversidad, uso de recursos, procesos de colonización y otros mas.

La información y datos generados por las acciones de monitoreo en los diferentes temas, serán gestionados a través del sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia colombiana SIAT-AC, desde una aproximación regional e interinstitucional (Sinchi, Ideam, Igac, Cormacarena, Corpoamazonia, CDA, CRC, Corponariño, Corporinoquia, la Academia) tal como se plantea en la propuesta conceptual del SIAT-AC (Sinchi, et al., 2007), al igual como se propone que la información del monitoreo en las propuestas nacionales serán gestionados en el Sistema de Información Ambiental de Colombia SIAC.

Entre los productos de información previstos a obtener desde el monitoreo están entre otros, los indicadores ambientales de estado ambiental debidamente publicados en el portal del SIAT-AC, los informes anuales del balance del estado de los ecosistemas y el ambiente de la región; de igual manera estos datos consolidarán una base de información que permitirá en el mediano y largo plazo diseñar y validar modelos como por ejemplo de ocupación sostenible del territorio o de sostenibilidad ambiental. De igual manera esta información será insumo importante para que desde la región el país responda a los compromisos mundiales en los convenios y tratados internacionales.

El instituto Sinchi pone en consideración de ustedes esta propuesta para que se analice y se enriquezca con los aportes necesarios desde las entidades, tanto regionales como nacionales, y se pueda de esta forma avanzar de manera eficiente en la consolidación del sistema de monitoreo ambiental, y así la región pueda beneficiarse con la información que se produzca, para que las personas que deban tomar decisiones, lo hagan sobre la base de estar bien informadas. Solo así se recorrerá el camino que se debe transitar para alcanzar al desarrollo sostenible en la Amazonia colombiana.



# 1. Introducción:

**E**l monitoreo ambiental es un proceso de observación y recolección continua de datos sistemáticos mediante metodologías estandarizadas, que permite conocer la dinámica del entorno físico-biótico, su relación con la estructura sociocultural y las dinámicas que tal relación conlleva.

En el marco de un Programa Nacional de Monitoreo Ambiental, su propósito tiene como fin consolidar un proceso nacional que le permita al país conocer el estado y los cambios que presentan los recursos naturales renovables y el medio ambiente y las presiones que sobre dicho estado se generan, y formular alternativas de intervención que favorezcan su conservación y uso sostenible, mediante la generación de información estratégica que facilite tomar decisiones fundamentadas que propicien el cumplimiento de los objetivos que la sociedad se ha propuesto alcanzar.

Habiéndose reconocido a nivel mundial el fuerte impacto que las actividades humanas actuales tienen sobre las características, funciones y procesos esenciales que tiene y se desarrollan en la biosfera, y habiéndose suscrito compromisos internacionales que buscan la protección de la integridad del sistema ambiental global (Fescol, 1992), los escenarios que requieren disponer de información ambiental estratégica generada a través de programas de monitoreo, son especialmente variados.

Especialmente hablando, estos escenarios incluyen desde el nivel más puntual, aquel en donde las comunidades que se benefician de los bienes y servicios aportados por la naturaleza se

ubican, en lo local, hasta el nivel más general, el mundial, en donde es posible evidenciar la magnitud de la incidencia de la intervención humana sobre el entorno del cual hace parte, pasando por todos los otros niveles intermedios: el departamental o estadual, el provincial, territorial o regional-nacional, el nacional, y el nivel regional-mundial.

Otros de estos escenarios se han generado por intereses temáticos. A nivel mundial resaltan los creados alrededor de los tratados multilaterales que requieren información ambiental para propiciar y verificar el cumplimiento de sus propósitos misionales. Algunos ejemplos son el Convenio de Diversidad Biológica, el protocolo de Kioto sobre Cambio Climático, la Convención para la Conservación de Especies Silvestres Migratorias y la Convención Internacional sobre Comercio de Especies de Fauna y Flora Silvestres en Peligro de Extinción. A nivel regional-mundial, para Colombia y la región amazónica, resulta especialmente importante el Tratado de Cooperación Amazónica. Al interior del país, el cumplimiento de funciones por cuenta del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MAVDT- y de las demás entidades que hacen parte del Sistema Nacional Ambiental –SINA-, ha propiciado la formulación de un gran número de propuestas encaminadas a generar la información ambiental que requiere Colombia en los diferentes escenarios (López, 2006a).

Los esfuerzos nacionales adelantados hasta la fecha, a pesar de haber contribuido a relevar la importancia de construir un programa nacional de monitoreo ambiental y por este camino cubrir las necesidades de una fracción importante de la información ambiental requerida, no han reportado el avance que cabría esperarse después de más de 30 años de haberse intuido normativamente su generación (Título IV del Decreto 2811 de 1974). Entre los aportes concretos se puede citar el diseño del programa de monitoreo ambiental para los recursos de agua y bosque, obtenido en el 2004 bajo el liderazgo del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM- (MAVDT, 2006).

A consideración del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, la operación del programa de monitoreo ambiental facilitaría que los institutos de investigación dispusieran de los datos e información necesaria para el cumplimiento de funciones tales como: hacer seguimiento de los recursos genéticos de la Nación y del estado de los recursos naturales, y producir un balance anual sobre el estado de los ecosistemas y el ambiente, de acuerdo a las responsabilidades asignadas por el Decreto 1603 de 1994 (República de Colombia, 1994b).

El Instituto SINCHI, ha participado desde su misma creación, en la labor interinstitucional que ha propendido por la construcción del programa de monitoreo ambiental y la consolidación de los procesos Sistema de Información Ambiental –SIA- y Sistema de Información Ambiental para Colombia –SIAC-, cuyo conjunto se encuentra íntimamente relacionado.

Como paso subsiguiente en esta labor, el Instituto SINCHI presenta en este documento, los lineamientos conceptuales y metodológicos para la conformación de un Sistema de Indicadores



Ambientales Amazonia como parte integral del Programa Regional de Monitoreo Ambiental y como producto de la ejecución de uno de los componentes del Proyecto: Consolidación del Sistema de Información Ambiental Territorial SIAT, Priorizando Componente SIB (Primera Fase), Amazonia Colombiana, que contó con el apoyo financiero de la Embajada Real de los Países Bajos.





## 2. Antecedentes normativos:

**E**l tema de monitoreo ambiental no se encuentra desarrollado como tal en la legislación colombiana, existe sin embargo en algunas normas, referencias puntuales que dejan manifiesta la necesidad de implementar el monitoreo ambiental para el cumplimiento de ciertos mandatos.

Entre las funciones asignadas al Ministerio del Medio Ambiente por precepto de la Ley 99 de 1993, en el literal 17 del artículo 5, se encuentra la obligación de desarrollar estudios de investigación y seguimiento de procesos ecológicos y ambientales a fin de cumplir adecuadamente sus demás funciones; así mismo, en el literal 35 del mismo artículo, se establece la función de evaluar, y hacer seguimiento y control de los factores de riesgo ecológico y demás factores que puedan incidir en la ocurrencia de desastres naturales (República de Colombia, 1993).

En el artículo 17 de esta misma ley, relacionado con las funciones del IDEAM, se define que corresponde a este instituto efectuar el seguimiento de los recursos biofísicos de la Nación, especialmente en lo referente a su contaminación y degradación, a fin de apoyar la toma de decisiones en las autoridades ambientales (República de Colombia, 1993). El artículo 2 del Decreto 1600 de 1994 reitera esta función y la relaciona con el sistema de información ambiental (República de Colombia, 1994).

En el artículo 35, relacionado con las obligaciones de las corporaciones autónomas regionales, se especifica la función de evaluar, controlar y hacer seguimiento ambiental de las actividades

de exploración, explotación, beneficio, transporte, uso y depósito de los recursos naturales no renovables (literal 11), de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, lo cual comprenderá el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos, a las aguas en cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos (literal 12), y de los aspectos que se requiera para prevenir y controlar la ocurrencia de desastres (literal 23), (República de Colombia, 1993).

El artículo 103 le asigna a la Armada Nacional la vigilancia, el seguimiento y la evaluación de los fenómenos de contaminación o alteración del medio marino (República de Colombia, 1993).

Mediante Decreto 1603 de 1994, se le asigna a los institutos de investigación la responsabilidad de entregar al Ministerio del Medio Ambiente un balance anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables, así como recomendaciones y alternativas para el logro de un desarrollo en armonía con la naturaleza, en las áreas geográficas o temáticas de su competencia. Esta norma prevé que de este informe se realice una versión educativa y divulgativa de amplia circulación. Este informe debe ser entregado a más tardar el 30 de marzo de cada año (República de Colombia, 1994b).

Esta norma le asigna al Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt la función de efectuar el seguimiento de los recursos genéticos de la Nación, especialmente en lo referente a su extinción, contaminación y degradación y a los Institutos Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI y de Investigaciones Ambientales del Pacífico John Von Neumann la de efectuar seguimiento del estado de los recursos naturales en sus respectivas jurisdicciones (República de Colombia, 1994b).

En estrecha relación con el monitoreo ambiental de la Amazonia, el Decreto 1603 de 1994 determina que el Instituto SINCHI tiene las funciones misionales de: i) Obtener, almacenar, analizar, estudiar, procesar, suministrar y divulgar la información básica sobre la realidad biológica, social y ecológica de la Amazonía para el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente de la región, ii) Contribuir a estabilizar los procesos de colonización mediante el estudio y evaluación del impacto de su intervención en los ecosistemas y el desarrollo de alternativas tecnológicas de aprovechamiento de los mismos dentro de criterios de sostenibilidad, iii) Efectuar el seguimiento del estado de los recursos naturales de la Amazonía especialmente en lo referente a su extinción, contaminación y degradación, y iv) Producir un balance anual sobre el estado de los ecosistemas y el ambiente en la Amazonía.

Por otra parte, la política ambiental que ha sido formulada en diferentes campos, se ha encargado de relevar la importancia del monitoreo ambiental para sus particulares propósitos.

Respecto a la temática de biodiversidad, en la Política Nacional de Biodiversidad se determina que mediante el empleo de sistemas de monitoreo, los institutos de investigación adscritos y vinculados al Ministerio del Medio Ambiente, determinarán la oferta del medio natural y su capacidad de renovación. En dicho documento de política se plantea que, con el propósito de comprender la dinámica de los diferentes componentes de la biodiversidad y sus cambios y tendencias en el tiempo, el Instituto Humboldt articulará y coordinará el establecimiento de una red de estaciones de investigación para poner en marcha un sistema de monitoreo permanente (República de Colombia, 1995).

En la Ley 430 de 1998, mediante la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los desechos peligrosos, se especifica la obligación de monitorear el suelo y las aguas superficiales y subterráneas a fin de verificar oportunamente la contaminación de éstos por causa de dichos residuos (República de Colombia, 1998a).

En la Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos, se determina que para garantizar la gestión integral en este campo, es pertinente considerar la evaluación, el seguimiento y el monitoreo de los residuos peligrosos desde la prevención de su generación hasta su disposición final (MAVDT, 2005).

En la Ley 461 de 1998, mediante la cual se aprueba la Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular África, se estipula la recomendación de establecer y/o fortalecer sistemas de monitoreo y de alerta temprana en las regiones propensas a la desertificación y la sequía, teniendo en cuenta los aspectos climatológicos, meteorológicos, hidrológicos, biológicos, edafológicos, económicos y sociales, como una estrategia de lucha contra la desertificación y la mitigación de los efectos de la sequía (República de Colombia, 1998b).

En relación con el manejo sostenible de especies de fauna silvestre y acuática, la Ley 611 de 2000, determina en el parágrafo de su artículo 22, que las autoridades ambientales deberán adelantar los estudios, acciones y seguimiento que sean necesarios para garantizar el rendimiento sostenido de las poblaciones de fauna en el marco de programas de conservación (República de Colombia, 2000).

Así mismo, en el documento de la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia, se plantea que, para evaluar periódicamente la calidad ambiental de la base natural oceánica y costera, la calidad de vida de sus habitantes y las repercusiones de los factores y fenómenos que los afectan, se requiere adelantar proyectos de monitoreo medioambiental y socioeconómico de los recursos costeros, siendo necesario diseñar, establecer y estandarizar indicadores ambientales sobre el estado de salud de los ecosistemas y recursos marinos y costeros. Se prevé que el Ministerio del Medio Ambiente promoverá que el diseño y establecimiento de los sistemas de monito-

reo estén dirigidos a asuntos y problemas prioritarios planteados por los procesos ecológicos costeros, especialmente el deterioro de la calidad ambiental en estuarios y balnearios, los procesos de erosión litoral y la pérdida de la biodiversidad. (MMA, 2000).

Mediante Decreto 0216 de 2003, se le asigna a la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales –UAESPNN-, la función de desarrollar y promover el monitoreo ambiental en las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales.

En el parágrafo 1 del artículo 13 de la Ley 1021 de 2006, mediante la cual se expide la Ley General Forestal, se especifica que el Gobierno Nacional deberá delimitar, consolidar y declarar las áreas de reserva forestal existentes, para adecuarlas a los principios y objetivos de la presente ley y establecer las medidas pertinentes para su monitoreo y control efectivo (República de Colombia, 2006).

Otro punto que resulta importante evidenciar en estos antecedentes, es la relación normativa existente entre monitoreo ambiental y el Sistema de Información Ambiental para Colombia –SIAC-, la cual se clarifica por cuenta del Sistema de Información Ambiental –SIA-, uno de sus principales componentes, precisamente aquel por medio del cual se tiene contemplado gestionar la información sobre el estado y la calidad de los recursos naturales renovables y el medioambiente (República de Colombia, 2004).

Para el MAVDT, la información ambiental que se espera provea el SIA corresponde a datos, indicadores e índices sobre la estado ambiental y la presión antrópica ejercida sobre los recursos naturales y los ecosistemas. El estado ambiental da cuenta de la calidad, cantidad, vulnerabilidad y función ecológica de los recursos naturales y ecosistemas, mientras la presión antrópica da cuenta del uso y aprovechamiento de los mismos, en términos de extracción de recursos y uso de los servicios ambientales. Adicionalmente se espera contar con información ambiental que permita la generación de análisis integrados para dar a conocer el grado de sostenibilidad ambiental (MAVDT, 2006).

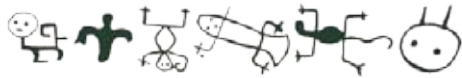
La consolidación del SIA, se ha venido dando a partir de la integración gradual de diferentes desarrollos institucionales tales como el Sistema de Información sobre Biodiversidad –SIB-, el Sistema de Información Ambiental Marina –SIAM- y el Sistema de Información del IDEAM, entre otros, y el desarrollo de nuevos procesos interinstitucionales tales como el Programa Nacional de Monitoreo Ambiental de los Recursos Naturales, el cual se desarrolla modularmente. Desde 2004 se emprendió el diseño de este programa para los recursos de agua y bosque y próximamente se tiene previsto desarrollarlo para el recurso aire (MAVDT, 2006).

En este momento los Institutos SINCHI e IIAP, en colaboración con el MAVDT, el IDEAM y el IAvH, están definiendo los lineamientos para aportar al Programa Nacional de Monitoreo Ambiental desde el ámbito subnacional (MAVDT, 2006). El avance obtenido por el Instituto

SINCHI se ha desarrollado en el marco del proyecto Sistema de Información Ambiental Territorial Amazonía Colombiana SIAT-AC, el cual contempla el programa regional de monitoreo ambiental, como uno de sus componentes.







## 3. Conceptos relacionados con el programa de monitoreo:

### 3.1 Monitoreo.

Monitorear es un proceso de observación continua que implica la recolección sistemática de datos mediante equipos y metodologías estandarizadas, que permite conocer la dinámica del objeto monitoreado. La información generada por el monitoreo puede ser utilizada con diferentes propósitos, entre ellos, caracterizar el comportamiento temporal del objeto bajo monitoreo, identificar tendencias, detectar tempranamente cambios nocivos lo que a su vez admite la implementación de correctivos, evaluar los logros, productos, resultados e impactos obtenidos con una determinada intervención y comparar los avances alcanzados con las metas previstas.

### 3.2 Monitoreo ambiental.

Para identificar el objeto del “monitoreo ambiental” resulta adecuado sustentarse en algunos desarrollos conceptuales y normativos presentados en diferentes instancias:

Para el Sistema de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental –SISA-, el objeto de estudio de lo ambiental trasciende el de los aspectos biofísicos (las condiciones naturales, los recursos

naturales, los ecosistemas y las funciones ecosistémicas de un territorio, que en su conjunto se asocian a su oferta natural o patrimonio natural), en tanto que considera aspectos o problemáticas resultantes de la interacción entre el sistema sociocultural y el patrimonio natural. Lo ambiental cubre temáticas propias de los hábitos y modos antrópicos de producción y consumo, tales como demanda y uso de recursos naturales, generación y aprovechamiento de residuos sólidos y líquidos, contaminación acústica, las tecnologías y los tipos de energía utilizados en la producción de bienes y servicios y sus problemas concomitantes. De igual forma se considera resorte de lo ambiental, lo asociado con la gestión ambiental orientada hacia el uso racional de los recursos y del medio ambiente: conservación in-situ y ex-situ, educación e investigación ambiental (MMA, 2002).

Por otra parte, en el marco de la línea base de información ambiental, se plantea que lo que se conoce como “ambiental” incluye un amplio espectro de temas: lo físico, lo químico, lo biótico y lo ecosistémico; desde lo atómico y molecular hasta lo planetario. Se identifica a la información ambiental como ese conjunto de datos que son el reflejo directo y permanente del estado y funcionamiento del medio físico y natural, que permite un conocimiento integral del entorno y de sus recursos, indispensable para la construcción de modelos de ordenamiento y desarrollo humano que sean sostenibles (República de Colombia, 2002).

La Política Nacional de Investigación Ambiental presenta una definición de lo ambiental que al mismo tiempo resulta concreta y lo suficientemente amplia para que sea compatible con las presentadas anteriormente: La temática ambiental incluye la información relacionada con el entorno físico-biótico, su relación con la estructura sociocultural y las dinámicas que tal relación conlleva (MMA, DNP y COLCIENCIAS, 2001).

De esta forma es posible definir monitoreo ambiental como el proceso continuo y sistemático de recolección y análisis de datos ambientales, que permite conocer el estado y la dinámica que presenta el entorno físico-biótico, su relación con la estructura sociocultural y las dinámicas que tal relación conlleva.

### 3.3 Programa de monitoreo ambiental.

El programa de monitoreo es el instrumento en el cual se especifican todas las características conceptuales y metodológicas que se deben considerar y seguir para cumplir con el objetivo del monitoreo ambiental. El diseño técnico del programa implica definir los siguientes ítems:

- Los objetivos general y específicos del programa.
- Los beneficiarios del programa.

- Las temáticas y los aspectos ambientales que se van a monitorear.
- Las variables sobre las cuales se capturarán los datos que servirán para monitorear las temáticas y los aspectos seleccionados.
- El modelo interpretativo de la realidad que relaciona el objeto al cual se desea hacer seguimiento y las temáticas y aspectos seleccionados, con las variables monitoreadas.
- Las redes de estaciones en las cuales se van a capturar los datos con los cuales se realizará el monitoreo.
- Los equipos que se encargan de capturar dichos datos.
- Los procedimientos y metodologías empleadas para la calibración de equipos garantizando la comparabilidad de los datos.
- Las metodologías y protocolos de captura, almacenamiento, procesamiento y análisis de los datos, incluyendo la periodicidad y la escala con la cual se capturan.
- Las fuentes de la información que no requiere ser capturada directamente.
- Los flujos de datos e información y los puntos de control de calidad de la información.
- Los datos en sí.
- Las redes institucionales y de personas encargadas de garantizar el monitoreo.
- Las responsabilidades de cada uno de los integrantes de estas redes.
- Los acuerdos a que se ha llegado para estandarizar procesos y metodologías.
- El software empleado para la captura, almacenamiento y procesamiento de datos.
- Los equipos de computo en los cuales se almacenará y procesará la información.
- Los estándares y protocolos que permiten el intercambio de información.
- Los indicadores ambientales y demás productos de información previstos.
- Los mecanismos de difusión de datos e información.

Muchas de las especificaciones técnicas de un programa de monitoreo están determinadas desde la misma definición de su objetivo general, algunas otras se van estructurando en la medida que se van tomando decisiones en relación con consideraciones que resultan claves, como la selección de temáticas y aspectos del objeto de estudio sobre los cuales se centrará el monitoreo. Por ello es importante que, con el propósito de que las expectativas de los princi-

pales beneficiarios del programa se vean reflejadas en los productos de información que éste genere, es recomendable que el procedimiento de diseño contemple el debido acompañamiento y/o la participación de los más importantes beneficiarios.

### 3.4 Programa nacional de monitoreo ambiental.

El Programa Nacional de Monitoreo Ambiental tiene como fin consolidar un proceso nacional que le permita al país conocer el estado y los cambios que presentan los recursos naturales renovables y el medio ambiente, sus relaciones con la estructura sociocultural, especialmente aquellas que se constituyen en presiones sobre dicho estado, y las dinámicas que tales relaciones conllevan, mediante la generación de información estratégica que facilite tomar decisiones fundamentadas que propicien el cumplimiento de los objetivos que la sociedad se ha propuesto para buscar el desarrollo sostenible: crecimiento económico de forma paralela con equidad social y sostenibilidad ambiental.

La información suministrada por el programa de monitoreo contribuirá con el cumplimiento de funciones institucionales tales como: hacer seguimiento al estado de los recursos naturales, construir el balance anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables, y formular recomendaciones y alternativas para el logro de un desarrollo en armonía con la naturaleza.

Otro de los propósitos del Programa Nacional de Monitoreo Ambiental es alimentar el Sistema de Información Ambiental. Operativamente, el programa suministrará datos e información, entre ella la requerida para realizar el cálculo de los indicadores ambientales seleccionados, de acuerdo a la periodicidad prevista para cada uno de ellos y con las condiciones de calidad que requiere el SIA para consolidarse en el sistema nacional de gestión de información ambiental (IDEAM, et. al, 2002).

Dada la relación existente entre el SIA y el SIAC es este el camino por el cual, el Programa Nacional de Monitoreo Ambiental se relaciona con el Sistema de Información Nacional -SIN-, y los Sistemas de Información Ambiental Territoriales (SIATs) y Locales (SIARLs).

### 3.5 Programa regional de monitoreo ambiental de la Amazonia colombiana.

De forma análoga al programa nacional, el Programa Regional de Monitoreo Ambiental de la Amazonia colombiana tiene como propósito, generar la información estratégica que requiere la región amazónica y la Nación para hacer seguimiento y evaluar el estado de los recursos

naturales renovables y el medio ambiente amazónico, proveyendo información sobre sus características, su comportamiento en el tiempo y en el espacio, y la identificación y caracterización de impactos de origen antrópico que puedan amenazar su equilibrio.

Esta información resulta de fundamental utilidad en distintos niveles y para diferentes tipos de usuarios:

- En el nivel nacional, para el MAVDT y los institutos de investigación, a fin de conocer aspectos científicos y técnicos relacionados con la estructura, dinámica, funciones, procesos y relaciones propias del entorno amazónico y los recursos naturales renovables que hacen parte de él, formular y hacer seguimiento y evaluación a la política nacional ambiental, elaborar los informes y balances regionales y nacionales sobre el estado de los recursos naturales y el medio ambiente, y evaluar el éxito de la gestión realizada por las autoridades ambientales regionales.
- En el nivel regional y local, principalmente a beneficio de las corporaciones autónomas regionales y de las entidades territoriales, con el propósito de fortalecer y direccionar el diseño de estrategias y acciones de intervención del entorno amazónico que sean ajustadas a las necesidades. La formulación de planes de manejo, importante instrumento de intervención, requiere la realización de diagnósticos, zonificaciones y caracterizaciones ambientales que se nutren de información generada por el monitoreo ambiental.
- Universidades, gremios y organizaciones no gubernamentales que demandan información ambiental, se ven también favorecidas con la disponibilidad de conocimiento científico básico y especializado que facilita la identificación y soporte de propuestas de investigación<sup>1</sup>.

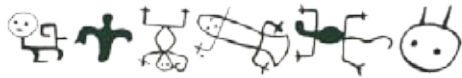
Como se ha mencionado anteriormente, la formulación del programa regional de monitoreo deberá contemplar la especificación de cada uno de sus componentes, en especial los relacionados en el literal “Programa de monitoreo ambiental”, con la participación de sus más importantes beneficiarios, de tal forma que los acuerdos que se concreten para su desarrollo, aseguren la satisfacción de las más relevantes, pero al mismo tiempo, más factibles de cumplir, necesidades de información ambiental regional.

Los datos arrojados por el monitoreo deben ser canalizados, compartidos y difundidos a través del esquema de gestión de información previsto en el marco del SIAT-AC y por está vía insertarse al SIA y al SIAC.

---

<sup>1</sup> Este grupo de beneficiarios de la información generada por el programa regional de monitoreo ambiental resulta totalmente compatible con la identificación de actores realizada en el marco del modelo conceptual del Sistema de Información Ambiental Territorial Amazonia Colombiana – SIAT-AC- (Ver González, 2007), hecho que resulta importante resaltar por la intención que tiene el SIAT-AC de atender parte de la demanda de información estructurada de sus principales usuarios, vía monitoreo ambiental.





## 4. Objetivos:

### 4.1 General.

Consolidar un proceso regional que le permita al país conocer el estado y los cambios que presentan los recursos naturales renovables y el medio ambiente en la Amazonia colombiana, sus relaciones con la estructura sociocultural, especialmente aquellas que se constituyen en presiones sobre dicho estado, y las dinámicas que tales relaciones conllevan, mediante la generación de información estratégica que facilite tomar decisiones fundamentadas que propicien el cumplimiento de los propósitos de desarrollo sostenible que la sociedad se ha propuesto alcanzar.

### 4.2 Específicos.

- Efectuar el seguimiento del estado de los recursos naturales de la Amazonía especialmente en lo referente a su extinción, contaminación y degradación.
- Dar a conocer el estado de los ecosistemas y el ambiente en la Amazonía.
- Servir de escenario de discusión, concertación y acuerdo para la definición de las te-

máticas, aspectos, indicadores y variables que deban ser monitoreados por el programa, dada su idoneidad para reflejar el estado de los recursos naturales renovables y el medio ambiente en la Amazonia colombiana.

- Propiciar la conformación de redes institucionales y de personas con responsabilidades muy bien definidas que operen de forma coordinada para garantizar la ejecución del programa.
- Definir los métodos de captura y procesamiento de datos que se consideren más idóneos y factibles para realizar el monitoreo y con ellos establecer protocolos cuyo cumplimiento garantice la obtención de datos veraces, confiables y oportunos, y la comparación de la información resultante.
- Establecer la periodicidad y la escala con la cual se deben capturar los datos de cada una de las variables, dependiendo del propósito que se persigue con su monitoreo.
- Definir los equipos y procedimientos que se requieren para capturar, administrar, procesar, analizar, presentar y difundir los datos e información generada por el Programa.
- Establecer redes de monitoreo conformadas por estaciones, puntos de muestreo y parcelas permanentes, entre otros, en las cuales se capturan los datos del monitoreo.
- Definir los estándares, protocolos y mecanismos que permitan la correcta difusión e intercambio de datos e información.
- Implementar un sistema de indicadores ambientales y otros productos de información idóneos para cumplir el objetivo general del programa de monitoreo y suplir las necesidades de información de sus principales beneficiarios.





## 5. Alcance:

**E**l desarrollo del Programa Regional de Monitoreo Ambiental se abordará de forma gradual, de tal manera que teniendo como referencia una visión de largo plazo, se trace un camino que conlleve el cumplimiento de cada uno de sus objetivos y la adecuada y oportuna atención de sus beneficiarios en relación con los productos de información que tenga contemplado generar el programa, pero que en el corto plazo avance en función de su factibilidad operativa, priorizando aquellos desarrollos que tengan mayor potencial.

### 5.1 Visión de largo plazo.

En concordancia con la Política Nacional Ambiental, el Programa Regional de Monitoreo Ambiental de la Amazonía Colombiana se debe consolidar como el proceso regional que le permita a la Amazonía colombiana y al país, orientar su desarrollo económico y social de forma compatible con los principios del desarrollo sostenible.

En el largo plazo, el programa aborda el monitoreo de un conjunto estratégico de variables e indicadores idóneos, que reflejan todas las temáticas y aspectos considerados dentro de la definición de información ambiental.

Así mismo, suple los requerimientos de un gran número de tipos de usuarios, entre ellos: el MAVDT, otros ministerios, los institutos de investigación, el DNP; las CARs y entidades territoriales con jurisdicción en la región; organizaciones internacionales; la comunidad científica, los gremios, organizaciones no gubernamentales que demandan información ambiental y el público en general, respecto a información veraz, confiable y oportuna, que sea generada por el monitoreo ambiental de la región amazónica.

Finalmente, en conjunto con otros componentes del SIAT-AC, ofrece diferentes productos de información, algunos orientados a suplir necesidades del conjunto de usuarios y otros a satisfacer requerimientos de solo algunos de ellos (indicadores, bases de datos estandarizadas, metadatos, métodos de interpretación y análisis, zonificaciones, caracterizaciones y modelos, entre otros).

## 5.2 El Programa de Monitoreo en el corto plazo.

La pretensión de monitorear las diferentes dimensiones asociadas al concepto de desarrollo sostenible, incluyendo las múltiples y complejas interrelaciones que existen entre ellas y que aún están por definir y modelar, con el propósito de verificar el avance obtenido en camino a la construcción del desarrollo sostenible, constituye sin duda alguna, el más ambicioso de los propósitos que es posible proponerse en el campo de lo ambiental, no obstante, se considera viable solo como objetivo de largo plazo de un programa de monitoreo ambiental.

Otros objetos de monitoreo dentro del contexto ambiental que resultan más factibles de abordar en el corto plazo, están relacionados con aspectos biofísicos tales como las condiciones naturales, los recursos naturales, los ecosistemas y las funciones ecosistémicas de un territorio, que en su conjunto se asocian a su oferta natural o patrimonio natural y con las temáticas ambientales que consideran aspectos o problemáticas resultantes de la interacción entre el sistema sociocultural y el patrimonio natural, tales como los hábitos y modos antrópicos de producción y consumo, la demanda y uso de recursos naturales, la generación y aprovechamiento de residuos sólidos y líquidos, la contaminación acústica, las tecnologías y los tipos de energía utilizados en la producción de bienes y servicios y sus problemas concomitantes. Como se ha comentado anteriormente, también se considera resorte de lo ambiental, lo asociado con la gestión ambiental orientada hacia el uso racional de los recursos y del medio ambiente, la conservación in-situ y ex-situ, y la educación e investigación ambiental. El programa regional de monitoreo ambiental, inicialmente centrará sus esfuerzos de implementación sobre algunos de los aspectos considerados dentro de estas temáticas, hecho que resulta totalmente compatible con el objetivo general del programa.

La capacidad técnica, tecnológica y económica para generar información en el corto plazo, es una de las determinantes de las temáticas y aspectos que es viable abordar en los primeros desarrollos del programa de monitoreo. El emprender el monitoreo de un gran número de as-

pectos, puede resultar una aventura difícil de sostener a través del tiempo. Resulta por tanto indispensable realizar un ejercicio de priorización con base en un conjunto de criterios que considere aspectos tales como: relevancia política, interés institucional y público, urgencia de tratar el tema, fortalezas y experiencia de los responsables en los diferentes campos, compromiso institucional y factibilidad técnica y económica.

La priorización de temáticas y aspectos a monitorear, implica haber llegado a acuerdos sobre otros puntos que resultan de imprescindible tratamiento y definición en el corto plazo. Estos puntos se concretan en las siguientes preguntas:

- ¿Qué entidades y personas participarán en la formulación y operación del Programa Regional de Monitoreo Ambiental Amazonia Colombiana?
- ¿El grupo de entidades participantes en la formulación del Programa, están de acuerdo con los objetivos previstos?
- ¿Cuáles son los beneficiarios de la información generada por el monitoreo que han sido priorizados?
- ¿El modelo interpretativo de la realidad que se ha elegido, es el más adecuado?
- ¿Qué criterios de priorización de temáticas y aspectos a monitorear se consideran los más pertinentes?
- ¿Cuáles son los productos de información más adecuados para presentar la información con la cual se realizará el monitoreo del ambiente?

### 5.3 El modelo interpretativo del objeto de monitoreo.

El objeto de vigilancia del Programa Regional de Monitoreo Ambiental de la Amazonía Colombiana es el estado de los recursos naturales renovables y el medio ambiente de la región amazónica, recursos naturales formados por entidades vivas que conforman sistemas vivientes y que se desarrollan y relacionan en ellos.

Estos sistemas vivientes son altamente complejos por cuanto están basados sobre un modelo orgánico caracterizado por su dinamismo y constante evolución. Tienen propiedades tales como extremada sensibilidad, impredecibilidad inherente, habilidad para auto-organizarse e inclusive, la capacidad para que nuevas propiedades se manifiesten espontáneamente (Boyle, 1998, en Murcia et. al, 2003). Los cambios que presentan estos sistemas pueden ser suaves o igualmente repentinos y sorprendivos (Kay, 1997, citado en Boyle, 1998). Los cambios catastróficos son comunes y a veces necesarios para su funcionamiento normal (Murcia, et. al, 2003).

Para tratar esta clase de sistemas, denominados precisamente “complejos”, se ha desarrollado una multitud de teorías y herramientas analíticas, que son agrupadas bajo el término colectivo de Teoría de Sistemas Complejos. Esta teoría está basada en la Teoría General de Sistemas desarrollada por Bertalanffy (1968, en Murcia et. al, 2003), quien enfoca los problemas desde la perspectiva de sistemas.

De este marco conceptual se ha desarrollado el enfoque por ecosistemas que fue adoptado por la V Conferencia de las Partes del CDB, como la estrategia que se recomienda utilizar para el logro de los objetivos del Convenio. El CDB encuentra en este enfoque el soporte científico necesario debido a que entre otras características de importancia, presta atención prioritaria a los niveles de organización biológica que abarcan los procesos esenciales, las funciones y las interacciones entre organismos y su medio ambiente y reconoce que los seres humanos con su diversidad cultural, son un componente integral de muchos ecosistemas (CDB, 2000).

El CDB también considera que este enfoque proporciona una visión más integradora y amplia de las realidades e interacciones que ocurren en el sistema ecológico, que permite evidenciar tendencias, procesos, relaciones y estructuras, y busca un entendimiento integral del funcionamiento del sistema en su conjunto, en el que el sistema social no es visto como dominante del sistema ecológico sino que ambos son considerados como entidades coevolutivas (CDB, 2000).

Así mismo, el CDB le asigna a este enfoque la virtud de ser compatible con otros enfoques de gestión y de conservación, en los que ve apoyo para hacer frente al análisis de situaciones complejas. Su aplicación es adecuadamente flexible, permitiendo su empleo en las más diversas condiciones cualquiera sea el nivel: local, regional, nacional o mundial (CDB, 2000).

El Instituto SINCHI ha encontrado en estas razones, el suficiente respaldo para tomar la decisión de asumir el enfoque ecosistémico para tratar y analizar la problemática ambiental de la región amazónica colombiana (Murcia et. al, 2003).

Como consecuencia de lo expuesto, la definición de las características del programa de monitoreo y la formulación de los indicadores ambientales que hacen parte de él, se ciñen siguiendo los principios del enfoque ecosistémico (Murcia et. al, 2003; González, 2007).

## 5.4 El programa de monitoreo y el uso de indicadores.

Los primeros informes de estado de los recursos naturales y el medio ambiente y del estado de la biodiversidad producidos en el país, se soportaron en datos principalmente generados por las investigaciones biológicas y ambientales que habían sido adelantadas durante un determinado período (p. e. COLCIENCIAS, 1991). Estos datos, en su gran mayoría, no respondían a

requerimientos de información estratégica sino a los intereses que instituciones gubernamentales, universidades e institutos de investigación especializados, habían mostrado durante el período en las diferentes áreas de estudio, sin que realmente llegaran a ser sistemáticos en el largo plazo. Los datos no eran generados por programas de monitoreo.

Con el desarrollo tecnológico asociado a equipos de medición de variables ambientales, sensores remotos, la transmisión remota de datos, los sistemas de gestión de información y los computadores, se viabilizó la acción de monitorear, es decir, realizar una observación continua mediante la recolección sistemática de datos y el empleo de equipos y metodologías estandarizadas.

Dado el alto costo del monitoreo, éste no se puede realizar sobre un gran número de parámetros y variables, sólo sobre aquellos que se acuerde sean esenciales para la construcción de la información estratégica requerida para tomar decisiones. Esta información corresponde a un conjunto relativamente pequeño, cuantificable, que simplifica y sintetiza una gran y generalmente heterogénea cantidad de datos y que se enfoca sobre las consideraciones de mayor relevancia de una temática y/o un aspecto que se desea conocer y que constituye el objeto de estudio, esta información es suministrada por los indicadores.

El uso de indicadores con propósitos de monitoreo reviste importantes ventajas, entre ellas:

- **Simplifican:** Resumen conjuntos complejos y frecuentemente heterogéneos de datos. Permiten reducir el número de medidas y variables que son requeridas para conocer una situación.
- **Cuantifican:** Permiten medir un fenómeno que no es medible directamente. Es recomendable que su cálculo se realice con base en información estadística u observaciones científicas comparables.
- **Comunican:** Proporcionan un mensaje claro que puede ser entendido y usado por un gran número de tipos de usuarios, especialmente, los encargados de tomar decisiones y el público en general. Facilitan la presentación de resultados.
- Son en un momento dado, la expresión “del mejor conocimiento disponible” (Ajustado de IAvH, 2003).

En relación con la información ambiental, los indicadores nacen como respuesta instrumental a los requerimientos de manejo de una cada vez mayor y más sofisticada información, pero a la vez, más sintética y abreviada, características que facilitan la formación de opinión a la hora de tomar decisiones.

Resulta entonces totalmente compatible la función principal de los indicadores, con el objetivo del programa de monitoreo: brindar información sintética a un grupo de beneficiarios

acerca de una realidad o situación, de manera que les indique algo relativo a su objeto de estudio.

Tomando la decisión de emplear indicadores como principal producto de información e instrumento para realizar monitoreo ambiental, resulta importante reconocer que el número de indicadores factible de poblarse en el corto plazo es restringido, principalmente debido a la limitada disponibilidad de datos para su cálculo. Esto implica la necesidad de seleccionar aquellos que resultan prioritarios luego de ser evaluados a la luz de un conjunto de criterios que tengan en cuenta aspectos tales como: pertinencia, relevancia política, sensibilidad a cambios, aceptabilidad y factibilidad económica, entre otros. Consecuentemente, el número de tipos de beneficiarios del programa a los cuales se les puede atender con un producto de información acorde con sus necesidades también resulta limitado.

Algunas de las labores adelantadas durante el segundo semestre de 2006 en el marco de la ejecución de la primera fase del proyecto “Consolidación del Sistema de Información Ambiental Territorial Amazonia Colombiana SIAT-AC, Priorizando Componente SIB”, se han centrado en la selección de los indicadores factibles de calcular en el corto plazo como parte del programa de monitoreo ambiental en la región<sup>2</sup> y la elaboración de los diagnósticos de disponibilidad y flujos actuales y requeridos de datos para el poblamiento de dichos indicadores<sup>3</sup>, e institucional para garantizar la cadena de abastecimiento de datos para los indicadores<sup>4</sup>. Estas labores han permitido avanzar también en las respuestas de algunas de las preguntas consignadas en el literal 5.2, las cuales se concretan en los diferentes literales que conforman este documento.

Como producto de este trabajo, se cuenta con una primera propuesta de un conjunto de indicadores<sup>5</sup> cada uno de los cuales dispone de una hoja metodológica en la que se clarifica el flujo requerido de datos que su cálculo demanda.

Para algunos de estos indicadores será necesario correr de manera prioritaria un proceso de validación durante el cual se verifiquen las características técnicas mediante las cuales se deben capturar, almacenar y procesar los datos de las variables involucradas en su cálculo,

---

2 El listado de indicadores seleccionados y las hojas metodológicas de los mismos están consignados en el presente documento. Detalles relacionados con el proceso de selección pueden ser consultados en López, 2006b.

3 Detalles de este diagnóstico pueden ser consultados en López, 2006d.

4 Detalles de este diagnóstico pueden ser consultados en López, 2006c.

5 En este contexto, un conjunto de indicadores debe ser entendido como un grupo de éstos que mide de manera complementaria diferentes temáticas y aspectos relacionados con el objeto de monitoreo, pero que no necesariamente lo cubren de forma sistemática y completa, y que sin embargo, en su conjunto, ofrecen una buena perspectiva general del objeto monitoreado. El término “Sistema de indicadores” es el que se encuentra más íntimamente asociado al hecho de que, a consideración de los formuladores de dicho sistema, los indicadores que lo constituyen, conformen un cuadro representativo e integral de todos los aspectos que se desea medir en relación con el objeto monitoreado.

definir si la red de monitoreo que soporta los datos presenta la magnitud, densidad y distribución requerida, si cuenta con los equipos y métodos adecuados y si la periodicidad con la cual se toman los datos resulta finamente la más aconsejable<sup>6</sup>.

Para los indicadores cuyo cálculo requiere la generación de nuevos datos, será necesario emprender, como un todo, la implementación del programa regional de monitoreo ambiental y, para estos indicadores, definir, además de los aspectos ya mencionados, la metodología mediante la cual se capturarán los datos, la institución responsable de obtenerlos, la red de estaciones o parcelas monitoreadas, la frecuencia y escala del monitoreo, los equipos requeridos para la captura, almacenamiento y procesamiento de los datos, y los costos asociados al montaje y operación de la fracción del sistema de monitoreo relacionado con dichos indicadores.

---

6 Esta recomendación es consecuente con el precepto existente alrededor de la teoría de formulación, diseño y cálculo de indicadores que promueve la validación permanente de los indicadores y los sistemas de indicadores (SBSTTA, 2003).







## 6. Beneficiarios del programa de monitoreo en el corto plazo

En concordancia con el objetivo general del programa, sus principales beneficiarios son:

- Las organizaciones gubernamentales con jurisdicción en la región amazónica y sus asentamientos humanos, entre ellas, las CARs, como autoridades ambientales regionales encargadas de la planeación y gestión ambiental territorial, y los entes territoriales de carácter administrativo, a saber: los departamentos, los municipios y los territorios indígenas, en la medida que obtienen información para la región amazónica, discriminada territorialmente, a una escala apropiada para tomar decisiones generales, especialmente en relación con la orientación de la gestión, la priorización de temáticas, aspectos y áreas a intervenir y la formulación de proyectos; no especialmente para la evaluación detallada de su gestión por cuanto esto requiere mayor detalle, mayor frecuencia de monitoreo y una especificidad mayor en la formulación de los indicadores.
- Las organizaciones gubernamentales de carácter nacional encargadas de formular la política ambiental o de suministrar el apoyo científico y la información requerida con este fin, es decir, el MAVDT y los institutos de investigación adscritos o vinculados a éste, en la medida que disponen de información de apoyo para: a) Formular, hacer seguimiento y evaluar la política ambiental nacional y la política que específicamente se defina para la región amazónica, b) Alimentar los Sistemas de Información Ambiental Territorial y Nacional, c) Establecer y divulgar la realidad biológica, social y ecológica de la Amazo-

nia para el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente en la región, c) Efectuar el seguimiento de los recursos naturales renovables y genéticos de la Nación y la región amazónica, especialmente en lo referente a su extinción, contaminación y degradación, d) Elaborar el balance anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables, y las recomendaciones y alternativas para el logro de un desarrollo en armonía con la naturaleza, e) Contribuir a estabilizar los procesos de colonización mediante el estudio y evaluación del impacto de su intervención en los ecosistemas y f) Reportar información ambiental a nivel internacional, en el marco de los tratados multilaterales de los cuales Colombia es signataria y en los que resulte pertinente dicha información.



## 7. Preguntas que el programa ayudaría a responder luego de implementado en su primera etapa:

**E**n la formulación de un programa de monitoreo, una de las primeras etapas consiste en definir una serie de preguntas que se desea que el monitoreo ayude a responder en el corto, mediano o largo plazo. Estas preguntas se plantean en el marco del objetivo del programa y en íntima relación con las necesidades de información de los beneficiarios focalizados. A continuación se presentan algunas de las preguntas que el programa regional de monitoreo ambiental ayudaría a empezar a responder una vez se implemente en su primera etapa, teniendo en cuenta las consideraciones planteadas en el presente documento:

- ¿Cuáles son las coberturas actuales de la tierra en la región amazónica?
- ¿Cuál es la tasa de cambio anual de las coberturas de la tierra en la Amazonia colombiana?
- ¿Qué coberturas se están viendo desplazadas y cuales están tomando su lugar?
- ¿Cuál es la magnitud del cambio de coberturas expresado en superficie?
- ¿Cuáles son las tasas anuales de deforestación y praderización en la región?
- ¿Cuál es la riqueza de ecosistemas en la región?

- ¿Cuál es la superficie ocupada por los ecosistemas naturales y construidos con presencia en la región amazónica?
- ¿Cuál es la tasa de cambio anual de la superficie de los ecosistemas naturales en la región?
- ¿Qué ecosistemas naturales están bajo fuertes presiones por pérdida de cobertura?
- ¿Cuál es el estado de fragmentación de los ecosistemas naturales presentes en la Amazonia?
- ¿En qué magnitud y porcentaje están representados los ecosistemas naturales amazónicos en las distintas unidades espaciales que conforman el territorio?
- ¿Cuál es la salud de los ecosistemas en algunas áreas de interés que sean priorizadas?
- ¿Cuál es la riqueza de especies arbóreas en las diferentes unidades de paisaje presentes en la región?
- ¿Cuáles son los principales usos de los recursos naturales renovables y el medio ambiente?
- ¿Cuáles de estos usos son sostenibles ambientalmente?
- ¿Cuál es la cuantificación (en magnitud y precio), de recursos naturales renovables (madera, peces, otros recursos hidrobiológicos, fauna, flora, etc.), que están actualmente siendo cosechados del medio natural y/o producidos en la región, mediante actividades o sistemas calificados como ambientalmente sostenibles?
- ¿Qué esfuerzos están realizando los pueblos y las instituciones con presencia en la región, para conservar y usar sosteniblemente los recursos naturales renovables y el medio ambiente?
- ¿Qué éxito arrojan las políticas formuladas y ejecutadas para la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales renovables y el medio ambiente?
- ¿Qué porción del territorio amazónico se encuentra actualmente dentro del anillo de poblamiento?<sup>7</sup>
- ¿Cómo es la dinámica de ocupación del territorio amazónico en la actualidad?
- ¿Cuál es el uso actual de las tierras en la región?

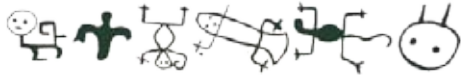
---

7 Como anillo de poblamiento se entiende un espacio de poblamiento continuo y jerarquizado, que cuenta con una red de comunicaciones que integra el conjunto de los diferentes tipos de centros a la economía de mercado que a su vez, son soporte de nuevas avanzadas de ocupación (Gutiérrez, 2005).

- ¿Cuál es la dimensión del conflicto de uso de las tierras en la Amazonia?
- ¿Cuál es la oferta, la demanda y el índice de escasez de agua en algunas áreas de interés que sean priorizadas?
- ¿Cuál es la densidad de población en la región y en las distintas unidades espaciales que conforman el territorio?
- ¿Cuáles son las condiciones de vida de la población que habita la Amazonia colombiana?
- ¿Cuáles son los niveles de urbanización de las diferentes unidades espaciales que conforman el territorio?
- ¿Qué relaciones se identifican entre el estado de la biodiversidad, los recursos naturales renovables y las potenciales presiones con presencia en el territorio?
- ¿Qué impactos sobre la biodiversidad está teniendo la ejecución de los planes de ordenamiento ambiental y las demás acciones para propiciar la conservación y uso sostenible de la Amazonia?

Esta serie de preguntas han surgido de un ejercicio de priorización en el que se complementó la relevancia de temáticas y aspectos sobre los cuales se demanda información regional y la factibilidad de su monitoreo en el corto plazo con los recursos humanos, técnicos, tecnológicos y económicos disponibles en las entidades que han manifestado su interés de participar en la primera etapa de desarrollo del programa regional de monitoreo ambiental.





## 8. Criterios de priorización de las temáticas y aspectos:

**L**a complejidad que representa el conjunto de preguntas que en el entorno ambiental puedan surgir, hace que la idea de poseer la totalidad de la información requerida para dar respuesta a ellas de forma eficiente y oportuna, no sea más que idealista y un paradigma. Sin embargo, es también claro que no se puede continuar tomando decisiones alrededor de la intervención sobre el entorno, sin información representativa y relevante que lo caracterice estructural y funcionalmente. Se hace entonces indispensable, conciliar y llegar a acuerdos prácticos y realistas sobre la información que se considera estratégico generar, para conocer el estado y los cambios que presentan los recursos naturales renovables y el medio ambiente en la Amazonia colombiana, y tomar decisiones fundamentadas que propicien el cumplimiento de los objetivos propuestos.

La variedad de aspectos que se han considerado factibles de medir en el corto plazo mediante el programa de monitoreo, han surgido de contemplar las consideraciones conceptuales ya expuestas y de adelantar una labor de priorización que se realizó con base en un conjunto de criterios que ha sido formulado partiendo de experiencias nacionales e internacionales de formulación de indicadores, y que se ponen a disposición de los formuladores del programa para su análisis y aplicación si es del caso.

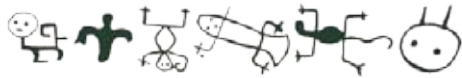
En todo caso se ha preferido recomendar que el programa de monitoreo contemple en sus primeros desarrollos, un pequeño grupo de aspectos claves en los que se cuente con ventajas

para avanzar rápido y de forma sólida, dejando para abordar en el futuro la medición de otros aspectos que resulten más complejos o con menos ventajas. La madurez y experiencia obtenida con la operación del programa, permitirá ir asumiendo retos mayores.

Para la priorización de las temáticas y aspectos a monitorear en el corto plazo, se aplicaron los siguientes criterios:

- Relevancia política e Interés institucional: ¿Qué temas y aspectos se consideran más relevantes de monitorear en el corto plazo? ¿Cuáles de ellos están priorizados en la política ambiental actualmente en ejecución? ¿Qué preguntas requieren respuesta con mayor urgencia? ¿En relación con qué temáticas? ¿Sobre qué temas y aspectos tienen especial interés las entidades participantes en el programa? ¿Sobre qué temas y aspectos tienen especial interés la Nación y organizaciones internacionales dados compromisos asumidos en el marco de tratados multilaterales que haya suscrito Colombia? ¿Sobre qué temas y aspectos tienen especial interés los habitantes de la región? (p. e. económicamente importantes, problemática difundida espacialmente, recursos bandera).
- Fortalezas institucionales y compromiso: ¿Para responder cuáles de esas preguntas se tienen fortalezas institucionales y mayor capacidad de gestión de información? ¿Sobre qué aspectos y temáticas se han realizado ejercicios de monitoreo o de cálculo de indicadores? ¿Para el monitoreo de qué temas habría compromiso institucional?
- Factibilidad técnica: ¿Para cuales de estas preguntas existe mayor factibilidad técnica de generar indicadores? ¿Cuáles de ellas disponen de información que facilite el cálculo de indicadores? ¿Cuáles cuentan con línea base o información histórica?
- Factibilidad económica: ¿A cuáles de estas preguntas se puede aportar de forma significativa con los recursos económicos disponibles en el corto plazo y previstos para el mediano y largo plazo?





## 9. Temáticas y aspectos factibles de monitorear:

**L**a revisión, evaluación y documentación de las experiencias internacionales y nacionales desarrolladas en torno al diseño y la construcción de indicadores ambientales, realizada en el marco del proyecto Consolidación del Sistema de Información Ambiental Territorial SIAT, Priorizando Componente SIB (Primera Fase) Amazonia Colombiana, permitió proponer una serie de temáticas y sub-temáticas ambientales factibles de monitorear.

Sobre estas temáticas se aplicaron los criterios de priorización, contando con la información que aportaron las entidades interesadas en participar en la implementación y ejecución del programa de monitoreo y que sirvió para la elaboración de los diagnósticos de disponibilidad y flujos actuales y requeridos de datos para el poblamiento de dichos indicadores, e institucional para garantizar la cadena de abastecimiento de datos para los indicadores.

La aplicación de criterios de priorización también sirvió para seleccionar los aspectos de las temáticas que se considera factible monitorear en el corto plazo.

Ahora bien, partiendo de la identificación de la información que se considera hace parte de la temática ambiental, definida en el literal 3.2 con base en la Política Nacional de Investigación Ambiental (MMA, DNP y COLCIENCIAS, 2001), se propone agrupar las temáticas y aspectos ambientales factibles de monitorear en tres categorías: i) Entorno físico-biótico, ii) Estructura sociocultural y iii) Dinámicas de la relación entre el entorno físico-biótico y la estructura socioeconómica.

En la categoría de entorno físico-biótico se propone concentrar los esfuerzos en el monitoreo de aspectos relacionados con la biodiversidad, especialmente, diversidad de ecosistemas terrestres, entre éstos, los bosques y la diversidad a nivel de especie.

Respecto de ecosistemas terrestres se considera factible monitorear algunos aspectos de superficie, fragmentación, riqueza y representatividad de ecosistemas; en relación con bosques, lo relativo a estado de salud, y respecto a diversidad de especies, el aspecto de riqueza de especies vegetales del estrato arbóreo.

Aspectos del entorno físico que se considera necesario abordar en una siguiente etapa de implementación del programa de monitoreo, son los relacionados con el clima, especialmente precipitación y temperatura ambiente; la oferta hídrica, tanto superficial como subterránea, y la oferta de suelos. Así mismo, algunos aspectos bióticos que no se tienen en cuenta para esta primera etapa, pero que resultan igualmente importantes, están relacionados con consideraciones que permitirían la caracterización del estado de la diversidad biológica a nivel de especie, poblaciones y genética.

En la categoría de estructura sociocultural, se plantea priorizar el monitoreo de aspectos poblacionales, específicamente lo referente a densidad y condiciones de vida de la población, y la dinámica del poblamiento que se presenta en la región, especialmente lo relacionado con el crecimiento del anillo de poblamiento y el nivel de urbanización.

Otros aspectos de relevancia dentro de esta categoría, son todos aquellos que ayudarían en la caracterización de los asentamientos humanos presentes en la región, la demanda y extracción de recursos naturales renovables y no renovables, y los sistemas productivos y extractivos con incidencia en la Amazonia.

En la categoría de dinámicas de la relación entre el entorno físico-biótico y la estructura socioeconómica, se plantea en monitoreo del índice de escasez de aguas superficiales; el cambio en las coberturas vegetales, con salidas específicas para deforestación y praderización, y la cuantificación de la cosecha del medio natural y la producción obtenida mediante actividades y sistemas productivos calificados como sostenibles.

Aspectos que harían parte de esta categoría y resultan relevantes para ser tenidos en cuenta en una propuesta de monitoreo futuro, son: contaminación del aire, en donde aplique, discriminada por fuentes móviles y fuentes fijas; contaminación de aguas, especialmente superficiales; degradación de suelos; producción de residuos sólidos discriminados según tipo de residuo; actividades de recuperación y reciclaje de residuos; especies utilizadas y catalogadas en diferentes categorías de amenaza; la afectación que están teniendo los pueblos indígenas por su aculturamiento, la dinámica que presentan las empresas relacionadas con mercados verdes, y la gestión ambiental realizada en la región y la evaluación de sus logros.



## 10. Criterios para selección y priorización de indicadores:

El conjunto de indicadores que se recomienda tener en cuenta durante la primera etapa de operación del programa regional de monitoreo ambiental, ha sido seleccionado luego de aplicar a cada indicador, una serie de criterios que buscan verificar el cumplimiento de algunas características que se consideran esenciales, y de algunas otras que se consideran recomendables y que los habilitan para desempeñar adecuadamente el papel que se requiere jueguen como parte del programa.

Cada indicador seleccionado es considerado esencial por cuanto suministra “la mejor información disponible” sobre una determinada temática y aspecto que se ha priorizado monitorear y que ningún otro indicador del conjunto percibe. Para facilitar la selección y priorización de los indicadores se han definido tres tipos de criterios:

### 10.1 Criterios inherentes a la definición de indicador.

Para que un indicador sea efectivamente un indicador, éste debe presentar todas las características previstas en su definición, a saber:

- **Medibles:** Un indicador es un instrumento de medición. Nos permite conocer una realidad o situación acerca de un objeto de estudio. El valor de un indicador se expresa en unas unidades muy concretas. Su valor se puede comparar.

- **Sencillos:** Son claros y por ello comprensibles para variados tipos de usuarios. Son fáciles de interpretar.
- **Inequívocos:** Al calcularse bajo las mismas condiciones cualquier persona obtiene el mismo valor. Este criterio contribuye a que el indicador sea comparable.
- **Bien formulados:** Un indicador debe tener nombre (completo y claro), definición textual, fórmula de cálculo y unidad de medida. Este criterio permite que el indicador sea replicable.

## 10.2 Criterios inherentes a la base conceptual del programa de monitoreo.

Se ha insistido que un programa de monitoreo está relacionado con un objetivo específico, con las temáticas y aspectos que se quiere conocer y monitorear, y con el propósito para el cual se desea realizar dicho monitoreo, el cual a su vez está íntimamente relacionado con los beneficiarios de la información generada por el programa. Para que los indicadores que hagan parte del programa, guarden la debida concordancia con estas consideraciones, es necesario que cumplan la siguiente serie de criterios:

- **Pertinentes:** Están relacionados con el objetivo del programa - evaluar el estado de los recursos naturales renovables y el medio ambiente y hacer seguimiento a dicho estado.
- **Relevantes políticamente:** Apoyan procesos de toma de decisiones por cuenta de los usuarios del programa. Aportan información para formular, hacer seguimiento y evaluar las políticas.
- **Genéricos:** Son ampliamente utilizados, lo cual permite su agregación y comparación a diferentes niveles espaciales. Pueden aplicarse a todos los ecosistemas. Sirven para reportar avances en torno a convenios multilaterales.
- **Sensibles a cambios:** Tanto temporales como espaciales. Cambios en las condiciones que se desean medir con el indicador, se reflejan en cambios en el valor del indicador. Esta característica viabiliza su utilidad como alerta temprana y para realizar análisis de estática comparativa (descriptivos). Pero firmes de forma que los errores de medición no afecten la interpretación.
- **Científicamente válidos:** Por la naturaleza del Programa y sus beneficiarios, los indicadores deben tener suficiente soporte técnico y científico.
- **Fiabiles:** Los datos empleados en su cálculo, lo mismo que el procesamiento de los mismos deben ser transparentes, verificables y acordes con metodologías ampliamente aceptadas.

- **Ampliamente aceptados:** El uso del indicador depende de esta aceptación. Su desarrollo requiere la participación de los usuarios.
- **Estratégicos:** Suministran sólo la información de mayor relevancia para apoyar la toma de decisiones (claves).
- **Viables económicamente:** La información requerida para su cálculo debe estar disponible o en su defecto, ser factible de obtener con los recursos financieros disponibles. Este criterio implica también la sostenibilidad de cálculo del indicador a largo plazo.
- **Con compromiso institucional:** Que su cálculo sea liderado por una institución que tiene fortalezas en el aspecto de interés que mide el indicador (sentido firme de propiedad).

### 10.3 Criterios inherentes a los atributos del indicador.

Esta serie de criterios está relacionada con las características técnicas del indicador, no son necesariamente positivas, ni negativas, pero su cumplimiento es recomendable.

- **Cuantitativos:** En la medida de las posibilidades se seleccionarán indicadores cuantitativos para la medición de los aspectos de interés. La utilización de indicadores cualitativos será necesaria cuando i) el atributo estudiado no tenga una naturaleza cuantificable, ii) la información cuantitativa no está disponible y/o iii) el costo de la información cuantitativa sea muy elevado.
- **Sintéticos:** Que simplifiquen los datos que resultan complejos y heterogéneos, sin dejar de medir adecuadamente los aspectos de interés.
- **Costo-eficaces:** Que con el menor costo posible midan los aspectos de interés.

De forma realista, no debe esperarse que la mayoría de los indicadores satisfaga todos los criterios mencionados. La selección de indicadores es el arte de conocer una realidad, midiendo lo menos posible con la credibilidad científica suficiente y la máxima importancia política (SBSTTA, 2003).

A su vez, el Sistema de Indicadores evaluado como un solo conjunto, debe contar con una serie de atributos que lo hacen coherente respecto del objetivo que persigue el programa y el modelo conceptual sobre el cual se ha fundado. Para confirmar la coherencia del conjunto de indicadores, se recomienda constatar que dispone de los siguientes atributos:

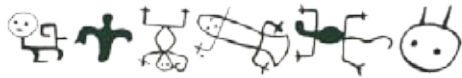
- **Pertinente:** Íntimamente asociado con su objetivo y las necesidades de información de sus usuarios.

- Representativo: Proporciona un cuadro representativo de los aspectos que se desea medir.
- Estratégico (no exhaustivo): Suministra sólo la información de mayor relevancia para apoyar la toma de decisiones en el campo ambiental. Número pequeño de indicadores.
- Gradual: El resultado de largo plazo será contar con un sistema eficaz (que mida cada uno de los aspectos que se requiere para el cumplimiento de su objetivo y la atención de las necesidades de sus usuarios); pero en función de su factibilidad operativa aborda un programa gradual de implementación.
- Funcional: Tiene garantizada la gestión de información requerida para el cálculo de los indicadores y la administración del Sistema en su conjunto.

Es recomendable que el conjunto de indicadores seleccionado se examine como un todo y se reconozca que no es necesario, ni posible, monitorear todos los aspectos que resulten de interés. Es suficiente con una selección inteligente y representativa de indicadores.

Por otra parte es importante comentar que, el conjunto de indicadores que hace parte del programa de monitoreo en un momento determinado, no se debe considerar estático, por el contrario, cada uno de los indicadores debe ser permanentemente evaluado a fin de confrontar su utilidad dentro del conjunto y su eficacia en medir el aspecto de interés para el cual fue formulado. Así mismo, es pertinente evaluar otros indicadores y fuentes de información diferentes a los considerados en un instante dado, a fin de que, por las ventajas que lleguen a ofrecer, puedan ser contemplados dentro del programa.

Esto implica que la línea base tampoco es estática o común para todos los indicadores. El valor arrojado por el primer cálculo de un nuevo indicador puede considerarse como su valor base o punto con el cual comparar los valores que arroje su cálculo futuro. Para un conjunto de indicadores, este punto conformaría su línea base.



## 11. Marco ordenador de los indicadores:

La presentación de un conjunto de indicadores se ve facilitada por un marco lógico de organización de la información que ayude a su inteligibilidad y facilite su comunicación a los usuarios y/o al público en general. El método de organización que se elija depende principalmente de la utilidad que los indicadores presten. De allí se deriva la utilidad del marco ordenador, cuyas dos principales funciones son: organizar de manera lógica la información del sistema de indicadores y facilitar la visualización e interpretación de la información del sistema.

El tipo de información y las temáticas de estudio que conforman un sistema de indicadores determinan la manera como dicha información podrá ser organizada y presentada. De esta forma, la escogencia y establecimiento del marco ordenador de un sistema de indicadores depende de su enfoque conceptual particular, puesto que en él se definen sus temáticas de estudio y el modelo utilizado para su interpretación.

No obstante es importante comentar que un mismo conjunto de indicadores puede ser organizado empleando diferentes marcos ordenadores o inclusive un grupo de estos, sin que su utilidad se vea afectada.

Para esta propuesta de indicadores se han utilizado aportes surgidos de varios marcos ordenadores ampliamente conocidos: El primer nivel de clasificación corresponde a las tres categorías de información contenidas en la identificación de los aspectos que se considera

hacen parte de la temática ambiental. Los siguientes niveles corresponden a las temáticas, subtemáticas y aspectos a medir de acuerdo a lo planteado en el literal 9 de este documento. Finalmente se ha considerado pertinente asociar cada uno de los indicadores con las categorías previstas en el marco ordenador Presión – Estado – Respuesta (PER)<sup>8</sup>, por la utilidad que este modelo tiene dentro de sistemas de indicadores que pretenden, no solo dar a conocer el estado y los cambios que presentan los recursos naturales renovables y el medio ambiente, sino identificar sus relaciones con la estructura sociocultural y las dinámicas que tales relaciones conllevan, tal y como está planteado en el literal 4.1.

Asumir como marco ordenador de los indicadores este método, no constituye impedimento para utilizar criterios provenientes de otros marcos, que resulten adecuados para realizar subclasificaciones de los indicadores o resaltar ciertas relaciones o tipos de análisis.

---

8 El modelo PER está basado en un concepto de asociación: las actividades humanas ejercen presiones sobre el medio ambiente cambiando la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables y la sociedad responde a estos cambios a través de políticas ambientales y políticas económicas generales y sectoriales.





## 12. Los indicadores seleccionados:

A continuación se relacionan los indicadores propuestos, clasificados según categoría, temática, subtemática y aspecto a medir:

**Categoría:** Entorno físico-biótico.

**Tema:** Biodiversidad.

**Subtema:** Ecosistemas terrestres.

**Aspecto:** Superficie.

Indicador 1: Porcentaje de la superficie de ecosistemas (Estado).

Indicador 2: Porcentaje de cambio en la superficie de ecosistemas (Presión).

**Aspecto:** Fragmentación.

Indicador 3: Número de fragmentos de un ecosistema (Estado).

Indicador 4: Tamaño medio de los fragmentos de un ecosistema (Estado).

Indicador 5: Coeficiente de variación del tamaño medio de los fragmentos de un ecosistema (Estado).

Indicador 6: Relación media Área-Perímetro de los fragmentos de un ecosistema (Estado).

Indicador 7: Distancia media al fragmento vecino más cercano (Estado).

**Aspecto:** Riqueza.

Indicador 8: Riqueza de ecosistemas naturales (Estado).

Aspecto: Representatividad.

Indicador 9: Representatividad de ecosistemas naturales (Respuesta).

**Subtema: Bosques.**

Aspecto: Estado de fragmentación de los bosques.

Indicador 10: Índice de fragmentación de bosques por paisaje (Estado).

Aspecto: Estado de salud de los bosques.

Indicador 11: Densidad y vigor del bosque (Estado).

**Subtema: Especies.**

Aspecto: Riqueza.

Indicador 12: Riqueza de especies del estrato arbóreo (Estado).

**Subtema: Conocimiento.**

Aspecto: Estado de conocimiento de la biodiversidad a nivel de especie.

Indicador 13: Grado de conocimiento de la riqueza florística (Estado).

**Categoría: Estructura sociocultural.**

**Tema: Población.**

**Subtema: Información demográfica.**

Aspecto: Densidad de población.

Indicador 14: Densidad de población (Presión).

Aspecto: Cambio en la población

Indicador 15: Porcentaje de cambio en la población (Presión).

**Subtema: Condiciones de vida de la población.**

Aspecto: Calidad de vida de la población.

Indicador 16: Índice de condiciones de vida de la población (Presión).

**Tema: Dinámica de poblamiento.**

**Subtema: Dinámica de poblamiento.**

Aspecto: Anillo de poblamiento.

Indicador 17: Porcentaje de superficie dentro del anillo de poblamiento (Presión).

**Subtema: Urbanización.**

Aspecto: Nivel de urbanización.

Indicador 18: Nivel de urbanización (Presión).

**Categoría: Dinámicas de la relación entre el entorno físico-biótico y la estructura socioeconómica.**

**Tema: Aguas interiores.**

**Subtema: Superficiales.**

Aspecto: Escasez.

Indicador 19: Índice de escasez de agua (Presión).

Tema: Tierras.

**Subtema: Coberturas de la tierra.**

Aspecto: Cobertura de la tierra.

Indicador 20: Porcentaje de coberturas de la tierra (Estado).

Indicador 21: Porcentaje de cambio en las coberturas de la tierra (Presión).

**Subtema: Conflicto de uso de la tierra.**

Aspecto: Conflicto de uso del territorio.

Indicador 22: Porcentaje del territorio con conflicto de uso (Presión).

Tema: Uso y aprovechamiento de recursos naturales renovables.

**Subtema: Uso**

Aspecto: Extractivismo comercial.

Indicador 23: Extractivismo comercial (Presión).

**Subtema: uso sostenible.**

Aspecto: Cosecha del medio natural.

Indicador 24: Producto cosechado mediante actividades sostenibles (Respuesta).

Indicador 25: Precio del producto cosechado mediante actividades sostenibles (Respuesta).

Aspecto: Sistemas productivos sostenibles.

Indicador 26: Producción de sistemas productivos sostenibles (Respuesta).

Indicador 27: Precio de la producción de sistemas productivos sostenibles (Respuesta).

**Subtema: Uso no sostenible.**

Aspecto: Extractivismo no sostenible.

Indicador 28: Captura de peces inmaduros (Presión).

Tema: Uso del territorio.

**Subtema: Estado legal del territorio.**

Aspecto: Áreas protegidas y/o con régimen especial.

Indicador 29: Porcentaje del territorio en áreas protegidas y/o con régimen especial (Respuesta).

Tema: Pueblos indígenas.

**Subtema: Afectación de pueblos indígenas.**

Aspecto: Aculturación.

Indicador 30: Porcentaje de población indígena según grado de contacto con el mercado (Presión).

La priorización de estos indicadores ha surgido de un proceso, que como se ha comentado previamente, se ha soportado, inicialmente, en la selección de un conjunto de temáticas y

aspectos a monitorear que resultaron factibles luego de ser evaluados a la luz de un conjunto de criterios, y que se continuó con la evaluación de los indicadores planteados<sup>9</sup> por las más importantes propuestas de sistemas de indicadores desarrolladas en el país.

Es conveniente a continuación relacionar las propuestas de indicadores evaluadas y para algunos casos, que resultan especialmente relevantes, comentar las razones que conllevaron la priorización de determinado indicador. Las propuestas de indicadores evaluadas son:

- El Sistema de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental –SISA- (MMA, 2002).
- Indicadores del Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC- Línea Base Nacional (IDEAM, et. al, 2002).
- Indicadores de la Línea Base de Información Ambiental sobre los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en la Amazonia Colombiana – Línea Base Amazonia (Murcia, et. al, 2003).
- Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana (IAvH et. al, 2000; IAvH et. al, 2002).
- Sistema Unificado de Indicadores para el Seguimiento a la Planificación y Gestión Ambiental –SUIGA- (MMA, 2002).
- Sistema de Indicadores de Planificación y Seguimiento Ambiental –SIPSA- (CIAT, 1998).
- Indicadores de Desarrollo Sostenible, Ambientales y de Gestión para evaluar la Política Ambiental -Decreto 1200 de 2004- (República de Colombia, 2004) y Resolución 0643 de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial- (MAVDT, 2004).
- Indicadores de la Iniciativa Latinoamericana para el Desarrollo Sostenible –ILAC- (PNUMA, 2003).
- Indicadores de Sostenibilidad del Bosque Amazónico -Indicadores de Tarapoto- (CCE y FAO, 2001; FAO, 2006).
- Sistema de Indicadores Urbanos de Bogotá, D. C. (DAPD, 2001).

Ahora bien, en relación con la propuesta de indicadores realizada en el presente literal y la descripción de cada indicador en su respectiva hoja metodológica, es pertinente comentar que cada uno de ellos está referido (y en consecuencia será calculado), respecto de una unidad

---

<sup>9</sup> Los pasos metodológicos empleados en las primeras instancias de selección y el producto de este ejercicio de priorización de los indicadores puede ser revisado en López (2006b).

espacial de referencia –UER<sup>10</sup>- y para un período de tiempo<sup>11</sup> determinado. Con el propósito de dar consistencia al conjunto de indicadores priorizados en relación con este punto, en la construcción de las hojas metodológicas se tuvo especial cuidado en definir cada indicador, espacial y temporalmente, utilizando la misma presentación y la misma terminología.

Cada indicador se calcula mediante la aplicación de un algoritmo que constituye la fórmula de cálculo; para la notación del indicador y de cada variable se utilizan letras mayúsculas, mientras que para notar las especificidades de espacio, tiempo y otros detalles para los cuales el indicador y las variables cobran validez, se emplean letras minúsculas en forma de subíndice.

Respecto de los indicadores en sí, del componente biótico, la principal temática priorizada es biodiversidad, la cual es abordada por la mayoría de las propuestas previamente referenciadas, contemplando exclusivamente el componente tangible de la diversidad biológica (ecosistemas, especies, genética). Los desarrollos obtenidos por estas propuestas se han centrado especialmente en los ecosistemas terrestres.

Los indicadores planteados en las diferentes propuestas caracterizan el estado de los ecosistemas abordando aspectos de superficie, fragmentación y riqueza de ecosistemas. El cambio en dicho estado se aborda calculando indicadores de flujo que comparan el estado en dos diferentes instantes de tiempo.

Según los intereses que persigue cada propuesta, los indicadores aparecen referenciados para un muy diverso conjunto de áreas espaciales. Para citar solo algunos ejemplos, diferentes indicadores relacionados con estado de ecosistemas, están previstos para ser calculados para territorios de propiedad colectiva, áreas protegidas, asentamientos humanos y áreas urbanas. Para evitar esta limitante, en el marco de la presente labor, se tomó la decisión de considerar en la definición de cada uno de los indicadores, la posibilidad de su cálculo para cualquier tipo de unidad espacial de referencia.

Por esta razón, la definición del indicador de “porcentaje de la superficie de ecosistemas”, contemplado en este ejercicio, pero considerado en propuestas previas tales como: línea base de información ambiental sobre los recursos naturales y el medio ambiente en la Amazonia colombiana, sistema de indicadores de sostenibilidad ambiental -SISA, sistema de indicadores de seguimiento de la política de biodiversidad en la Amazonia colombiana, indicadores de línea base nacional, indicadores del Decreto 1200 e indicadores de la iniciativa latinoamericana y del Caribe -ILAC, entre otros, resulta incluyente de otros indicadores tales como: “cobertura de páramos, bosques, sabanas, agroecosistemas y humedales”, contemplado en la propuesta

10 Una unidad espacial de referencia –UER- es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador. Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

11 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considera representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

del SISA y del sistema de indicadores de línea base nacional, “cobertura de cultivos agrícolas”, también propuesto por el SISA, y “superficie en pastizales”, planteado por el SIPSA y el sistema de indicadores de seguimiento de la política de biodiversidad en la Amazonia colombiana. Se entiende que páramos, bosques, sabanas, agroecosistemas, humedales y pastizales son tipos específicos de ecosistemas que están considerados en el indicador propuesto.

Para cuantificar la velocidad con la cual los ecosistemas se están transformando, se ha priorizado el cálculo del indicador “porcentaje de cambio en la superficie de ecosistemas” el cual permite identificar regiones con procesos acelerados de pérdida de ecosistemas que requieran concentrar la gestión ambiental territorial. Este indicador ha sido previamente considerado en propuestas como la del SISA, en su expresión de “cambio multitemporal de área de páramos, bosques, sabanas, agroecosistemas y humedales”, y la línea base del sistema de información ambiental de Colombia – SIAC y el sistema de indicadores de seguimiento de la política de biodiversidad en la Amazonia colombiana, en los que el indicador se calculó bajo el nombre de “tasa de cambio de los ecosistemas”.

Respecto al tema de fragmentación de ecosistemas, se han seleccionado cinco parámetros que, analizados en conjunto, revelan características de la estructura o configuración actual de los ecosistemas vistos individualmente (por tipo o clase), por ello pueden ser considerados como indicadores de estado. Estos indicadores son: “número de fragmentos de un ecosistema”, “tamaño medio de los fragmentos de un ecosistema”, “coeficiente de variación del tamaño medio de los fragmentos de un ecosistema”, “relación media Área-Perímetro de los fragmentos de un ecosistema” y “distancia media al fragmento vecino más cercano”. Estos índices fueron calculados para algunas unidades espaciales de referencia dentro de la propuesta de indicadores de seguimiento de la política de biodiversidad en la Amazonia colombiana.

Se considera que los valores arrojados por la estimación de estos parámetros para un solo período, no pueden ser utilizados para calificar el estado de fragmentación de los ecosistemas, por cuanto se desconoce cual es la configuración o estructura original de dichos ecosistemas (sin intervención humana). Para este propósito se requeriría contar, adicionalmente, con el cálculo de los indicadores, en una situación previa, ya sea aquella que corresponda a la configuración original de los ecosistemas o a una anterior cualquiera, con la cual sea factible realizar comparaciones (por ejemplo: En el tiempo  $t_2$ , actual, el número de fragmentos del ecosistema  $i$  ha aumentado respecto a lo observado en el tiempo  $t_1$  previo).

Con el propósito de identificar el estado de fragmentación de ecosistemas se plantea generar un índice, un indicador compuesto, en cuya expresión matemática tengan participación los cinco indicadores simples ya citados. Los Institutos SINCHI y Alexander von Humboldt, de manera individual han realizado propuestas y avances en este sentido, pero éstas requieren de validación adicional para poder ser finalmente consideradas. El indicador propuesto por el

Instituto SINCHI, denominado “índice de fragmentación de bosques por paisaje”, es contemplado como parte del subtema bosques.

Similarmente, para identificar la dinámica de fragmentación de ecosistemas se recomienda generar un indicador de flujo que evidencie los cambios en el índice de fragmentación propuesto en el párrafo anterior, en dos períodos de tiempo diferentes. Este indicador correspondería a un indicador de presión que reflejaría el efecto de la actividad antrópica sobre la configuración de los ecosistemas.

Para evaluar la riqueza de ecosistemas se plantea utilizar el indicador de “riqueza de ecosistemas naturales” considerado en la línea base del sistema de información ambiental de Colombia – SIAC, el sistema de indicadores de seguimiento de la política de biodiversidad en la Amazonia colombiana y el Decreto 1200 de 2004. Este indicador se concentra en contabilizar el número de ecosistemas naturales presentes en una unidad espacial de referencia, exclusivamente sobre ecosistemas naturales por cuanto se parte del interés de reconocer potencialidades de conservación de este tipo de ecosistemas.

El último aspecto de la subtemática ecosistemas terrestres, se aborda con el cálculo del indicador de “representatividad de ecosistemas naturales” que, a pesar de ser factible de calcular para cualquier unidad espacial de referencia (al igual que los demás indicadores propuestos), está especialmente enfocado para estimar su valor para el caso de áreas protegidas, dado que la Política Nacional de Biodiversidad tiene contemplada como estrategia de conservación de los componentes de la biodiversidad, asegurar que los diversos ecosistemas del país estén representados adecuadamente en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas –SINAP-. El cálculo de este indicador permitiría identificar qué ecosistemas presentes en la Amazonia están representados en el conjunto de áreas protegidas de la región y que porcentaje de la superficie de dicho ecosistema se encuentra protegido.

El cálculo de este indicador para el caso de las CARs resulta también relevante por cuanto permite identificar potencialidades de conservación y seleccionar y priorizar áreas a proteger.

Los ecosistemas con mayor representación en la región amazónica son los bosques y por ello se ha tomado la decisión de considerar una categoría independiente dentro de la temática de biodiversidad para tratar aspectos relacionados con ellos.

Se considera factible la medición de dos aspectos: el estado de fragmentación de los bosques, mediante el cálculo del “índice de fragmentación de bosques por paisaje”, y el estado de salud de los bosques, mediante el cálculo del indicador de “densidad y vigor del bosque”, juntos propuestos por el Instituto SINCHI.

La formulación del indicador de estado de fragmentación, parte de concebir la fragmentación como un proceso que consiste en la división de un hábitat continuo en pedazos más peque-

ños y aislados, que trae como resultado la reducción del área total del hábitat, la reducción del tamaño de los parches de hábitat y el aumento del aislamiento en las poblaciones que los habitan (ECOTONO, 1996; Murcia, 1995).

Por su parte, la formulación del indicador de “densidad y vigor del bosque”, aprovecha la relación existente entre la capacidad de absorción de la luz radiante que tiene la vegetación, y su estado de salud y vigor. La vegetación sana y vigorosa presenta los mínimos de reflectividad<sup>12</sup> en la banda del rojo y los máximos en la banda del infrarrojo cercano, por ello grandes diferencias entre los valores de estos dos canales espectrales representan que la cubierta vegetal observada presenta un mejor estado de salud y mayor vigor.

Otro aspecto a medir en relación con biodiversidad es la riqueza a nivel de especies, para ello se plantea el cálculo del indicador de estado de “riqueza de especies del estrato arbóreo”, indicador inicialmente diseñado por el Instituto SINCHI, pero que en el marco del presente trabajo ha sido modificado. Con la nueva versión de este indicador se pretende cuantificar el número de especies vegetales de características arbóreas que, por unidad de superficie, se encuentra presente en las unidades de paisaje en las que resulte de interés calcular el indicador. La captura de información se realizará mediante el monitoreo de parcelas permanentes, establecidas en lugares específicos, y seleccionadas de tal manera que resulten representativas de la unidad de paisaje a la cual se desean extrapolar los datos.

El último aspecto a medir en esta temática es el “grado de conocimiento de la riqueza florística” el cual muestra el esfuerzo de investigación florística realizado en la Amazonia colombiana y su aporte al conocimiento de la riqueza vegetal de esta región. Permite priorizar áreas para investigación, conservación y uso sostenible, así como establecer la base de conocimiento sobre los recursos vegetales amazónicos.

En relación con la estructura sociocultural se plantea abordar las temáticas de población y dinámica de poblamiento. Para la temática de población se propone el cálculo de tres indicadores: “densidad de población”, “porcentaje de cambio en la población” e “índice de condiciones de vida de la población”, todos considerados indicadores de presión y con amplia trayectoria de utilización en el ámbito de sistemas de indicadores ambientales y de desarrollo sostenible.

El indicador de “densidad de población” ha sido planteado en prácticamente todas las propuestas revisadas, a saber: SIPSA, SUIGA, Indicadores de seguimiento a la política de biodiversidad en la Amazonía colombiana, indicadores de línea base nacional, indicadores de línea base Amazonia, indicadores de la ILAC e indicadores urbanos. Para la conformación de la hoja metodológica se partió de las propuestas realizadas por el Instituto SINCHI y el Instituto Alexander von Humboldt.

<sup>12</sup> Esta reflectividad es medida con instrumentos de sensores remotos.



Para el caso del indicador de “porcentaje de cambio en la población” se utilizó la hoja metodológica propuesta por el Instituto SINCHI, mientras que para el indicador de “índice de condiciones de vida de la población” se ajustó la hoja propuesta por el IAvH. Este último indicador está contemplado en propuestas tales como: indicadores de seguimiento a la política de biodiversidad en la Amazonía colombiana, indicadores de línea base nacional, indicadores de los objetivos de desarrollo del milenio e indicadores de la ILAC.

El índice de condiciones de vida de la población calculado para la región amazónica de acuerdo a la metodología diseñada por el Departamento Nacional de Planeación, tiene su principal utilidad para comparaciones con otras regiones del país y el nivel nacional, sin embargo, dada las condiciones propias de la Amazonia y el pensamiento de la fracción indígena de sus pobladores, quienes no necesariamente comparten los criterios de calidad de vida definidos en el modelo, harían necesario generar un índice de similares características técnicas en el que los aspectos a evaluar y los criterios de calificación fueran acordes con el pensamiento regional.

Para medir la dinámica de poblamiento se propone el cálculo de dos indicadores diseñados por el Instituto SINCHI, el indicador de “porcentaje de superficie dentro del anillo de poblamiento” y el indicador de “nivel de urbanización”, juntos considerados indicadores de presión.

El porcentaje de superficie dentro del anillo de poblamiento está definido como la fracción del territorio de una unidad espacial de referencia que se encuentra dentro de un área de poblamiento continuo y jerarquizado (denominada anillo de poblamiento), que presenta una serie de características sustancialmente diferentes a las propias de los ecosistemas amazónicos y que los presionan alterando sus estructuras funcionales.

El indicador de “nivel de urbanización”, presenta una medida de la concentración de la población en núcleos urbanos. Está definido como el porcentaje de la población de una determinada unidad espacial de referencia que habita en las cabeceras municipales.

Este indicador permite tener conocimiento sobre la distribución espacial de la población. Calculado para varios períodos de tiempo, contribuye a generar entendimiento sobre la dinámica de configuración del territorio.

La tercera categoría asociada a la definición de información ambiental es dinámicas de la relación entre el entorno físico-biótico y la estructura socioeconómica. En esta categoría se contemplan cinco temáticas, a saber: aguas interiores, tierras, uso y aprovechamiento de recursos naturales renovables, uso del territorio y pueblos indígenas.

Respecto de aguas interiores, se considera que la relación de mayor relevancia entre la estructura sociocultural, específicamente la población y el componente agua del entorno físico-biótico, es la de demanda y uso del recurso, que comparada con la oferta permite calcular el “índice de escasez de agua”. El uso de este índice fue propuesto por el IDEAM y a la fecha ha

sido considerado por un gran número de ejercicios de indicadores ambientales de desarrollo sostenible, entre ellos: SUIGA, SISA, Indicadores de seguimiento a la política de biodiversidad en la Amazonía colombiana, indicadores de línea base nacional, indicadores del Decreto 1200 de 2004 e indicadores de la ILAC.

En relación con la temática: tierras, se contempla medir aspectos relacionados con las coberturas de la tierra y el conflicto de uso de la tierra. Para registrar las coberturas de la tierra se postula el cálculo de dos indicadores, uno de estado, “porcentaje de coberturas de la tierra” centrado en la cuantificación del porcentaje que representa la superficie que ocupa cada una de las coberturas de la tierra dentro de la superficie de las unidades espaciales de referencia en las cuales se considera relevante calcular el indicador, y uno de presión, “porcentaje de cambio en las coberturas de la tierra” planteado con el propósito de medir la variación temporal de estas coberturas. Para registrar la magnitud del conflicto de uso de la tierra se propone el cálculo del indicador de “porcentaje del territorio con conflicto de uso” que evidencia la proporción del territorio de una unidad espacial de referencia cuyo uso en el momento de cálculo del indicador no corresponde con su aptitud de uso.

El indicador de porcentaje de coberturas de la tierra tiene un uso prácticamente universal, ha sido considerado en la mayoría de las propuestas de indicadores evaluadas, muchas de las cuales consideran variantes de este indicador definidas para determinadas unidades espaciales de referencia o determinadas coberturas. Se ha asumido la variante del indicador que resulta la más genérica por ser factible de calcularse para cualquier UER y por ello se considera incluyente de indicadores tales como: “cobertura de humedales” (considerado en el Decreto 1200 de 2004), “superficie en bosques” (considerado en las propuestas SIPSA, ILAC, Tarapoto y Decreto 1200 de 2004), “superficie en explotaciones mineras” (planteado en el SIPSA), “superficie en pastizales” (planteado en el SIPSA y en el sistema de indicadores de seguimiento a la política de biodiversidad en la Amazonia colombiana), “superficie de plantaciones forestales” (propuesto por el SIPSA), “cobertura boscosa en áreas protegidas” (contemplado en la propuesta de indicadores de Tarapoto), “cobertura vegetal afectada por el establecimiento de cultivos ilícitos” (considerado como parte del conjunto de indicadores de línea base nacional) y “cobertura de páramos, bosques, sabanas, agroecosistemas y humedales” (contemplado en el SISA y los indicadores de línea base nacional), entre otros.

Situación similar se presenta con el indicador de “porcentaje de cambio en las coberturas de la tierra” el cual cuenta con un gran número de variantes. Se recomienda el empleo de la versión propuesta en la hoja metodológica respectiva por ser el más genérico y por facilitar para cualquier UER la identificación de zonas con procesos acelerados de deterioro (cambios nocivos de ciertas coberturas), que permitirían focalizar el ejercicio de la gestión ambiental.

Por su importancia, se recomienda calcular salidas del indicador para pérdidas de cobertura de bosques (deforestación) y ganancia de cobertura de praderas no naturales (praderización), las cuales son consideradas expresiones particulares de este indicador.

El indicador de “porcentaje del territorio con conflicto de uso” ha sido considerado por el SISA y el sistema de indicadores de línea base Amazonia. La hoja metodológica ha sido ajustada de las dos propuestas que existen: la diseñada por el Instituto SINCHI y la propuesta por el IGAC. El cálculo de este indicador se realiza al confrontar la información contenida en mapas de aptitud de uso de la tierra y uso actual del territorio.

La temática de uso y aprovechamiento de recursos naturales renovables se aborda midiendo aspectos relacionados con uso general, uso sostenible y uso no sostenible. Para el caso de uso, se recomienda el cálculo del indicador de “extractivismo comercial”, definido como el porcentaje que representa el volumen o cantidad de producto que ha sido extraído de una UER para ser comercializado o transportado fuera de los ecosistemas, dentro del total de producto extraído en la región. La hoja metodológica de este indicador ha sido construida por el Instituto SINCHI.

Para el caso de uso sostenible se plantean cuatro indicadores nuevos, los cuales requieren iniciar su proceso de validación y cuyo cálculo requerirá establecer acuerdos para la captura y procesamiento de los datos implicados en su estimación. Los cuatro indicadores revisten un interés especial por cuanto están diseñados para evidenciar los resultados de toda una serie de esfuerzos que están realizando las autoridades ambientales regionales y algunos institutos de investigación para propiciar que el desarrollo económico y social de la región se oriente según los principios del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo<sup>13</sup>.

Los esfuerzos a que se refiere el párrafo anterior se concretan en la financiación, fomento y acompañamiento de procesos de investigación, montaje, seguimiento y evaluación de proyectos tendientes a identificar, implementar y validar actividades extractivas y sistemas de producción que puedan ser calificados como de carácter sostenible, por cuanto cumplen con una serie de características que permiten la cosecha del medio natural o la producción de recursos naturales renovables, sin deteriorar la base en la que se sustentan los ecosistemas amazónicos y sin amenazar su conservación.

Los dos primeros indicadores, “producto cosechado mediante actividades sostenibles” y “precio del producto cosechado mediante actividades sostenibles” se concentran en cuantificar los logros, en términos de magnitud de producto y precio de comercialización del mismo, de las acciones desarrolladas para obtener producto cosechado del medio natural mediante actividades calificadas como sostenibles. Los otros dos, “producción de sistemas productivos

13 Artículo 1 de la Ley 99 de 1993 (República de Colombia, 1993).

sostenibles” y “precio del producto cosechado mediante actividades sostenibles”, se concentran por su parte en cuantificar los logros, en términos de magnitud de producto y precio de comercialización del mismo, de las acciones desarrolladas para generar una producción de recursos naturales bajo sistemas productivos calificados como sostenibles.

En relación con este tema, existen otros esfuerzos para generar datos e indicadores que cuantifiquen el avance de la sociedad en la generación de riqueza, teniendo en cuenta criterios de desarrollo sostenible, es el caso de los datos e indicadores asociados con la temática de mercados verdes. El Sistema Unificado de Indicadores para el Seguimiento a la Planificación y Gestión Ambiental – SUIGA, planteó el indicador de “número de productos verdes certificados”, mientras que en cumplimiento del Decreto 1200 de 2004, la Resolución ministerial 0643 de 2004, plantea el cálculo de los indicadores de “volumen de ventas, medido en millones de pesos, de las empresas dedicadas a mercados verdes.” “número de especies de fauna y flora vinculadas a procesos de mercados verdes”, “número de empresas, grupos asociativos y comunidades organizadas, dedicadas a mercados verdes” “número de proyectos de mercados verdes promovidos, en el marco de una estrategia regional”, “número de paquetes tecnológicos de mercados verdes adoptados, con apoyo de las CARs” y “volumen de residuos sólidos aprovechados en proyectos de mercados verdes fomentados por la CAR”, los cuales están íntimamente asociados con los formulados en esta propuesta.

Para la cuantificación del uso no sostenible, se cuenta con el indicador de “captura de peces comerciales por debajo de la talla media de madures sexual” cuya hoja metodológica fue formulada por el Instituto SINCHI. Este indicador indica el porcentaje de peces capturados para comercialización, con longitudes inferiores al tamaño medio de madurez sexual de la especie correspondiente.

Para abordar la temática de uso del territorio, se plantea el cálculo del indicador de “porcentaje del territorio en áreas protegidas o con régimen especial” como un indicador de respuesta, que cuantifica la proporción del territorio de una determinada UER que la sociedad ha decidido destinar a conservación o uso especial dadas las características. La hoja metodológica de este indicador ha sido construida por el Instituto SINCHI.

Finalmente, en relación con la temática de pueblos indígenas, se recomienda el cálculo de un indicador propuesto por el Instituto SINCHI, denominado “porcentaje de población indígena según grado de contacto con el mercado”, que busca cuantificar, para una determinada unidad espacial de referencia, el porcentaje que representa la población indígena (reportada por comunidad) que mantiene contactos económicos permanentes con los centros de mercadeo dentro del total de población indígena.



## 13. Las hojas metodológicas de los indicadores:

**L**a hoja metodológica o ficha técnica, es una herramienta útil para describir y actualizar un indicador, en ella se consignan todas las características técnicas que lo individualizan. La hoja metodológica cumple dos funciones básicas: a) brindar a los usuarios del sistema una descripción general del indicador (su perfil), sus características, su objeto y lo que pretende medir o indicar, así como su relevancia dentro del enfoque conceptual del sistema y su relación con otros indicadores, y b) explicar detalladamente la metodología de medición del indicador, evidenciando sus variables, unidades de medida, cobertura, frecuencia de medición, y demás aspectos técnicos que permitan a cualquier usuario calcular el indicador de una única manera (IAvH, 2003).

El formato de hoja metodológica seleccionado, es el propuesto por el Comité Interinstitucional de Indicadores en el marco del SISA (MMA, 2002), que a su vez fue acordado por los cinco institutos de investigación para la formulación de los indicadores del Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC- Línea Base Nacional (IDEAM et. al., 2003) y que fue utilizada por la propuesta de indicadores de la Línea Base de Información Ambiental sobre los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en la Amazonia Colombiana – Línea Base Amazonia (Murcia, et. al, 2003), teniendo en cuenta algunos ajustes realizados por el IAvH, en el marco del Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política Nacional de Biodiversidad (IAvH, 2005) y los ajustes ahora propuestos por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.

A continuación se presenta un listado de los ítems considerados en el formato:

- Nombre.
- Definición.
- Pertinencia.
- Unidad de Medida.
- Fórmula.
- Descripción Metodológica.
- Cobertura.
- Escala.
- Relación con otros Indicadores.
- Fuente de los Datos.
- Disponibilidad de los Datos.
- Periodicidad de los Datos.
- Posibles Responsables.
- Documentación Relacionada.
- Series o Bases de Datos.
- Observaciones.

En el Anexo 1 se presentan las hojas metodológicas de los indicadores seleccionados.



## 14. Flujos de datos para el poblamiento de los indicadores:

Con la información capturada para la realización de los diagnósticos y la contenida en las hojas metodológicas, se elaboró, para cada uno de los indicadores seleccionados, un diagrama de flujo que relaciona las etapas que es imprescindible cursar para la adquisición de los datos requeridos para el cálculo de los indicadores y el flujo que éstos deben seguir con dicho propósito.

Dentro del diagrama, el flujo de datos está discriminado en dos sentidos: i) por variable involucrada en la fórmula de cálculo del indicador, lo cual se evidencia en el eje horizontal del diagrama (columnas), y ii) por nivel de actuación o paso de la cadena de abastecimiento, los cuales se distinguen en el eje vertical del diagrama (filas).

En sentido vertical, el flujo de datos parte de una decisión o un conjunto de ellas (primer paso de la cadena de abastecimiento), que conlleva la realización de un conjunto de procesos secuenciales (segundo paso de la cadena), que deben ser adelantados por un responsable y que tienen como fin, generar un producto de información. Para algunos de los indicadores seleccionados, este producto de información contiene los valores que toman las variables con los cuales se aplica el algoritmo que conlleva el cálculo del indicador; en algunos otros casos, los datos suministrados por este producto de información deben ser transformados para generar los valores de dichas variables (tercer paso de la cadena). Finalmente se aplica la fórmula de cálculo con los datos estructurados de las variables involucradas en el algoritmo y se estima el valor del indicador (último paso de la cadena).

Estos pasos de la cadena de abastecimiento de los indicadores son compatibles con los cuatro primeros pasos de la cadena de valor que Vanegas (2006), plantea en sus recomendaciones de procedimiento metodológico para el análisis de la cadena de valor de la información en el marco del SIAT-AC.

En el Anexo 2 se presentan los flujos de datos para el poblamiento de los indicadores seleccionados.





## 15. Entidades que han manifestado su interés de participar:

En concordancia con las funciones e intereses institucionales, todas las entidades convocadas a participar en la formulación y operación de la primera etapa del Programa Regional de Monitoreo Ambiental Amazonia Colombiana, han manifestado explícitamente su interés de participar activamente en el proceso que se ha iniciado. Es pertinente a continuación definir y suscribir un instrumento mediante el cual se formalice y especifique dicha participación. Estas entidades son:

- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y del Oriente Amazónico.
- Corporación para el Desarrollo del Sur de la Amazonia.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible de La Macarena.





## 16. Bibliografía:

CDB –Convenio de Diversidad Biológica- 2000. *Enfoques por ecosistemas. Decisión V/6*. <http://www.biodiv.org/decisions/default.aspx?m=COP-05&tid=7148&lg=1>. \_Accesada Agosto de 2006.

CIAT – Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1998. *Marco Conceptual y Metodológico para la Tercera Fase del Sistema de Indicadores de Seguimiento y Planificación Ambiental – SIPSA*. Bogotá, D. C. Colombia. 24 pp.

COLCIENCIAS – Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas”, 1991. *Estado de la Biodiversidad en Colombia*. Editores Jorge Ignacio Hernández Camacho, Rosario Ortiz Quijano, Thomas Walschburger y Adriana Hurtado Guerra. Santa Fé de Bogotá. Colombia.

CEE -Comunidad Económica Europea- y FAO -Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-, 2001. *Avances del Proceso de Tarapoto sobre Criterios e Indicadores de Sostenibilidad del Bosque Amazónico*. Proyecto: Información y Análisis para el Manejo Forestal Sostenible: Integrando Esfuerzos Nacionales e Internacionales en 13 Países Tropicales en América Latina. Documento (GCP/RLA/133/EC). Santiago. Chile. 41 pp.

DAPD – Departamento Administrativo de Planeación Distrital, 2001. *Observatorio de Dinámica Urbana. Vol. II*. Gerencia de Dinámica Urbana. Bogotá, D. C. Colombia.

- DNP -Departamento Nacional de Planeación- y FONADE -Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo-, 2001. *Conceptos Básicos sobre Indicadores*. Bogotá, D. C. 73 pp.
- ECOTONO. 1996. *Fragmentación y Metapoblaciones*. Centro para la Biología de la Conservación. Invierno (1996): 2.
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.rlc.fao.org/foro/valida/default.htm>. Accesada Agosto de 2006.
- Fescol – Fundación Friedrich Ebeft de Colombia, 1992. *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo - Carta de la Tierra -*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. En Bogotá, D. C. Colombia. 40 pp.
- González, A. 1997. *Modelo Conceptual SIAT-AC*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Documento realizado en el marco del proyecto: “Consolidación del Sistema de Información Ambiental Territorial SIAT, Priorizando Componente SIB (Primera Fase) Amazonia Colombiana” desarrollado por el Instituto Sinchi y el Sistema de Información sobre Biodiversidad del Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia. 95 pp.
- IAvH – Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003. *Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en los Andes Colombianos*. Seminario-Taller Cúcuta, 29 y 30 de octubre de 2003. Presentación en Power Point realizada por M. O. López.
- , 2005. *Archivo de Hojas Metodológicas Versión 1.03*. Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política Nacional de Biodiversidad. Bogotá, D. C. Colombia. 94 pp.
- IAvH – Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, CDA – Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico, Corpoamazonía – Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia, Cormacarena – Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, UAESPNN – Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Naturales Nacionales y DNP-DPA – Departamento Nacional de Planeación, Dirección de Política Ambiental, 2000. *Diseño e Implementación del Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana*. Proyecto. Bogotá. Colombia. 34 pp.
- , 2002. *Diseño e Implementación del Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana*. Informe Final de Actividades. Bogotá. Colombia. 33 pp.
- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-, IAvH –Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-, INVEMAR –Instituto de

Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives D'andrei-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI e IIAP –Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacifico, 2002. *Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC – 3 Tomos. Tomo 1 Conceptos, definiciones e instrumentos de la información ambiental de Colombia. 293 pp. Tomo 2 Primera generación de indicadores de la línea base de la información ambiental de Colombia. 943 pp. Tomo 3 Perfil del estado de los recursos naturales y del medio ambiente en Colombia. 597 pp.* Bogotá, D. C. Colombia.

-----, 2003. *Proyecto: “Diseño y Operacionalización de la Línea Base y el Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental para Colombia” Segunda fase.* Propuesta preliminar del Comité Técnico Interstitucional de Línea Base. Abril de 2003. Bogotá, D. C. Colombia.

-----, 2002. *Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC – Tomo 1. Conceptos, definiciones e instrumentos de la información ambiental de Colombia.* Bogotá, D. C. Colombia. 293 pp.

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, IAvH -Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt- y MAVDT -Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-, 2006. *Proyecto: Consolidación del Sistema de Información Ambiental Territorial –SIAT-, Priorizando Componente SIB (Primera Fase) Amazonia Colombiana.* Documento de Trabajo Versión 4. Bogotá, D. C. Colombia. 16 pp.

López, M. O., 2006a. *Revisión, evaluación y documentación de las experiencias internacionales y nacionales desarrolladas en torno al diseño y la construcción de indicadores ambientales.* Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 114 pp.

-----, 2006b. *Programa Regional de Monitoreo Ambiental – Indicadores Propuestos.* Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 19pp.

-----, 2006c. *Programa Regional de Monitoreo Ambiental – Informe de Avance: Diagnóstico Institucional para Garantizar Cadena de Abastecimiento de los Datos para los Indicadores.* Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 10 pp.

-----, 2006d. *Programa Regional de Monitoreo Ambiental – Diagnóstico de disponibilidad y flujos actuales y requeridos de datos para el poblamiento de los indicadores seleccionados.* Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 36 pp.

MAVDT –Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004. *Resolución 0643 de 2004 – Por medio de la cual se establecen los indicadores mínimos de que trata el artículo 11 del Decreto 1200 de 2004 y se adoptan otras disposiciones.* Bogotá, D. C. Colombia.

-----, 2005. *Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos*. Bogotá, D. C. Colombia. 120 pp.

-----, 2006. *Sistema de Información Ambiental –SIA-*. [http://www.minambiente.gov.co/ministerio/planeacion/siac/sia\\_sistema\\_informacion\\_ambiental.htm](http://www.minambiente.gov.co/ministerio/planeacion/siac/sia_sistema_informacion_ambiental.htm). Accesada Septiembre de 2006.

MMA - Ministerio del Medio Ambiente, 2000. *Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia*. Dirección de Ecosistemas. Bogotá, D. C. Colombia. 85 pp.

-----, 2002. *Sistema de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental –SISA- en el ámbito Nacional – Avances y Perspectivas*. CD.

MMA - Ministerio del Medio Ambiente, DNP – Departamento Nacional de Planeación y COLCIENCIAS - Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, Francisco José de Caldas, 2001. *Política Nacional de Investigación Ambiental*. 37 pp.

Murcia, C., 1995. *Edge effects in fragmented forest: implications for conservation*. *Tree*, 10(2) 58-62.

Murcia, U., Marín, C., Alonso, J., Argüelles, J., Salazar, C., Gutiérrez, F., Domínguez, C., Trujillo, F., Ocampo, R., y Castro, W., 2003. *Diseño de la Línea Base de Información Ambiental sobre los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en la Amazonia Colombiana. Bases Conceptuales y Metodológicas*. En desarrollo del Proyecto Diseño y Operación del Sistema de Información Ambiental, la Línea Base y el Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental para Colombia adelantado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Sistema Nacional Ambiental y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 215 pp.

PNUMA - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2003. *Proyecto de Estadísticas e Indicadores Ambientales del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe*. Desarrollado por la Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Ciudad de Panamá, Panamá. 20 al 25 de noviembre de 2003. Documento UNEP/LAC-IGWG. XIV/8. 17 pp.

Quiroga R., 2001. *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas*. CEPAL - División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Series CEPAL Manual No. 16. 116 pp.

República de Colombia, 1974. *Decreto 2811 de 1974 - Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Diario Oficial No 34.243, del 27 de enero de 1975. Título IV. Sistema de Información Ambiental.

-----, 1993. *Ley 99 de 1993 Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.* Diario Oficial No. 41.146, de 22 de diciembre de 1993.

-----, 1994a. *Decreto 1600 de 1994 - Por el cual se reglamenta parcialmente el Sistema Nacional Ambiental -SINA- en relación con los Sistemas Nacionales de Investigación Ambiental y de Información Ambiental.* Capítulo I.

-----, 1994b. *Decreto 1603 de 1994 - Por el cual se organizan y establecen los Institutos de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt", el Instituto Amazónico de Investigaciones "SINCHI" y el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico "John Von Neumann" en relación con el Instituto SINCHI.* Capítulo IV.

-----, 1994c. *Decreto 1768 de 1994. Por el cual se desarrolla parcialmente el literal h) del artículo 116 en lo relacionado con el establecimiento, organización o reforma de las Corporaciones Autónomas Regionales y de las Corporaciones de régimen especial, creadas o transformadas por la Ley 99 de 1993.* Bogotá, D. C. Colombia.

-----, 1995. *Política Nacional de Biodiversidad.* Ministerio de Medio Ambiente, Departamento Nacional de Planeación e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 18 pp.

-----, 1998a. *Ley 430 de 1998. Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.* Publicada en el Diario Oficial No. 43219, del 21 de enero de 1998. Bogotá, D. C. Colombia.

-----, 1998b. *Ley 461 de 1998. Por medio de la cual se aprueba la Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular África.* Bogotá, D. C. Colombia.

-----, 2000. *Ley 611 de 2000. Por la cual se dictan normas para el manejo sostenible de especies de Fauna Silvestre y Acuática.* Publicada en el Diario Oficial No. 44.144 del 29 de agosto de 2000. Bogotá, D. C. Colombia.

-----, 2003. *Decreto 0216 de 2003. Por el cual se determinan los objetivos, la estructura orgánica del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y se dictan otras disposiciones.* Publicada en el Diario Oficial No. 45.086 del 3 de febrero de 2003. Bogotá, D. C. Colombia.

-----, 2004. *Decreto 1200 de 2004. Por el cual se determinan los instrumentos de planificación ambiental y se adoptan otras disposiciones.* Bogotá, D. C. Colombia.

-----, 2006. *Ley 1021 de 2006. Por la cual se expide la Ley General Forestal*. Publicada en el Diario Oficial No. 46.249 de 24 de abril de 2006. Bogotá, D. C. Colombia.

SBSTTA – Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico, 2003. *Vigilancia e Indicadores: Diseño a Nivel Nacional de Programas de Vigilancia e Indicadores*. Informe UNEP/CBD/SBSTTA/9/10 del 31 de julio de 2003. 53 pp.

Vanegas, D. E. 2006. *Identificación y Priorización, desde lo Regional, de una temática diferente a Biodiversidad, para conformar el SIAT-AC en la fase inicial*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 21 pp.





# Anexo 1

## 1. Porcentaje de la superficie de ecosistemas

### 1.1. Definición del indicador

Porcentaje de la Superficie de Ecosistemas ( $PSE_{ijt}$ ): Es el porcentaje que representa la superficie que ocupa cada uno de los ecosistemas  $i$ , identificados a una cierta escala<sup>1</sup> en una determinada unidad espacial de referencia  $j^2$ , en un período de tiempo  $t^3$ .

### 1.2. Pertinencia del indicador

Los ecosistemas constituyen uno de los componentes tangibles y una de las formas en que se manifiesta la diversidad biológica<sup>4</sup>. La superficie que en un territorio están ocupando los eco-

1 El número total de ecosistemas que se haya identificado depende de la escala o nivel de detalle con el que se esté trabajando y del protocolo metodológico que se emplee como referencia.

2 Una unidad espacial de referencia -UER- es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador (Murcia, et. al, 2003). Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

3 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considera representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

4 Política Nacional de Biodiversidad (República de Colombia, 1995).

sistemas en un determinado momento, es expresión de la interacción de un conjunto diverso de factores abióticos y bióticos. Entre estos factores resaltan aquellos de origen antrópico por la fuerte incidencia que tienen sobre el cambio de las coberturas de los ecosistemas.

Es importante para los procesos de gestión ambiental identificar la existencia y cobertura de los ecosistemas presentes en una región. El indicador, al expresar en términos porcentuales la participación en superficie de cada uno de los ecosistemas presentes en la UER, posibilita reconocer potencialidades de conservación y uso sostenible de recursos naturales renovables, así como limitantes que pueden tener ciertos territorios e identificar eventuales presiones sobre los ecosistemas naturales.

El monitoreo periódico de las coberturas de los ecosistemas permite constatar y medir la magnitud con la cual éstas están cambiando, facilitando la priorización de zonas en donde se requiere la ejecución de acciones de gestión ambiental y la formulación de políticas o medición de sus logros.

### 1.3. Unidad de medida del indicador

El indicador está expresado en porcentaje (%).

### 1.4. Fórmula del indicador

$$PSE_{ijt} = \left( \frac{ATE_{ijt}}{AUER_{jt}} \right) \cdot 100$$

Donde:

$PSE_{ijt}$  es el porcentaje que representa la superficie que ocupa el ecosistema i, en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$ATE_{ijt}$  (variable 1), es la superficie total (hectáreas) que ocupa el ecosistema i, en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$AUER_{jt}$  (variable 2), es la superficie total (hectáreas) de la unidad espacial de referencia j en la que se está calculando el indicador en el tiempo t.

### 1.5. Descripción metodológica

#### 1.5.1. Proceso de cálculo del indicador

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos oficiales de superficie de cada uno de los tipos de ecosistemas identificados a una determinada escala, asociados

a un mapa de ecosistemas<sup>5</sup> y de superficie de las UER para las cuales se está calculando el indicador.

El valor de la variable 1, es decir, la superficie total que ocupa cada uno de los ecosistemas ( $ATE_{ijt}$ ), se calcula sumando la superficie de todos los fragmentos que de dicho ecosistema se encuentran en la UER.

El valor de la variable 2 ( $AUER_{jt}$ ), se obtiene a partir de información secundaria de carácter oficial que defina la superficie de la UER para la que resulta relevante el cálculo del indicador.

La estimación del valor del indicador para cada uno de los ecosistemas ( $PSE_{ijt}$ ), se determina dividiendo el valor de la superficie total de cada ecosistema sobre la superficie total de la UER, multiplicando el resultado por cien.

$0 < PSE_{ijt} \leq 100$ . El indicador se aproxima a 0 cuando el ecosistema i presenta una superficie muy reducida en la UER j en el tiempo t, y aumenta a medida que se incrementa su presencia en dicha UER. Toma el valor de 100 si ocupa toda la superficie de la UER.

Cuando se presente el interés de comparar los valores de este indicador calculados para una misma UER en diferentes períodos de tiempo, resulta imprescindible constatar que la superficie de la UER es exactamente la misma en todos los casos.

#### 1.5.2. Presentación de resultados

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan los diferentes tipos de ecosistemas con superficie en la UER y en las columnas, los períodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador e inclusive un conjunto de UER con las cuales resulta interesante comparar los valores arrojados por el indicador. En el cuerpo de la matriz se consigna el porcentaje que representa la superficie que ocupa cada uno de los ecosistemas.

Para facilitar la interpretación de los resultados, se puede emplear un método de conformación de clases mediante el cual se evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador para los diferentes ecosistemas<sup>6</sup>.

---

5 Cuando los datos con los cuales se calcula el indicador provienen de estudios detallados (baja escala), el número total de ecosistemas identificado es mayor, precisamente por el nivel de detalle. Generalmente sucede lo contrario cuando los datos provienen de estudios generales (alta escala). Con el propósito de que los valores de estimación de este indicador calculados a diferentes escalas sean compatibles entre sí, es imprescindible que los tipos de ecosistemas definidos en estudios detallados, hagan parte de alguno de los tipos de ecosistemas definidos en estudios más generales (tipo de ecosistema de nivel superior).

6 Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver IAvH, 2005. Archivo de hojas metodológicas. Versión 1.03. Fecha de actualización: Noviembre de 2005. Bogotá, Colombia. 94 pp.

Resulta igualmente conveniente, ilustrar los datos en una gráfica que muestre el porcentaje que representa la superficie que ocupa cada uno de los ecosistemas en la superficie de una determinada UER.

La aplicación de un método de conformación de clases permite clasificar los datos arrojados por la estimación del indicador para las diferentes UER en unas pocas categorías, siendo factible presentarlas en un mapa, de forma que resulte especialmente ilustrativa la identificación de zonas que presenten alto o bajo porcentaje de superficie cubierto por ciertos tipos de ecosistemas.

### 1.5.3. Limitación del indicador

El valor arrojado por el cálculo del indicador depende de la escala de trabajo y de la unidad mínima cartografiable, de tal manera que la UER para la cual se ha calculado el indicador, puede presentar ecosistemas que, por cubrir superficies muy pequeñas, no alcanzan a quedar identificados a ciertas escalas.

Para que la comparación temporal de los datos arrojados por el cálculo de este indicador sea viable, ésta debe realizarse confrontando las estimaciones del indicador, calculado para exactamente el mismo territorio. El hecho de que los territorios de algunos tipos de UER cambian con cierta frecuencia (v. g. entidades territoriales, especialmente los municipios), obliga que se hagan ajustes para garantizar que los valores del indicador que se desean comparar hayan sido obtenidos para exactamente el mismo territorio.

## 1.6. Cobertura

Se dispone de datos para el cálculo del indicador para cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana para el año 2001<sup>7</sup> a escala 1:500.000.

## 1.7. Escala

El indicador puede ser calculado para una amplia variedad de escalas. Los datos disponibles para el año 2001 han sido obtenidos a partir de un estudio a escala 1:500.000.

## 1.8. Relación con otros indicadores

El cálculo de este indicador de estado, en diferentes períodos de tiempo, permite disponer de un indicador de flujo que da cuenta de los cambios temporales presentados en la superficie de los ecosistemas.

---

7 Los datos de cobertura de la tierra utilizados como uno de los insumos del mapa de ecosistemas, que a su vez constituyen la fuente de los datos de cobertura de ecosistemas, han sido obtenidos a partir de la interpretación de un mosaico de imágenes de satélite correspondientes al período 1999-2003.

Este indicador es complementario de aquellos que buscan medir otras características de estado de los ecosistemas tales como fragmentación y diversidad. Para el caso de ecosistemas boscosos se complementa con la información arrojada por un indicador que mida el estado de salud de la vegetación de este tipo de ecosistemas.

También se relaciona con indicadores de caracterización de la población humana asociada a los ecosistemas, tales como densidad, distribución y condiciones de vida de la población, con los cuales hay evidencia de correlación, la cual es explicada por la significativa serie de demandas que ciertos niveles de población humana generan sobre los ecosistemas con los cuales interactúa.

## 1.9. Fuente de los datos

Respecto de la variable 1, los datos disponibles provienen del mapeo de ecosistemas realizado para toda la Amazonía colombiana a una escala 1:500.000. La fuente es:

- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-, IAvH –Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-, INVEMAR –Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives D’andreis-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, IIAP –Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico e IGAC –Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2006. *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia Escala 1:500.000*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia.

La fuente de los datos de la variable 2 depende del tipo de UER sobre la cual se calcule el indicador.

Para el caso de la eco-región Amazónica la fuente es:

- Gutiérrez, F., Salazar C. y Acosta, L. 2004. *Perfiles Urbanos en la Amazonia Colombiana: un Enfoque para el Desarrollo Sostenible*. Proyecto Colciencias - Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá. Colombia.

Para cuencas la fuente es:

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2004. *Guía Técnica Científica para la Ordenación y Manejo de Cuencas. Decreto 1729 de 2002. Mapa No. 2. Cuencas Hidrográficas en Colombia*. Bogotá. Colombia.

Para áreas protegidas la fuente es:

- Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales – UAESP-NN, 2002. *Mapa del SPNN - escala 1:100.000*. Bogotá. Colombia.

Para el caso de corporaciones autónomas regionales, departamentos, municipios y territorios indígenas, la fuente es:

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, 2005. *División Política Administrativa de Colombia*. Sistema de Consulta. [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co).

## 1.10. Disponibilidad de los datos

### 1.10.1. Existencia de series históricas

Para el caso de la variable 1, superficie de ecosistemas, no se cuenta con series históricas.

De la variable 2, superficie de UER, se cuenta con datos para áreas protegidas y entidades territoriales. Los cambios que sufre la serie se presentan cuando se crea una nueva área protegida o se amplía o sustrae territorio de éstas o cuando se crea un municipio segregando territorio de una o más entidades territoriales.

### 1.10.2. Nivel de actualización de los datos

Los datos de superficie de ecosistemas han sido calculados para el año 2001 (mosaico de imágenes de satélite correspondientes al período 1999-2003).

La superficie de las diferentes UER se encuentra permanentemente actualizada.

### 1.10.3. Estado actual de los datos

Los datos de superficie de ecosistemas están asociados a un mapa de ecosistemas escala 1:500.000 en una base de datos con aplicación SIG. Se encuentran disponibles para calcular el indicador sobre cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana. Actualmente se está abordando la conformación de archivos planos con estos datos.

Los datos de superficie de UER se encuentran almacenados en archivos digitales en una base de datos con aplicación SIG.

### 1.10.4. Forma de presentación de los datos

Los datos de superficie de ecosistemas están en archivos digitales asociados a un mapa de ecosistemas escala 1:500.000 y en bases de datos.

Los datos de superficie de UER se presentan en archivos digitales asociados a mapas y en bases de datos.

### 1.11. Periodicidad de los datos

En la actualidad los datos no presentan ninguna periodicidad. La necesidad de hacer seguimiento y evaluación de los recursos naturales renovables y el medio ambiente, implica el cálculo de este indicador por lo menos una vez cada cinco años con datos representativos a una escala 1:500.000 (periodicidad recomendada para los datos).

### 1.12. Posibles entidades responsables del indicador

Con datos a escala 1:500.000, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Con datos a escala 1.100.000, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI en conjunto con las corporaciones para el desarrollo sostenible y corporaciones autónomas regionales con territorio en la Amazonia colombiana. Con datos a escalas menores de 1:100.000 las corporaciones para el desarrollo sostenible, corporaciones autónomas regionales y entidades territoriales con territorio en la Amazonia colombiana.

### 1.13. Documentación relacionada con el indicador

- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-, IAVH –Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-, INVEMAR –Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives D’andreis-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, IIAP –Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico e IGAC –Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2006. *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia Escala 1:500.000*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Murcia, U., Marín, C., Alonso, J., Argüelles, J., Salazar, C., Gutiérrez, F., Domínguez, C., Trujillo, F., Ocampo, R. y Castro, W., 2003. *Diseño de la Línea Base de Información Ambiental sobre los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en la Amazonia Colombiana. Bases Conceptuales y Metodológicas*. En desarrollo del Proyecto Diseño y Operación del Sistema de Información Ambiental, la Línea Base y el Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental para Colombia adelantado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Sistema Nacional Ambiental y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 215 pp.
- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia.

### 1.14. Ejemplo numérico

### 1.15. Ejemplo gráfico

### 1.16. Observaciones

La metodología para generar el mapa de ecosistemas debe ser la misma para los diferentes períodos de tiempo.

En caso de que se decida aplicar una metodología diferente se requiere documentar los ajustes.

### 1.17. Elaborada por

Instituto Alexander von Humboldt. Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad y Unidad de Sistemas de Información Geográfica. Bogotá, mayo de 2002. Actualizada septiembre de 2003.

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Bogotá, 2003.

Ajustada por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, octubre de 2006.



## 2. Porcentaje de cambio en la superficie de ecosistemas

### 2.1. Definición del indicador

Porcentaje de Cambio en la Superficie de Ecosistemas ( $TSE_{ijt-2}$ ): Es el promedio anual de variación en la superficie que ocupa cada uno de los ecosistemas  $i$ , identificados a una cierta escala<sup>8</sup> en una determinada unidad espacial de referencia  $j^9$ , entre dos instantes de tiempo  $t^{10}$ , 1 y 2.

### 2.2. Pertinencia del indicador

Los cambios que presenta la superficie de los ecosistemas a través del tiempo están esencialmente asociados con la intervención antrópica del territorio.

En este sentido, el indicador puede interpretarse como una medida de la presión humana que se está ejerciendo sobre las UER que resultan de interés, debido a que representa una cuantificación de la velocidad con la que los ecosistemas se están transformando. La evaluación de las estimaciones del indicador permitiría identificar regiones con procesos acelerados de pérdida de ecosistemas, que contribuiría a focalizar el ejercicio de la gestión ambiental territorial.

El monitoreo permanente de la superficie de los ecosistemas permitiría, igualmente, verificar el cumplimiento de objetivos y el logro de metas que la sociedad o las institucionales ambientales se hayan propuesto alcanzar en relación con la conservación o restauración de ciertos ecosistemas estratégicos.

### 2.3. Unidad de medida del indicador

El indicador está expresado en porcentaje (%).

---

8 El número total de ecosistemas que se haya identificado depende de la escala o nivel de detalle con el que se esté trabajando y del protocolo metodológico que se emplee como referencia.

9 Una unidad espacial de referencia –UER– es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador (Murcia, et. al, 2003). Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

10 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considera representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

## 2.4. Fórmula del indicador

$$TSE_{ijt1-2} = \left( \frac{(\ln ATE_{ijt2} - \ln ATE_{ijt1})}{(t_2 - t_1)} \right).$$

Donde:

$TSE_{ijt1-2}$  es el promedio anual de variación en la superficie que ocupa el ecosistema  $i$ , en la unidad espacial de referencia  $j$  entre dos instantes de tiempo  $t_1$  y  $t_2$ .<sup>11</sup>

$ATE_{ijt1}$  y  $ATE_{ijt2}$  (variable 1), son las superficies totales (hectáreas) que ocupa el ecosistema  $i$ , en la unidad espacial de referencia  $j$  en los instantes de tiempo inicial 1 y final 2, respectivamente.

$t_1$  y  $t_2$  (variable 2), son los años correspondientes al instante de tiempo inicial 1 y final 2, respectivamente.

## 2.5. Descripción metodológica

### 2.5.1. Proceso de cálculo del indicador

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos oficiales de superficie de cada uno de los tipos de ecosistemas, para dos instantes de tiempo  $t_1$  y  $t_2$  y que, a una determinada escala, se hayan identificado como relevantes<sup>13</sup>.

El valor de la variable 1 en el tiempo inicial 1, es decir, la superficie total que ocupa el ecosistema  $i$  ( $ATE_{ijt1}$ ), se calcula sumando la superficie de todos los fragmentos que de dicho ecosistema se encuentran en la UER en  $t_1$ .

11 La presentación de este algoritmo se soporta en el supuesto de que la dinámica temporal del indicador corresponde a un modelo tipo exponencial. Con el propósito de complementar la interpretación del indicador, se recomienda acompañar su cálculo con la estimación del porcentaje de cambio registrado en la superficie del ecosistema  $i$  durante todo el período evaluado, mediante la expresión:

$$\left( \frac{ATE_{ijt2} - ATE_{ijt1}}{ATE_{ijt1}} \right) \cdot 100$$

12 Para que los datos de superficie de los ecosistemas obtenidos en los dos instantes de tiempo sean comparables, éstos deben haber sido generados para la misma escala y mediante el mismo protocolo.

13 Cuando los datos con los cuales se calcula el indicador provienen de estudios detallados (baja escala), el número total de ecosistemas identificado es mayor, precisamente por el nivel de detalle. Generalmente sucede lo contrario cuando los datos provienen de estudios generales (alta escala). Con el propósito de que los valores de estimación de este indicador calculados a diferentes escalas sean compatibles entre sí, es imprescindible que los tipos de ecosistemas definidos en estudios detallados, hagan parte de alguno de los tipos de ecosistemas definidos en estudios más generales (tipo de ecosistema de nivel superior).

Siguiendo la misma metodología, el valor de la variable 1, en el tiempo final 2, se calcula sumando la superficie de todos los fragmentos que de dicho ecosistema se encuentran en la misma UER en  $t_2$ .

Posteriormente se resta, del logaritmo natural de la superficie total del ecosistema calculada en el tiempo final 2, el logaritmo natural de la superficie total del mismo ecosistema, pero calculada en el tiempo inicial 1. A continuación se multiplica el resultado por 100.

Finalmente se divide el resultado del punto anterior por la diferencia de número de años que hay entre el tiempo final 2 y el tiempo inicial 1.

Para el cálculo de este indicador es imprescindible constatar que la superficie de la UER para la cual se está estimando, sea exactamente la misma en los períodos de tiempo 1 y 2.

$$AUER_{jt1} = AUER_{jt2}$$

Donde:

$AUER_{jt}$  es la superficie total de la unidad espacial de referencia j en la que se está calculando el indicador.

$-100 \leq TSE_{iit1-2} < \infty$ . El valor del limite inferior, -100, se obtiene de forma intuitiva, cuando la superficie total del ecosistema i, en el área de interés j identificada en el tiempo inicial 1, no se registra por completo en el tiempo final 2. Para este caso la expresión matemática no se puede calcular por cuanto el logaritmo natural de 0 es indeterminado.

El indicador toma valores negativos cuando la superficie total del ecosistema i es menor en el tiempo  $t_2$  que en el tiempo  $t_1$ . Toma el valor de 0 cuando la superficie del ecosistema i es la misma en los dos instantes de tiempo. Toma valores positivos cuando la superficie total del ecosistema es mayor en el tiempo  $t_2$  que en el tiempo  $t_1$ .

#### 2.5.2. Presentación de resultados

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan los diferentes tipos de ecosistemas con superficie en la UER y en las columnas los períodos de tiempo para los cuales se estimó el valor de la variable 1 y el valor del indicador o inclusive un conjunto de UER entre las cuales resulta interesante comparar los valores arrojados por el indicador. En el cuerpo de la matriz se consignan las superficies totales de cada uno de los ecosistemas i en los dos instantes de tiempo, el promedio anual de variación en la superficie que ocupa cada uno de los ecosistemas y el porcentaje de cambio registrado para cada ecosistema durante todo el período evaluado.

Para facilitar la interpretación de los resultados, se puede emplear un método de conformación de clases mediante el cual se evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador para los diferentes ecosistemas<sup>14</sup>.

Resulta igualmente conveniente, ilustrar los datos en una gráfica que muestre el porcentaje que representa el porcentaje de cambio en la superficie ocupada por cada uno de los ecosistemas en una determinada UER.

La aplicación de un método de conformación de clases permite clasificar los datos arrojados por la estimación del indicador para las diferentes UER en unas pocas categorías, siendo factible presentarlas en un mapa, de forma que resulte especialmente ilustrativa la identificación de zonas que presenten alto o bajo porcentaje de cambio en la superficie cubierta por ciertos tipos de ecosistemas.

### 2.5.3. Limitación del indicador

El valor arrojado por el cálculo del indicador depende de la escala de trabajo y de la unidad mínima cartografiable, de tal manera que la UER para la cual se ha calculado el indicador, puede presentar ecosistemas que, por cubrir superficies muy pequeñas, no alcanzan a quedar identificados a ciertas escalas. Por esta misma razón, la UER puede haber presentado pequeños cambios en la superficie de ecosistemas que no son percibidos mediante un cambio de valor en el indicador.

Para que la comparación temporal de los datos sea viable, ésta debe realizarse confrontando datos obtenidos para exactamente el mismo territorio. El hecho de que los territorios de algunos tipos de UER cambian con cierta frecuencia (v. g. entidades territoriales, especialmente los municipios), obliga que se hagan ajustes para garantizar que los valores del indicador hayan sido obtenidos para exactamente el mismo territorio.

Los datos disponibles para la estimación del indicador permiten relacionar expresiones de la superficie de los ecosistemas registradas en dos instantes de tiempo diferentes, pero no ofrecen información respecto de la dinámica que caracteriza la transformación de la situación en  $t_1$  a la situación en  $t_2$ . El empleo del algoritmo mediante el cual se estima el indicador da por supuesto que esta dinámica desconocida presenta un comportamiento de tipo exponencial lo cual no es necesariamente cierto. La utilización de esta expresión obedece al interés de mostrar los valores del indicador ponderados por unidad de tiempo (año), y este algoritmo presenta un soporte teórico más sólido que otras expresiones alternas (Puyravaud, 2003).

---

14 Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver IAvH, 2005. Archivo de hojas metodológicas. Versión 1.03. Fecha de actualización: Noviembre de 2005. Bogotá, Colombia. 94 pp.

## 2.6. Cobertura

El indicador no ha sido calculado a la fecha, no obstante, actualmente se está generando parte de los datos requeridos para su estimación en cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana.

## 2.7. Escala

El indicador puede ser calculado para una amplia variedad de escalas. Los datos que actualmente se están generando provienen de un estudio a escala 1:500.000.

## 2.8. Relación con otros indicadores

La información fuente empleada para el cálculo del indicador de porcentaje de cambio en la cobertura de la tierra, constituye uno de los principales insumos requeridos para el cálculo de este indicador.

Con el propósito de explorar correlaciones que expliquen el comportamiento de los valores arrojados por el cálculo del indicador de cambio en la superficie de ecosistemas, generalmente éste es comparado con indicadores de flujo diseñados para evidenciar el comportamiento de: i) presiones de carácter antrópico potencialmente nocivas para la conservación y restauración de ciertos ecosistemas y ii) acciones de respuesta de la sociedad o las institucionales ambientales que buscan revertir o contrarrestar dichos efectos nocivos.

## 2.9. Fuente de los datos

Los datos de las dos variables involucradas en la estimación del indicador provienen del mapeo de ecosistemas realizado para toda la Amazonía colombiana a una escala 1:500.000 el cual actualmente solo dispone de información para el año 2001. La fuente de los datos es:

- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-, IAvH –Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-, INVEMAR –Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives D’andreis-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, IIAP –Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico e IGAC –Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2006. *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia Escala 1:500.000*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia.

## 2.10. Disponibilidad de los datos

### 2.10.1. Existencia de series históricas

Ninguna de las variables involucradas en el cálculo del indicador cuenta con series históricas.

### 2.10.2. Nivel de actualización de los datos

Los datos de superficie de ecosistemas han sido calculados para el año 2001 (mosaico de imágenes de satélite correspondientes al período 1999-2003). La estimación del indicador requiere disponer de datos de superficie de ecosistemas para otro período de tiempo.

### 2.10.3. Estado actual de los datos

Los datos de superficie de ecosistemas están asociados a un mapa de ecosistemas escala 1:500.000 en una base de datos con aplicación SIG. Actualmente se está abordando la conformación de archivos planos con estos datos. Para calcular el indicador se requiere disponer de datos de superficie de ecosistemas para otro período de tiempo.

### 2.10.4. Forma de presentación de los datos

Los datos de superficie de ecosistemas están en archivos digitales asociados a un mapa de ecosistemas escala 1:500.000 y en bases de datos.

## 2.11. Periodicidad de los datos

En la actualidad los datos no presentan ninguna periodicidad. La necesidad de hacer seguimiento y evaluación de los recursos naturales renovables y el medio ambiente, implica el cálculo de este indicador por lo menos una vez cada cinco años con datos representativos a una escala 1:500.000 (periodicidad recomendada para los datos).

## 2.12. Posibles entidades responsables del indicador

Con datos a escala 1:500.000, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Con datos a escala 1:100.000, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI en conjunto con las corporaciones para el desarrollo sostenible y corporaciones autónomas regionales con territorio en la Amazonia colombiana. Con datos a escalas menores de 1:100.000 las corporaciones para el desarrollo sostenible, corporaciones autónomas regionales y entidades territoriales con territorio en la Amazonia colombiana.

### 2.13. Documentación relacionada con el indicador

- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-, IAvH –Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-, INVEMAR –Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives D’andrei-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, IIAP –Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico e IGAC –Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2006. *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia Escala 1:500.000*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Murcia, U., Marín, C., Alonso, J., Argüelles, J., Salazar, C., Gutiérrez, F., Domínguez, C., Trujillo, F., Ocampo, R. y Castro, W., 2003. *Diseño de la Línea Base de Información Ambiental sobre los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en la Amazonia Colombiana. Bases Conceptuales y Metodológicas*. En desarrollo del Proyecto Diseño y Operación del Sistema de Información Ambiental, la Línea Base y el Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental para Colombia adelantado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Sistema Nacional Ambiental y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 215 pp.
- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia.
- Puyravaud, J. P., 2003. *Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation*. Forest Ecology and Management 117: 593-596.

### 2.14. Ejemplo numérico

### 2.15. Ejemplo gráfico

### 2.16. Observaciones

La metodología para generar el mapa de ecosistemas debe ser la misma para los diferentes períodos de tiempo.

En caso de que se decida aplicar una metodología diferente se requiere documentar los ajustes.

## 2.17. Elaborada por

Instituto Alexander von Humboldt. Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad y Unidad de Sistemas de Información Geográfica. Bogotá, mayo de 2002. Actualizada septiembre de 2003.

Ajustada por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, diciembre de 2006.



### 3. Número de fragmentos de un ecosistema

#### 3.1. Definición del indicador

Número de Fragmentos de un Ecosistema ( $NFE_{hij}$ ): Es el número de parches o fragmentos h de un mismo ecosistema i, identificado a una cierta escala<sup>15</sup> en la unidad espacial de referencia j<sup>16</sup>, en el tiempo t<sup>17</sup>.

#### 3.2. Pertinencia del indicador

Los ecosistemas constituyen uno de los componentes tangibles y una de las formas en que se manifiesta la diversidad biológica<sup>18</sup>.

La fragmentación de ecosistemas es entendida como la división de un hábitat originalmente continuo en relictos remanentes inmersos en una matriz transformada. Esta fragmentación es considerada una de las principales causantes de grandes cambios en el ambiente físico-biótico, en donde la composición, estructura y función original de los ecosistemas se han alterado (v. g. pérdida en la conectividad, creación de bordes sobre el hábitat, o aislamiento de fragmentos) provocando dinámicas muy diferentes sobre las poblaciones biológicas que allí se sustentan (Terborgh, 1989; Whitcom et al, 1981). Estos cambios inciden sobre la composición y abundancia de las especies en los ecosistemas e incrementan su vulnerabilidad.

La cuantificación del número de fragmentos de un mismo ecosistema, contribuye a construir una visión de la estructura o configuración actual del ecosistema<sup>19</sup>.

La fragmentación que presentan los ecosistemas en un determinado momento y su evolución a través del tiempo, a pesar de que son reflejo de la interacción de un conjunto diverso de factores abióticos y bióticos, están esencialmente asociados con la intervención antrópica del territorio.

En este sentido, el indicador puede interpretarse como una medida del estado o condición actual de los ecosistemas, pero también como una cuantificación de la presión humana que

---

15 El número total de fragmentos de los ecosistemas que se haya identificado depende de la escala o nivel de detalle con el que se esté trabajando y del protocolo metodológico que se emplee como referencia.

16 Una unidad espacial de referencia -UER- es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador (Murcia, et. al, 2003). Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

17 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considera representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

18 Política Nacional de Biodiversidad (República de Colombia, 1995).

19 La configuración de un ecosistema se puede construir con la ayuda de un conjunto de indicadores que miden diferentes características de la fragmentación y composición del ecosistema y que se complementan entre sí.

se ha ejercido o se está ejerciendo sobre las UER que resultan de interés. El monitoreo de la fragmentación permite identificar la forma y velocidad con la que se están transformando los ecosistemas. La evaluación de las estimaciones del indicador permitiría identificar regiones con procesos acelerados de deterioro, lo que contribuiría a focalizar el ejercicio de la gestión ambiental territorial.

### 3.3. Unidad de medida del indicador

El indicador está expresado en número de fragmentos.

### 3.4. Fórmula del indicador

$$NFE_{hijt} = \sum_{h=1}^m m_{hijt}$$

Donde:

$NFE_{hijt}$  es el número de fragmentos  $h$  del ecosistema  $i$  en la unidad espacial de referencia  $j$  en el tiempo  $t$ .

$m_{hijt}$  es uno de los fragmentos  $h$  de un mismo ecosistema  $i$ , presente en la unidad espacial de referencia  $j$  en el tiempo  $t$ .

### 3.5. Descripción metodológica

#### 3.5.1. Proceso de cálculo del indicador

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos oficiales de tipos de ecosistemas identificados a una determinada escala, asociados a un mapa de ecosistemas<sup>20</sup>.

El número de fragmentos ( $m_{hijt}$ ), de un mismo ecosistema  $i$ , se calcula sumando todos los fragmentos que de ese ecosistema se encuentran en la UER.

$NFE_{hijt} \geq 0$ . El indicador es 0 cuando en la UER  $j$  en el tiempo  $t$  no se encuentra ningún fragmento del ecosistema  $i$  y aumenta a medida que se incrementa el número de fragmentos de dicho ecosistema en la UER.

20 Cuando los datos con los cuales se calcula el indicador provienen de estudios detallados (baja escala), el número total de ecosistemas identificado es mayor, precisamente por el nivel de detalle. Generalmente sucede lo contrario cuando los datos provienen de estudios generales (alta escala). Con el propósito de que los valores de estimación de este indicador calculados a diferentes escalas sean compatibles entre sí, es imprescindible que los tipos de ecosistemas definidos en estudios detallados, hagan parte de alguno de los tipos de ecosistemas definidos en estudios más generales (tipo de ecosistema de nivel superior).

Cuando se presente el interés de comparar los valores de este indicador, calculados para una misma UER en diferentes períodos de tiempo, resulta imprescindible constatar que la superficie de la UER es exactamente la misma en todos los casos.

### 3.5.2. Presentación de resultados

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones, en cuyas filas se consignan los diferentes ecosistemas presentes en las UER que resulta de interés comparar respecto al número de fragmentos de los ecosistemas y en las columnas, los períodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador. En el cuerpo de la matriz se consigna el número de fragmentos identificado en cada caso junto con el valor de otros indicadores de fragmentación.

Para facilitar la comparación de los resultados entre diferentes ecosistemas y UER, se puede emplear un método de conformación de clases que evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador en los diferentes casos<sup>21</sup>.

Resulta igualmente conveniente, ilustrar los datos en una gráfica que muestre, para cada uno de los diferentes ecosistemas presentes en la UER, el número de fragmentos que posee.

La aplicación de un método de conformación de clases permite clasificar los datos arrojados por la estimación del indicador para las diferentes UER en unas pocas categorías, siendo factible presentarlas en un mapa, de forma que resulte especialmente ilustrativa la identificación de zonas con valores altos o bajos de número de fragmentos para ciertos tipos de ecosistemas.

### 3.5.3. Limitación del indicador

El valor arrojado por el cálculo del indicador depende de la escala de trabajo y de la unidad mínima cartografiada, de tal manera que la UER para la cual se ha calculado el indicador, puede presentar ecosistemas y fragmentos que, por cubrir superficies muy pequeñas, no alcanzan a quedar identificados a ciertas escalas.

Para que la comparación temporal de los datos arrojados por el cálculo de este indicador sea viable, ésta debe realizarse confrontando las estimaciones del indicador, calculado para exactamente el mismo territorio. El hecho de que los territorios de algunos tipos de UER cambian con cierta frecuencia (v. g. entidades territoriales, especialmente los municipios), obliga que se hagan ajustes para garantizar que los valores del indicador que se desean comparar hayan sido obtenidos para exactamente el mismo territorio.

Este indicador por sí solo no permite construir una visión de la estructura o configuración actual de los ecosistemas, lo cual requiere el cálculo y análisis de un conjunto de indicadores

---

21 Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver IAvH, 2005. Archivo de hojas metodológicas. Versión 1.03. Fecha de actualización: Noviembre de 2005. Bogotá. Colombia. 94 pp.

de fragmentación de los ecosistemas, que preferiblemente hayan sido relacionados en una única expresión, conformando un índice de fragmentación de ecosistemas.

### 3.6. Cobertura

Se dispone de datos para el cálculo del indicador para cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana para el año 2001<sup>22</sup> a escala 1:500.000.

### 3.7. Escala

El indicador puede ser calculado para una amplia variedad de escalas. Los datos disponibles para el año 2001 han sido obtenidos a partir de un estudio a escala 1:500.000.

### 3.8. Relación con otros indicadores

El cálculo de este indicador en diferentes períodos de tiempo, permite disponer de un indicador de flujo que da cuenta de los cambios temporales presentados en el número de fragmentos de los ecosistemas.

El indicador de número de fragmentos se complementa con otros indicadores de fragmentación tales como: tamaño medio de los fragmentos, coeficiente de variación del tamaño medio de los fragmentos, relación media área/perímetro de los fragmentos y distancia media al fragmento vecino más cercano, entre otros, cuyo análisis debe realizarse de manera integral, preferiblemente mediante el uso de una única expresión que los interrelacione en un índice de fragmentación de ecosistemas.

Los Institutos SINCHI y Alexander von Humboldt, de manera individual han realizado propuestas y avances en la conformación de un índice de estas características, pero se requiere de validación adicional para que puedan ser finalmente consideradas. El indicador propuesto por el Instituto SINCHI, denominado índice de fragmentación de bosques por paisaje, se considera íntimamente relacionado con otros indicadores de fragmentación.

El indicador de número de fragmentos es complementario de aquellos que buscan medir otras características de estado de los ecosistemas tales como superficie y diversidad. Para el caso de ecosistemas boscosos se complementa con la información arrojada por un indicador que mida el estado de salud de la vegetación de este tipo de ecosistemas.

---

22 Los datos de cobertura de la tierra utilizados como uno de los insumos del mapa de ecosistemas, que a su vez constituyen la fuente de los datos de cobertura de ecosistemas, han sido obtenidos a partir de la interpretación de un mosaico de imágenes de satélite correspondientes al período 1999-2003.

También se relaciona con indicadores de caracterización de la población humana asociada a los ecosistemas, tales como densidad, distribución y condiciones de vida de la población, con los cuales hay evidencia de correlación, la cual es explicada por la significativa serie de demandas que ciertos niveles de población humana generan sobre los ecosistemas con los cuales interactúa.

### 3.9. Fuente de los datos

Los datos disponibles provienen del mapeo de ecosistemas realizado para toda la Amazonía colombiana a una escala 1:500.000. La fuente es:

- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-, IAvH –Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-, INVEMAR –Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives D’andreis-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, IIAP –Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico e IGAC –Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2006. *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia Escala 1:500.000*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia.

### 3.10. Disponibilidad de los datos

#### 3.10.1. Existencia de series históricas

No se cuenta con series históricas.

#### 3.10.2. Nivel de actualización de los datos

Los datos de número de fragmentos de ecosistemas han sido calculados para el año 2001 (mosaico de imágenes de satélite correspondientes al período 1999-2003).

#### 3.10.3. Estado actual de los datos

Los datos de número de fragmentos de ecosistemas están asociados a un mapa de ecosistemas escala 1:500.000 en una base de datos con aplicación SIG. Se encuentran disponibles para calcular el indicador sobre cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana. Actualmente se está abordando la conformación de archivos planos con estos datos.

#### 3.10.4. Forma de presentación de los datos

Los datos de número de fragmentos de ecosistemas están en archivos digitales asociados a un mapa de ecosistemas escala 1:500.000 y en bases de datos.

### 3.11. Periodicidad de los datos

En la actualidad los datos no presentan ninguna periodicidad. La necesidad de hacer seguimiento y evaluación de los recursos naturales renovables y el medio ambiente, implica el cálculo de este indicador por lo menos una vez cada cinco años con datos representativos a una escala 1:500.000 (periodicidad recomendada para los datos).

### 3.12. Posibles entidades responsables del indicador

Con datos a escala 1:500.000, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Con datos a escala 1.100.000, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI en conjunto con las corporaciones para el desarrollo sostenible y corporaciones autónomas regionales con territorio en la Amazonia colombiana. Con datos a escalas menores de 1:100.000 las corporaciones para el desarrollo sostenible, corporaciones autónomas regionales y entidades territoriales con territorio en la Amazonia colombiana.

### 3.13. Documentación relacionada con el indicador

- Gascon, C., T. E. Lovejoy, R.O. Bierregaard (Jr.), J.R. Malcolm, P. C., Stouffer, H. L. Vasconcelos, W. F. Laurance, B. Zimmerman, M. Tocher and Borges S. *Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants*. Biological Conservation 91(2): 223-229.
- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-, IAvH –Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-, INVEMAR –Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives D’andreis-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, IIAP –Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico e IGAC –Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2006. *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia Escala 1:500.000*. Bogotá, D. C. Colombia.
- MacGarigal. K. and B.D. Marks, 1995. *Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, U.S. Department of Agriculture and Forest.
- Murcia, U., Marín, C., Alonso, J., Argüelles, J., Salazar, C., Gutiérrez, F., Domínguez, C., Trujillo, F., Ocampo, R. y Castro, W., 2003. *Diseño de la Línea Base de Información Ambiental sobre los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en la Amazonia Colombiana. Bases Conceptuales y Metodológicas*. En desarrollo del Proyecto Diseño y Operación del Sistema de Información Ambiental, la Línea Base y el Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental para Colombia adelantado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Sistema Nacional Ambiental y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 215 pp.

- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia.
- Rudas, G., D. Armenteras, S. M. Sua y N. Rodríguez, 2002. *Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana. Informe Final de Resultados*. Proyecto Diseño e Implementación del Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana. Instituto Humboldt, CDA, Corpoamazonia, Cormacarena, Instituto SINCHI, Unidad de Parques, Ministerio del Medio Ambiente (Crédito BID 774 OC/CO), Bogotá, D. C. Colombia. (114 pp + 6 documentos anexos).
- Terborgh, J., 1989. *Where have all the birds gone?* New Jersey: Princeton University press.
- Whitcom, R.F., C.S. Robbins and J. F. Lynch, 1981. *Effects of forest fragmentation on avifauna of the eastern deciduous forest*. In: Burgess, R.L. and D. M. Sharpe (ed) *Forest island dynamics in a man-dominated landscapes*. New York: Springer-Verlang: 125-205.

### 3.14. Ejemplo numérico

### 3.15. Ejemplo gráfico

### 3.16. Observaciones

La metodología para generar el mapa de ecosistemas debe ser la misma para los diferentes períodos de tiempo.

En caso de que se decida aplicar una metodología diferente se requiere documentar los ajustes.

### 3.17. Elaborada por

Instituto Alexander von Humboldt. Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad y Unidad de Sistemas de Información Geográfica. Bogotá, mayo de 2002. Actualizada septiembre de 2003.

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Bogotá, 2003.

Ajustada por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, diciembre de 2006.

## 4. Tamaño medio de los fragmentos de un ecosistema

### 4.1. Definición del indicador

Tamaño Medio de los Fragmentos de un Ecosistema ( $TMFE_{hij}$ ): Es el promedio aritmético de las superficies de los parches o fragmentos  $h$  de un mismo ecosistema  $i$ , identificados a una cierta escala<sup>23</sup> en la unidad espacial de referencia  $j$ <sup>24</sup>, en el tiempo  $t$ <sup>25</sup>.

### 4.2. Pertinencia del indicador

Los ecosistemas constituyen uno de los componentes tangibles y una de las formas en que se manifiesta la diversidad biológica<sup>26</sup>.

La fragmentación de ecosistemas es entendida como la división de un hábitat originalmente continuo en relictos remanentes inmersos en una matriz transformada. Esta fragmentación es considerada una de las principales causantes de grandes cambios en el ambiente físico-biótico, en donde la composición, estructura y función original de los ecosistemas se han alterado (v. g. pérdida en la conectividad, creación de bordes sobre el hábitat, o aislamiento de fragmentos) provocando dinámicas muy diferentes sobre las poblaciones biológicas que allí se sustentan (Terborgh, 1989; Whitcom et al, 1981). Estos cambios inciden sobre la composición y abundancia de las especies en los ecosistemas e incrementan su vulnerabilidad.

La cuantificación del tamaño medio de los fragmentos de un mismo ecosistema, contribuye a construir una visión de la estructura o configuración actual del ecosistema<sup>27</sup>.

La fragmentación que presentan los ecosistemas en un determinado momento y su evolución a través del tiempo, a pesar de que son reflejo de la interacción de un conjunto diverso de factores abióticos y bióticos, están esencialmente asociados con la intervención antrópica del territorio.

En este sentido, el indicador puede interpretarse como una medida del estado o condición actual de los ecosistemas, pero también como una cuantificación de la presión humana que

23 El número total de fragmentos de los ecosistemas que se haya identificado depende de la escala o nivel de detalle con el que se esté trabajando y del protocolo metodológico que se emplee como referencia.

24 Una unidad espacial de referencia –UER– es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador (Murcia, et. al, 2003). Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

25 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considera representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

26 Política Nacional de Biodiversidad (República de Colombia, 1995).

27 La configuración de un ecosistema se puede construir con la ayuda de un conjunto de indicadores que miden diferentes características de la fragmentación y composición del ecosistema y que se complementan entre sí.



se ha ejercido o se está ejerciendo sobre las UER que resultan de interés. El monitoreo de la fragmentación permite identificar la forma y velocidad con la que se están transformando los ecosistemas. La evaluación de las estimaciones del indicador permitiría identificar regiones con procesos acelerados de deterioro, lo que contribuiría a focalizar el ejercicio de la gestión ambiental territorial.

### 4.3. Unidad de medida del indicador

El indicador está expresado en hectáreas (Ha).

### 4.4. Fórmula del indicador

$$TMFE_{hijt} = \frac{\sum_{h=1}^m ATF_{hijt}}{NFE_{hijt}}$$

Donde:

$TMFE_{hijt}$  es el tamaño medio de los fragmentos h del ecosistema i en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$ATF_{hijt}$  (variable 1), es la superficie total (hectáreas) que ocupa el fragmento h del ecosistema i, en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$NFE_{hijt}$  (variable 2), es el número de fragmentos h del ecosistema i en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

### 4.5. Descripción metodológica

#### 4.5.1. Proceso de cálculo del indicador

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos oficiales de tipos de ecosistemas identificados a una determinada escala, asociados a un mapa de ecosistemas<sup>28</sup>.

El valor de la variable 1, es decir, la superficie total que ocupan los fragmentos de un ecosistema ( $ATF_{hijt}$ ), se calcula sumando la superficie de todos los fragmentos que de dicho ecosistema se encuentran en la UER.

<sup>28</sup> Cuando los datos con los cuales se calcula el indicador provienen de estudios detallados (baja escala), el número total de ecosistemas identificado es mayor, precisamente por el nivel de detalle. Generalmente sucede lo contrario cuando los datos provienen de estudios generales (alta escala). Con el propósito de que los valores de estimación de este indicador calculados a diferentes escalas sean compatibles entre sí, es imprescindible que los tipos de ecosistemas definidos en estudios detallados, hagan parte de alguno de los tipos de ecosistemas definidos en estudios más generales (tipo de ecosistema de nivel superior).

El valor de la variable 2 ( $NFE_{hijt}$ ), se obtiene sumando todos los fragmentos que de ese ecosistema se encuentran en la UER.

La estimación del valor del indicador para cada uno de los ecosistemas ( $TMFE_{hijt}$ ), se determina dividiendo el valor de la superficie total de los fragmentos de cada ecosistema sobre el número de fragmentos de cada ecosistema.

$TMFE_{hijt} > 0$ . El indicador tiende a 0 cuando el tamaño de los fragmentos  $h$  del ecosistema  $i$  en la UER  $j$  en el tiempo  $t$ , es en promedio muy pequeño y/o el número de fragmentos es muy grande (ecosistemas muy fragmentados), y aumenta a medida que se incrementa el tamaño de los fragmentos de dicho ecosistema en la unidad.

#### 4.5.2. Presentación de resultados

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan los diferentes ecosistemas presentes en las UER que resulta de interés comparar respecto al tamaño medio de los fragmentos de los ecosistemas y en las columnas, los períodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador. En el cuerpo de la matriz se consigna el tamaño medio de los fragmentos calculado en cada caso junto con el valor de otros indicadores de fragmentación.

Para facilitar la comparación de los resultados entre diferentes ecosistemas y UER, se puede emplear un método de conformación de clases que evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador en los diferentes casos<sup>29</sup>.

Resulta igualmente conveniente, ilustrar los datos en una gráfica que muestre, para cada uno de los diferentes ecosistemas presentes en la UER, el tamaño medio de los fragmentos que posee.

La aplicación de un método de conformación de clases permite clasificar los datos arrojados por la estimación del indicador para las diferentes UER en unas pocas categorías, siendo factible presentarlas en un mapa, de forma que resulte especialmente ilustrativa la identificación de zonas con valores altos o bajos de tamaño medio de los fragmentos para ciertos tipos de ecosistemas.

#### 4.5.3. Limitación del indicador

El valor arrojado por el cálculo del indicador depende de la escala de trabajo y de la unidad mínima cartografiada, de tal manera que la UER para la cual se ha calculado el indicador, puede presentar ecosistemas y fragmentos que, por cubrir superficies muy pequeñas, no alcanzan a quedar identificados a ciertas escalas.

Para que la comparación temporal de los datos arrojados por el cálculo de este indicador sea viable, ésta debe realizarse confrontando las estimaciones del indicador, calculado para exac-

<sup>29</sup> Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver IAvH, 2005. *Archivo de hojas metodológicas. Versión 1.03. Fecha de actualización: Noviembre de 2005*. Bogotá. Colombia. 94 pp.

tamente el mismo territorio. El hecho de que los territorios de algunos tipos de UER cambian con cierta frecuencia (v. g. entidades territoriales, especialmente los municipios), obliga que se hagan ajustes para garantizar que los valores del indicador que se desean comparar hayan sido obtenidos para exactamente el mismo territorio.

Este indicador por sí solo no permite construir una visión de la estructura o configuración actual de los ecosistemas, lo cual requiere el cálculo y análisis de un conjunto de indicadores de fragmentación de los ecosistemas, que preferiblemente hayan sido relacionados en una única expresión, conformando un índice de fragmentación de ecosistemas.

#### 4.6. Cobertura

Se dispone de datos para el cálculo del indicador para cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana para el año 2001<sup>30</sup> a escala 1:500.000.

#### 4.7. Escala

El indicador puede ser calculado para una amplia variedad de escalas. Los datos disponibles para el año 2001 han sido obtenidos a partir de un estudio a escala 1:500.000.

#### 4.8. Relación con otros indicadores

El cálculo de este indicador en diferentes períodos de tiempo, permite disponer de un indicador de flujo que da cuenta de los cambios temporales presentados en el tamaño medio de los fragmentos de los ecosistemas.

El indicador de tamaño medio de los fragmentos se complementa con otros indicadores de fragmentación tales como: número de fragmentos, coeficiente de variación del tamaño medio de los fragmentos, relación media área/perímetro de los fragmentos y distancia media al fragmento vecino más cercano, entre otros, cuyo análisis debe realizarse de manera integral, preferiblemente mediante el uso de una única expresión que los interrelacione en un índice de fragmentación de ecosistemas.

Los Institutos SINCHI y Alexander von Humboldt, de manera individual han realizado propuestas y avances en la conformación de un índice de estas características, pero se requiere de validación adicional para que puedan ser finalmente consideradas. El indicador propuesto por el Instituto SINCHI, denominado índice de fragmentación de bosques por paisaje, se considera íntimamente relacionado con otros indicadores de fragmentación.

<sup>30</sup> Los datos de cobertura de la tierra utilizados como uno de los insumos del mapa de ecosistemas, que a su vez constituyen la fuente de los datos de cobertura de ecosistemas, han sido obtenidos a partir de la interpretación de un mosaico de imágenes de satélite correspondientes al período 1999-2003.

El indicador de tamaño medio de los fragmentos es complementario de aquellos que buscan medir otras características de estado de los ecosistemas tales como superficie y diversidad. Para el caso de ecosistemas boscosos se complementa con la información arrojada por un indicador que mida el estado de salud de la vegetación de este tipo de ecosistemas.

También se relaciona con indicadores de caracterización de la población humana asociada a los ecosistemas, tales como densidad, distribución y condiciones de vida de la población, con los cuales hay evidencia de correlación, la cual es explicada por la significativa serie de demandas que ciertos niveles de población humana generan sobre los ecosistemas con los cuales interactúa.

#### 4.9. Fuente de los datos

Los datos disponibles provienen del mapeo de ecosistemas realizado para toda la Amazonía colombiana a una escala 1:500.000. La fuente es:

- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-, IAvH –Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-, INVEMAR –Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives D’andrei-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, IIAP –Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico e IGAC –Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2006. *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia Escala 1:500.000*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia.

#### 4.10. Disponibilidad de los datos

##### 4.10.1. Existencia de series históricas

Para ninguna de las dos variables involucradas en el cálculo del indicador se cuenta con series históricas.

##### 4.10.2. Nivel de actualización de los datos

Los datos de superficie y número de fragmentos de ecosistemas están asociados a un mapa de ecosistemas escala 1:500.000 en una base de datos con aplicación SIG. Se encuentran disponibles para calcular el indicador sobre cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana. Actualmente se está abordando la conformación de archivos planos con estos datos.

#### 4.10.3. Estado actual de los datos

Los datos están asociados a un mapa de ecosistemas escala 1:500.000. Se encuentran disponibles para calcular el indicador sobre cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana. Actualmente se está abordando la conformación de archivos planos con los datos.

#### 4.10.4. Forma de presentación de los datos

Los datos de superficie y número de fragmentos de ecosistemas están en archivos digitales asociados a un mapa de ecosistemas escala 1:500.000 y en bases de datos.

### 4.11. Periodicidad de los datos

En la actualidad los datos no presentan ninguna periodicidad. La necesidad de hacer seguimiento y evaluación de los recursos naturales renovables y el medio ambiente, implica el cálculo de este indicador por lo menos una vez cada cinco años con datos representativos a una escala 1:500.000 (periodicidad recomendada para los datos).

### 4.12. Posibles entidades responsables del indicador

Con datos a escala 1:500.000, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Con datos a escala 1.100.000, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI en conjunto con las corporaciones para el desarrollo sostenible y corporaciones autónomas regionales con territorio en la Amazonia colombiana. Con datos a escalas menores de 1:100.000 las corporaciones para el desarrollo sostenible, corporaciones autónomas regionales y entidades territoriales con territorio en la Amazonia colombiana.

### 4.13. Documentación relacionada con el indicador

- Gascon, C., T. E. Lovejoy, R.O. Bierregaard (Jr.), J.R. Malcolm, P. C., Stouffer, H. L. Vasconcelos, W. F. Laurance, B. Zimmerman, M. Tocher and Borges S. *Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants*. Biological Conservation 91(2): 223-229.
- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-, IAvH –Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-, INVEMAR –Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives D’andreis-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, IIAP –Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico e IGAC –Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2006. *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia Escala 1:500.000*. Bogotá, D. C. Colombia.

- MacGarigal, K. and B.D. Marks, 1995. *Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, U.S. Department of Agriculture and Forest.
- Murcia, U., Marín, C., Alonso, J., Argüelles, J., Salazar, C., Gutiérrez, F., Domínguez, C., Trujillo, F., Ocampo, R. y Castro, W., 2003. *Diseño de la Línea Base de Información Ambiental sobre los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en la Amazonia Colombiana. Bases Conceptuales y Metodológicas*. En desarrollo del Proyecto Diseño y Operación del Sistema de Información Ambiental, la Línea Base y el Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental para Colombia adelantado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Sistema Nacional Ambiental y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 215 pp.
- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia.
- Rudas, G., D. Armenteras, S. M. Sua y N. Rodríguez, 2002. *Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana. Informe Final de Resultados*. Proyecto Diseño e Implementación del Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana. Instituto Humboldt, CDA, Corpoamazonia, Cormacarena, Instituto SINCHI, Unidad de Parques, Ministerio del Medio Ambiente (Crédito BID 774 OC/CO), Bogotá, D. C. Colombia. (114 pp + 6 documentos anexos).
- Terborgh, J., 1989. *Where have all the birds gone?* New Jersey: Princeton University press.
- Whitcom, R.F., C.S. Robbins and J. F. Lynch, 1981. *Effects of forest fragmentation on avifauna of the eastern deciduous forest*. In: Burgess, R.L. and D. M. Sharpe (ed) *Forest island dynamics in a man-dominated landscapes*. New York: Springer-Verlang: 125-205.

#### 4.14. Ejemplo numérico

#### 4.15. Ejemplo gráfico

#### 4.16. Observaciones

La metodología para generar el mapa de ecosistemas debe ser la misma para los diferentes periodos de tiempo.

En caso de que se decida aplicar una metodología diferente se requiere documentar los ajustes.

#### 4.17. Elaborada por

Instituto Alexander von Humboldt. Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad y Unidad de Sistemas de Información Geográfica. Bogotá, mayo de 2002. Actualizada septiembre de 2003.

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Bogotá, 2003.

Ajustada por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, diciembre de 2006.

## 5. Distancia media al fragmento vecino más cercano

### 5.1. Definición del indicador

Distancia Media al Fragmento vecino más Cercano ( $DMFV_{hijt}$ ): Es el promedio aritmético de las distancias que separan los parches o fragmentos  $h$  de un mismo ecosistema  $i$  (de su parche o fragmento vecino más cercano), identificados a una cierta escala<sup>31</sup> en la unidad espacial de referencia  $j$ <sup>32</sup>, en el tiempo  $t$ <sup>33</sup>.

### 5.2. Pertinencia del indicador

Los ecosistemas constituyen uno de los componentes tangibles y una de las formas en que se manifiesta la diversidad biológica<sup>34</sup>.

La fragmentación de ecosistemas es entendida como la división de un hábitat originalmente continuo en relictos remanentes inmersos en una matriz transformada. Esta fragmentación es considerada una de las principales causantes de grandes cambios en el ambiente físico-biótico, en donde la composición, estructura y función original de los ecosistemas se han alterado (v. g. pérdida en la conectividad, creación de bordes sobre el hábitat, o aislamiento de fragmentos) provocando dinámicas muy diferentes sobre las poblaciones biológicas que allí se sustentan (Terborgh, 1989; Whitcom et al, 1981). Estos cambios inciden sobre la composición y abundancia de las especies en los ecosistemas e incrementan su vulnerabilidad.

La cuantificación de la distancia media que separa los fragmentos de un mismo ecosistema de sus vecinos más cercanos, contribuye a construir una visión de la estructura o configuración actual del ecosistema<sup>35</sup>.

La fragmentación que presentan los ecosistemas en un determinado momento y su evolución a través del tiempo, a pesar de que son reflejo de la interacción de un conjunto diverso de factores abióticos y bióticos, están esencialmente asociados con la intervención antrópica del territorio.

---

31 El número total de fragmentos de los ecosistemas que se haya identificado depende de la escala o nivel de detalle con el que se esté trabajando y del protocolo metodológico que se emplee como referencia.

32 Una unidad espacial de referencia –UER– es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador (Murcia, et. al, 2003). Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

33 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considera representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

34 Política Nacional de Biodiversidad (República de Colombia, 1995).

35 La configuración de un ecosistema se puede construir con la ayuda de un conjunto de indicadores que miden diferentes características de la fragmentación y composición del ecosistema y que se complementan entre sí.



En este sentido, el indicador puede interpretarse como una medida del estado o condición actual de los ecosistemas, pero también como una cuantificación de la presión humana que se ha ejercido o se está ejerciendo sobre las UER que resultan de interés. El monitoreo de la fragmentación permite identificar la forma y velocidad con la que se están transformando los ecosistemas. La evaluación de las estimaciones del indicador permitiría identificar regiones con procesos acelerados de deterioro, lo que contribuiría a focalizar el ejercicio de la gestión ambiental territorial.

### 5.3. Unidad de medida del indicador

El indicador está expresado en metros (m).

### 5.4. Fórmula del indicador

$$DMFV_{hijt} = \frac{\sum_{h=1}^m DFV_{hijt}}{NFE_{hijt}}$$

Donde:

$DMFV_{hijt}$  es el promedio de las distancias que separan los fragmentos h (de su fragmento vecino más cercano), del ecosistema i, en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$DFV_{hijt}$  (variable 1), es la distancia (metros) que separa el fragmento h (de su fragmento vecino más cercano)<sup>36</sup>, del ecosistema i, en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$NFE_{hijt}$  (variable 2), es el número de fragmentos h del ecosistema i en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

### 5.5. Descripción metodológica

#### 5.5.1. Proceso de cálculo del indicador

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos oficiales de tipos de ecosistemas identificados a una determinada escala, asociados a un mapa de ecosistemas<sup>37</sup>.

<sup>36</sup> Esta distancia es medida desde el borde del fragmento h hasta el borde del fragmento vecino más cercano, en el punto más cercano entre ellos.

<sup>37</sup> Cuando los datos con los cuales se calcula el indicador provienen de estudios detallados (baja escala), el número total de ecosistemas identificado es mayor, precisamente por el nivel de detalle. Generalmente sucede lo contrario cuando los datos provienen de estudios generales (alta escala). Con el propósito de que los valores de estimación de este indicador calculados a diferentes escalas sean compatibles entre sí, es imprescindible que los tipos de ecosistemas definidos en estudios detallados, hagan parte de alguno de los tipos de ecosistemas definidos en estudios más generales (tipo de ecosistema de nivel superior).

El cálculo del indicador igualmente requiere la disponibilidad de datos de distancias entre los fragmentos de un mismo ecosistema. Estos datos también están asociados a un mapa de ecosistemas.

El valor de la variable 1, es decir, la sumatoria de las distancias que separan todos fragmentos de un ecosistema de su fragmento vecino más cercano ( $DFV_{hijt}$ ), se calcula sumando la distancia que separa cada uno de los fragmentos de un mismo ecosistema presente en la UER, de su fragmento vecino más cercano. Esta operación la realiza automáticamente un software especializado en el análisis de este tipo de información.

El valor de la variable 2 ( $NFE_{hijt}$ ), se obtiene sumando todos los fragmentos que de ese ecosistema se encuentran en la UER.

La estimación del valor del indicador para cada uno de los ecosistemas ( $DMFV_{hijt}$ ), se determina dividiendo el valor de la sumatoria de las distancias que separan los fragmentos de su fragmento vecino más cercano, sobre el número de fragmentos de cada ecosistema.

$DMFV_{hijt} > 0$ . El indicador tiende a 0 cuando los fragmentos h del ecosistema i en la UER j en el tiempo t, se encuentran, en promedio, unos muy cercanos a otros, y aumenta a medida que se incrementa la distancia media que los separa.

#### 5.5.2. Presentación de resultados

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones, en cuyas filas se consignan los diferentes ecosistemas presentes en las UER que resulta de interés comparar respecto al promedio de las distancias que separan los fragmentos de los ecosistemas de sus vecinos más cercanos, y en las columnas, los períodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador, incluyendo una columna para el número de fragmentos que posee cada ecosistema y una columna para el valor del indicador.

Para facilitar la comparación de los resultados entre diferentes ecosistemas y UER, se puede emplear un método de conformación de clases que evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador en los diferentes casos<sup>38</sup>.

Resulta igualmente conveniente, ilustrar los datos en una gráfica que muestre, para cada uno de los diferentes ecosistemas presentes en la UER, el promedio de las distancias que separan los fragmentos, de dichos ecosistemas, de sus vecinos más cercanos.

La aplicación de un método de conformación de clases permite clasificar los datos arrojados por la estimación del indicador para las diferentes UER en unas pocas categorías, siendo factible presentarlas en un mapa, de forma que resulte especialmente ilustrativa la identificación

---

38 Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver IAvH, 2005. *Archivo de hojas metodológicas. Versión 1.03. Fecha de actualización: Noviembre de 2005.* Bogotá, Colombia. 94 pp.

de zonas con valores altos o bajos de promedio de las distancias que separan los fragmentos de sus vecinos más cercanos para ciertos tipos de ecosistemas.

### 5.5.3. Limitación del indicador

El valor arrojado por el cálculo del indicador depende de la escala de trabajo y de la unidad mínima cartografiada, de tal manera que la UER para la cual se ha calculado el indicador, puede presentar ecosistemas y fragmentos que, por cubrir superficies muy pequeñas, no alcanzan a quedar identificados a ciertas escalas.

Para que la comparación temporal de los datos arrojados por el cálculo de este indicador sea viable, ésta debe realizarse confrontando las estimaciones del indicador, calculado para exactamente el mismo territorio. El hecho de que los territorios de algunos tipos de UER cambian con cierta frecuencia (v. g. entidades territoriales, especialmente los municipios), obliga que se hagan ajustes para garantizar que los valores del indicador que se desean comparar hayan sido obtenidos para exactamente el mismo territorio.

Este indicador por sí solo no permite construir una visión de la estructura o configuración actual de los ecosistemas, lo cual requiere el cálculo y análisis de un conjunto de indicadores de fragmentación de los ecosistemas, que preferiblemente hayan sido relacionados en una única expresión, conformando un índice de fragmentación de ecosistemas.

## 5.6. Cobertura

Se dispone de datos para el cálculo del indicador para cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana para el año 2001<sup>39</sup> a escala 1:500.000.

## 5.7. Escala

El indicador puede ser calculado para una amplia variedad de escalas. Los datos disponibles para el año 2001 han sido obtenidos a partir de un estudio a escala 1:500.000.

## 5.8. Relación con otros indicadores

El cálculo de este indicador en diferentes períodos de tiempo, permite disponer de un indicador de flujo que da cuenta de los cambios temporales presentados en el promedio de las distancias que separan los fragmentos de un ecosistema de sus vecinos más cercanos.

---

<sup>39</sup> Los datos de cobertura de la tierra utilizados como uno de los insumos del mapa de ecosistemas, que a su vez constituyen la fuente de los datos de cobertura de ecosistemas, han sido obtenidos a partir de la interpretación de un mosaico de imágenes de satélite correspondientes al período 1999-2003.

El indicador de distancia media al fragmento vecino más cercano se complementa con otros indicadores de fragmentación tales como: número de fragmentos, tamaño medio de los fragmentos, coeficiente de variación del tamaño medio de los fragmentos y relación media área/perímetro de los fragmentos, entre otros, cuyo análisis debe realizarse de manera integral, preferiblemente mediante el uso de una única expresión que los interrelacione en un índice de fragmentación de ecosistemas.

Los Institutos SINCHI y Alexander von Humboldt, de manera individual han realizado propuestas y avances en la conformación de un índice de estas características, pero se requiere de validación adicional para que puedan ser finalmente consideradas. El indicador propuesto por el Instituto SINCHI, denominado índice de fragmentación de bosques por paisaje, se considera íntimamente relacionado con otros indicadores de fragmentación.

El indicador de distancia media al fragmento vecino más cercano es complementario de aquellos que buscan medir otras características de estado de los ecosistemas tales como superficie y diversidad. Para el caso de ecosistemas boscosos se complementa con la información arrojada por un indicador que mida el estado de salud de la vegetación de este tipo de ecosistemas.

También se relaciona con indicadores de caracterización de la población humana asociada a los ecosistemas, tales como densidad, distribución y condiciones de vida de la población, con los cuales hay evidencia de correlación, la cual es explicada por la significativa serie de demandas que ciertos niveles de población humana generan sobre los ecosistemas con los cuales interactúa.

## 5.9. Fuente de los datos

Los datos disponibles provienen del mapeo de ecosistemas realizado para toda la Amazonía colombiana a una escala 1:500.000. La fuente es:

- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-, IAvH –Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-, INVEMAR –Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives D’andrei-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, IIAP –Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico e IGAC –Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2006. *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia Escala 1:500.000*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia.

## 5.10. Disponibilidad de los datos

### 5.10.1. Existencia de series históricas

Para ninguna de las dos variables involucradas en el cálculo del indicador se cuenta con series históricas.

### 5.10.2. Nivel de actualización de los datos

Los datos de distancia entre fragmentos y número de fragmentos de ecosistemas están asociados a un mapa de ecosistemas escala 1:500.000 en una base de datos con aplicación SIG. Se encuentran disponibles para calcular el indicador sobre cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana. Actualmente se está abordando la conformación de archivos planos con estos datos.

### 5.10.3. Estado actual de los datos

Los datos están asociados a un mapa de ecosistemas escala 1:500.000. Se encuentran disponibles para calcular el indicador sobre cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana. Actualmente se está abordando la conformación de archivos planos con los datos.

### 5.10.4. Forma de presentación de los datos

Los datos de distancia entre fragmentos y número de fragmentos de ecosistemas están en archivos digitales asociados a un mapa de ecosistemas escala 1:500.000 y en bases de datos.

## 5.11. Periodicidad de los datos

En la actualidad los datos no presentan ninguna periodicidad. La necesidad de hacer seguimiento y evaluación de los recursos naturales renovables y el medio ambiente, implica el cálculo de este indicador por lo menos una vez cada cinco años con datos representativos a una escala 1:500.000 (periodicidad recomendada para los datos).

## 5.12. Posibles entidades responsables del indicador

Con datos a escala 1:500.000, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Con datos a escala 1.100.000, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI en conjunto con las corporaciones para el desarrollo sostenible y corporaciones autónomas regionales con territorio en la Amazonia colombiana. Con datos a escalas menores de 1:100.000 las corporaciones para el desarrollo sostenible, corporaciones autónomas regionales y entidades territoriales con territorio en la Amazonia colombiana.

### 5.13. Documentación relacionada con el indicador

- Gascon, C., T. E. Lovejoy, R.O. Bierregaard (Jr.), J.R. Malcolm, P. C., Stouffer, H. L. Vasconcelos, W. F. Laurance, B. Zimmerman, M. Tocher and Borges S. *Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants*. Biological Conservation 91(2): 223-229.
- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-, IAvH –Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-, INVEMAR –Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives D’andrei-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, IIAP –Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico e IGAC –Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2006. *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia Escala 1:500.000*. Bogotá, D. C. Colombia.
- MacGarigal. K. and B.D. Marks, 1995. *Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, U.S. Department of Agriculture and Forest.
- Murcia, U., Marín, C., Alonso, J., Argüelles, J., Salazar, C., Gutiérrez, F., Domínguez, C., Trujillo, F., Ocampo, R. y Castro, W., 2003. *Diseño de la Línea Base de Información Ambiental sobre los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en la Amazonia Colombiana. Bases Conceptuales y Metodológicas*. En desarrollo del Proyecto Diseño y Operación del Sistema de Información Ambiental, la Línea Base y el Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental para Colombia adelantado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Sistema Nacional Ambiental y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 215 pp.
- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia.
- Rudas, G., D. Armenteras, S. M. Sua y N. Rodríguez, 2002. *Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana. Informe Final de Resultados*. Proyecto Diseño e Implementación del Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana. Instituto Humboldt, CDA, Corpoamazonia, Cormacarena, Instituto SINCHI, Unidad de Parques, Ministerio del Medio Ambiente (Crédito BID 774 OC/CO), Bogotá, D. C. Colombia. (114 pp + 6 documentos anexos).
- Terborgh, J., 1989. *Where have all the birds gone?* New Jersey: Princeton University press.

- Whitcom, R.F., C.S. Robbins and J. F. Lynch, 1981. *Effects of forest fragmentation on avifauna of the eastern deciduous forest*. In: Burgess, R.L. and D. M. Sharpe (ed) *Forest island dynamics in a man-dominated landscapes*. New York: Springer-Verlang: 125-205.

#### 5.14. Ejemplo numérico

#### 5.15. Ejemplo gráfico

#### 5.16. Observaciones

La metodología para generar el mapa de ecosistemas debe ser la misma para los diferentes períodos de tiempo.

En caso de que se decida aplicar una metodología diferente se requiere documentar los ajustes.

#### 5.17. Elaborada por

Instituto Alexander von Humboldt. Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad y Unidad de Sistemas de Información Geográfica. Bogotá, mayo de 2002. Actualizada septiembre de 2003.

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Bogotá, 2003.

Ajustada por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, diciembre de 2006.

## 6. Riqueza de ecosistemas naturales

### 6.1. Definición del indicador

Riqueza de Ecosistemas Naturales ( $REN_{ij}$ ): Es el número de ecosistemas naturales  $i$ , identificados a una cierta escala<sup>40</sup> en una determinada unidad espacial de referencia  $j$ <sup>41</sup>, en un período de tiempo  $t$ <sup>42</sup>.

### 6.2. Pertinencia del indicador:

Los ecosistemas constituyen uno de los componentes tangibles y una de las formas en que se manifiesta la diversidad biológica<sup>43</sup>; por ello la riqueza de ecosistemas es una cuantificación de la biodiversidad presente en una región.

Las especies están íntimamente relacionadas con las características de los ecosistemas en donde habitan, es así, que una alta riqueza de ecosistemas generalmente está asociada a una alta riqueza de especies. Siendo la cuantificación de la riqueza de especies en unidades espaciales grandes, una tarea sumamente costosa, la cuantificación de la riqueza de ecosistemas naturales, resulta una alternativa viable para reconocer potencialidades de conservación y uso sostenible de recursos naturales renovables.

El monitoreo de la riqueza de ecosistemas naturales permite identificar la pérdida de ecosistemas en ciertas unidades espaciales de referencia, facilitando su priorización y la urgente ejecución de acciones de recuperación y conservación.

### 6.3. Unidad de medida del indicador:

El indicador está expresado en número de ecosistemas naturales.

---

40 El número total de ecosistemas naturales que se haya identificado depende de la escala o nivel de detalle con el que se esté trabajando y del protocolo metodológico que se emplee como referencia.

41 Una unidad espacial de referencia –UER– es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador (Murcia, et. al, 2003). Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

42 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considera representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

43 Política Nacional de Biodiversidad (República de Colombia, 1995).



#### 6.4. Fórmula del indicador:

$$REN_{ijt} = \sum_{i=1}^n n_{ijt}$$

Donde:

$REN_{ijt}$  es el número de ecosistemas naturales  $i$  en la unidad espacial de referencia  $j$  en el tiempo  $t$ .

$n_{ijt}$  es uno de los ecosistemas naturales  $i$  presentes en la unidad espacial de referencia  $j$  en el tiempo  $t$ .

#### 6.5. Descripción metodológica:

##### 6.5.1. Proceso de cálculo del indicador:

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos oficiales de tipos de ecosistemas identificados a una determinada escala, asociados a un mapa de ecosistemas<sup>44</sup>.

El número de ecosistemas naturales ( $REN_{ijt}$ ), se calcula sumando todos los tipos de ecosistemas naturales que se encuentran en la UER.

$REN_{ijt} \geq 0$ . El indicador es 0 cuando en la UER  $j$  en el tiempo  $t$  no se encuentra ningún ecosistema natural y aumenta a medida que se incrementa el número de ecosistemas naturales en la UER.

Cuando se presente el interés de comparar los valores de este indicador, calculados para una misma UER en diferentes períodos de tiempo, resulta imprescindible constatar que la superficie de la UER es exactamente la misma en todos los casos.

##### 6.5.2. Presentación de resultados:

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan las diferentes UER que resulta de interés comparar respecto a la riqueza de ecosistemas naturales y en las columnas, los períodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador. En el cuerpo de la matriz se consigna el número de ecosistemas naturales identificado en cada caso.

---

<sup>44</sup> Cuando los datos con los cuales se calcula el indicador provienen de estudios detallados (baja escala), el número total de ecosistemas identificado es mayor, precisamente por el nivel de detalle. Generalmente sucede lo contrario cuando los datos provienen de estudios generales (alta escala). Con el propósito de que los valores de estimación de este indicador calculados a diferentes escalas sean compatibles entre sí, es imprescindible que los tipos de ecosistemas definidos en estudios detallados, hagan parte de alguno de los tipos de ecosistemas definidos en estudios más generales (tipo de ecosistema de nivel superior).

Para facilitar la comparación de los resultados entre diferentes UER, se puede emplear un método de conformación de clases que evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador en los diferentes casos<sup>45</sup>.

Resulta igualmente conveniente, ilustrar los datos en una gráfica que muestre, para cada una de las UER, el número de ecosistemas naturales que posee.

La aplicación de un método de conformación de clases permite clasificar los datos arrojados por la estimación del indicador para las diferentes UER en unas pocas categorías, siendo factible presentarlas en un mapa, de forma que resulte especialmente ilustrativa la identificación de zonas con alta o baja riqueza de ecosistemas naturales.

### 6.5.3. Limitación del indicador:

El valor arrojado por el cálculo del indicador depende de la escala de trabajo y de la unidad mínima cartografiada, de tal manera que la UER para la cual se ha calculado el indicador, puede presentar ecosistemas que, por cubrir superficies muy pequeñas, no alcanzan a quedar identificados a ciertas escalas.

Para que la comparación temporal de los datos arrojados por el cálculo de este indicador sea viable, ésta debe realizarse confrontando las estimaciones del indicador, calculado para exactamente el mismo territorio. El hecho de que los territorios de algunos tipos de UER cambian con cierta frecuencia (v. g. entidades territoriales, especialmente los municipios), obliga que se hagan ajustes para garantizar que los valores del indicador que se desean comparar hayan sido obtenidos para exactamente el mismo territorio.

El indicador es poco sensible para evidenciar cambios cuando se calcula para unidades espaciales de referencia de gran tamaño.

## 6.6. Cobertura:

Se dispone de datos para el cálculo del indicador para cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana para el año 2001<sup>46</sup> a escala 1:500.000.

## 6.7. Escala:

El indicador puede ser calculado para una amplia variedad de escalas. Los datos disponibles para el año 2001 han sido obtenidos a partir de un estudio a escala 1:500.000.

45 Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver IAvH, 2005. *Archivo de hojas metodológicas. Versión 1.03. Fecha de actualización: Noviembre de 2005.* Bogotá. Colombia. 94 pp.

46 Los datos de cobertura de la tierra utilizados como uno de los insumos del mapa de ecosistemas, que a su vez constituyen la fuente de los datos de cobertura de ecosistemas, han sido obtenidos a partir de la interpretación de un mosaico de imágenes de satélite correspondientes al período 1999-2003.

## 6.8. Relación con otros indicadores:

El cálculo de este indicador en diferentes períodos de tiempo, permite disponer de un indicador de flujo que da cuenta de los cambios temporales presentados en el número de ecosistemas naturales.

Este indicador es complementario de aquellos que buscan medir otras características de estado de los ecosistemas tales como superficie y fragmentación. Para el caso de ecosistemas boscosos se complementa con la información arrojada por un indicador que mida el estado de salud de la vegetación de este tipo de ecosistemas.

También se relaciona con indicadores de caracterización de la población humana asociada a los ecosistemas, tales como densidad, distribución y condiciones de vida de la población, con los cuales hay evidencia de correlación, la cual es explicada por la significativa serie de demandas que ciertos niveles de población humana generan sobre los ecosistemas naturales con los cuales interactúa.

## 6.9. Fuente de los datos:

Los datos disponibles provienen del mapeo de ecosistemas realizado para toda la Amazonía colombiana a una escala 1:500.000. La fuente es:

- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-, IAvH –Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-, INVEMAR –Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives D’andreis-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, IIAP –Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico e IGAC –Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2006. *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia Escala 1:500.000*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia.

## 6.10. Disponibilidad de los datos:

### 6.10.1. Existencia de series históricas:

No se cuenta con series históricas de la variable involucrada en el cálculo del indicador.

#### 6.10.2. Nivel de actualización de los datos:

Los datos de número de ecosistemas naturales han sido calculados para el año 2001 (mosaico de imágenes de satélite correspondientes al período 1999-2003).

#### 6.10.3. Estado actual de los datos:

Los datos de número de ecosistemas naturales están asociados a un mapa de ecosistemas escala 1:500.000 en una base de datos con aplicación SIG. Se encuentran disponibles para calcular el indicador sobre cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana. Actualmente se está abordando la conformación de archivos planos con estos datos.

#### 6.10.4. Forma de presentación de los datos:

Los datos de número de ecosistemas naturales están en archivos digitales asociados a un mapa de ecosistemas escala 1:500.000 y en bases de datos.

### 6.11. Periodicidad de los datos:

En la actualidad los datos no presentan ninguna periodicidad. La necesidad de hacer seguimiento y evaluación de los recursos naturales renovables y el medio ambiente, implica el cálculo de este indicador por lo menos una vez cada cinco años con datos representativos a una escala 1:500.000 (periodicidad recomendada para los datos).

### 6.12. Posibles entidades responsables del indicador:

Con datos a escala 1:500.000, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Con datos a escala 1:100.000, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI en conjunto con las corporaciones para el desarrollo sostenible y corporaciones autónomas regionales con territorio en la Amazonia colombiana. Con datos a escalas menores de 1:100.000 las corporaciones para el desarrollo sostenible, corporaciones autónomas regionales y entidades territoriales con territorio en la Amazonia colombiana.

### 6.13. Documentación relacionada con el indicador:

- MacGarigal. K. and B.D. Marks, 1995. Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, U.S. Department of Agriculture and Forest.
- Murcia, U., Marín, C., Alonso, J., Argüelles, J., Salazar, C., Gutiérrez, F., Domínguez, C., Trujillo, F., Ocampo, R. y Castro, W., 2003. *Diseño de la Línea Base de Información Ambiental sobre los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en la Amazonia Colombiana.*

*Bases Conceptuales y Metodológicas*. En desarrollo del Proyecto Diseño y Operación del Sistema de Información Ambiental, la Línea Base y el Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental para Colombia adelantado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Sistema Nacional Ambiental y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 215 pp.

- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá. Colombia.
- Rudas, G., D. Armenteras, S. M. Sua y N. Rodríguez, 2002. *Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana. Informe Final de Resultados*. Proyecto Diseño e Implementación del Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana. Instituto Humboldt, CDA, Corpoamazonia, Cormacarena, Instituto SINCHI, Unidad de Parques, Ministerio del Medio Ambiente (Crédito BID 774 OC/CO), Bogotá, D. C. Colombia. (114 pp + 6 documentos anexos).

#### 6.14. Ejemplo numérico:

#### 6.15. Ejemplo gráfico:

#### 6.16. Observaciones:

La metodología para generar el mapa de ecosistemas debe ser la misma para los diferentes períodos de tiempo.

En caso de que se decida aplicar una metodología diferente se requiere documentar los ajustes.

#### 6.17. Elaborada por:

Instituto Alexander von Humboldt. Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad y Unidad de Sistemas de Información Geográfica. Bogotá, mayo de 2002. Actualizada septiembre de 2003.

Ajustada por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, diciembre de 2006.

## 7. Representatividad de ecosistemas naturales

### 7.1. Definición del indicador:

Representatividad de Ecosistemas Naturales ( $REN_{ijt}$ ): Es el porcentaje que representa la superficie que ocupa cada uno de los ecosistemas naturales  $i$ , identificados a una cierta escala<sup>47</sup> en una determinada unidad espacial de referencia  $j$ <sup>48</sup>, en un período de tiempo  $t$ <sup>49</sup>, en comparación con la superficie total que ocupa cada uno de estos ecosistemas en la región amazónica o en el país.

### 7.2. Pertinencia del indicador:

Los ecosistemas constituyen uno de los componentes tangibles y una de las formas en que se manifiesta la diversidad biológica<sup>50</sup>.

La Política Nacional de Biodiversidad contempla como estrategia de conservación de los componentes de la biodiversidad y de las interacciones entre éstos en condiciones naturales (*in situ*), asegurar que los diversos ecosistemas del país estén representados adecuadamente en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP)<sup>51</sup>.

El cálculo de este indicador resulta especialmente importante para UER tales como áreas protegidas y CARs, por cuanto le permite a este tipo de entidades, priorizar y seleccionar áreas a proteger, al evidenciar la importancia porcentual que representa la superficie de un ecosistema natural  $i$  existente en su jurisdicción frente a la disponibilidad de dicho ecosistema a nivel nacional o regional.

La comparación de los datos arrojados por este indicador para el caso de áreas protegidas, permite identificar vacíos de conservación y suplirlos con la selección de nuevas áreas protegidas.

---

47 El número total de ecosistemas naturales que se haya identificado depende de la escala o nivel de detalle con el que se esté trabajando y del protocolo metodológico que se emplee como referencia.

48 Una unidad espacial de referencia –UER– es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador (Murcia, et. al, 2003). Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

49 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considera representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

50 Política Nacional de Biodiversidad (República de Colombia, 1995).

51 Política Nacional de Biodiversidad (República de Colombia, op cit.)

El cálculo del indicador en diferentes períodos permite evaluar el impacto de la gestión ambiental adelantada en camino a conservar una fracción representativa de los ecosistemas amazónicos, en especial aquellos que están pobremente representados en las diferentes figuras de protección existentes.

### 7.3. Unidad de medida del indicador:

El indicador está expresado en porcentaje (%).

### 7.4. Fórmula del indicador:

$$REN_{ijt} = \left( \frac{ATE_{ijt}}{ATE_{ikt}} \right) \cdot 100$$

Donde:

$REN_{ijt}$  es el porcentaje que representa la superficie que ocupa el ecosistema natural i, en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t, en comparación con la superficie que ocupa dicho ecosistema en la región amazónica o en el país (k), en el mismo tiempo t.

$ATE_{ijt}$  (variable 1), es la superficie total (hectáreas) que ocupa el ecosistema natural i, en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$ATE_{ikt}$  (variable 2), es la superficie total (hectáreas) que ocupa el ecosistema natural i, en la región amazónica o en el país (k) en el tiempo t.

### 7.5. Descripción metodológica:

#### 7.5.1. Proceso de cálculo del indicador:

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos oficiales de superficie de cada uno de los tipos de ecosistemas naturales identificados a una determinada escala, asociados a un mapa de ecosistemas<sup>52</sup>.

El valor de la variable 1, es decir, la superficie total que ocupa cada uno de los ecosistemas naturales ( $ATE_{ijt}$ ), se calcula sumando la superficie de todos los fragmentos que de dicho ecosistema se encuentran en la UER.

---

52 Cuando los datos con los cuales se calcula el indicador provienen de estudios detallados (baja escala), el número total de ecosistemas identificado es mayor, precisamente por el nivel de detalle. Generalmente sucede lo contrario cuando los datos provienen de estudios generales (alta escala). Con el propósito de que los valores de estimación de este indicador calculados a diferentes escalas sean compatibles entre sí, es imprescindible que los tipos de ecosistemas definidos en estudios detallados, hagan parte de alguno de los tipos de ecosistemas definidos en estudios más generales (tipo de ecosistema de nivel superior).

El valor de la variable 2 ( $ATE_{ikt}$ ), se obtiene sumando la superficie de todos los fragmentos que de dicho ecosistema se encuentran en la región amazónica o el país.

La estimación del valor del indicador para cada uno de los ecosistemas naturales ( $REN_{ijt}$ ), se determina dividiendo el valor de la superficie total de cada ecosistema en la UER sobre la superficie total de cada ecosistema en la región amazónica o el país, multiplicando el resultado por cien.

Se debe cumplir que:

$$ATE_{ikt} \geq ATE_{ijt}$$

$0 < RE_{it} \leq 100$ . El indicador se aproxima a 0 cuando el ecosistema natural i está muy pobremente representado (en términos de superficie) en la UER j en el tiempo t, y aumenta a medida que se incrementa su representatividad en dicha UER. Toma el valor de 100, si la totalidad de la superficie del ecosistema en la región amazónica o en el país corresponde a la existente en la UER, es decir, que la superficie del ecosistema en dicha UER, representa el 100% del ecosistema en la región o en el país.

#### 7.5.2. Presentación de resultados:

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan los diferentes tipos de ecosistemas naturales con superficie en la UER y en las columnas los períodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador, incluyendo una columna para el valor en superficie del ecosistema en la UER, una columna para el valor de la superficie del ecosistema en la región amazónica o el país y una columna para el cálculo del porcentaje que representa uno en el otro.

Para facilitar la interpretación de los resultados, se puede emplear un método de conformación de clases mediante el cual se evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador para los diferentes ecosistemas<sup>53</sup>.

Resulta igualmente conveniente, ilustrar los datos en una gráfica que muestre el porcentaje que representa la superficie que ocupa cada uno de los ecosistemas naturales en una determinada UER, en la superficie total que ocupa cada uno de estos ecosistemas en la región amazónica o en el país.

La aplicación de un método de conformación de clases permite clasificar los datos arrojados por la estimación del indicador para las diferentes UER en unas pocas categorías, siendo factible presentarlas en un mapa, de forma que resulte especialmente ilustrativa la identificación de zonas que presenten alta o baja representatividad de ciertos tipos de ecosistemas.

53 Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver IAvH, 2005. *Archivo de hojas metodológicas. Versión 1.03. Fecha de actualización: Noviembre de 2005.* Bogotá, Colombia. 94 pp.



### 7.5.3. Limitación del indicador:

El valor arrojado por el cálculo del indicador depende de la escala de trabajo y de la unidad mínima cartografiada, de tal manera que la UER para la cual se ha calculado el indicador, puede presentar ecosistemas que, por cubrir superficies muy pequeñas, no alcanzan a quedar identificados a ciertas escalas.

Para que la comparación temporal de los datos arrojados por el cálculo de este indicador sea viable, ésta debe realizarse confrontando las estimaciones del indicador, calculado para exactamente el mismo territorio. El hecho de que los territorios de algunos tipos de UER cambian con cierta frecuencia (v. g. entidades territoriales, especialmente los municipios), obliga que se hagan ajustes para garantizar que los valores del indicador que se desean comparar hayan sido obtenidos para exactamente el mismo territorio.

### 7.6. Cobertura:

Se dispone de datos para el cálculo del indicador para cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana para el año 2001<sup>54</sup> a escala 1:500.000.

### 7.7. Escala:

El indicador puede ser calculado para una amplia variedad de escalas. Los datos disponibles para el año 2001 han sido obtenidos a partir de un estudio a escala 1:500.000.

### 7.8. Relación con otros indicadores:

El cálculo de este indicador en diferentes períodos de tiempo, permite disponer de un indicador de flujo que da cuenta de los cambios temporales presentados en la representatividad de los ecosistemas naturales, que permita identificar ecosistemas estratégicos y/o ecosistemas que estén perdiendo representación en las UER para las cuales se está calculando el indicador. Así mismo, este indicador de flujo sirve para cuantificar el avance que instituciones y sociedad están obteniendo para asegurar que los diversos ecosistemas del país estén representados adecuadamente en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

Este indicador es complementario de aquellos que pretenden medir características de estado de los ecosistemas tales como superficie, fragmentación y diversidad.

---

<sup>54</sup> Los datos de cobertura de la tierra utilizados como uno de los insumos del mapa de ecosistemas, que a su vez constituyen la fuente de los datos de cobertura de ecosistemas, han sido obtenidos a partir de la interpretación de un mosaico de imágenes de satélite correspondientes al período 1999-2003.

## 7.9. Fuente de los datos:

Respecto de la variable 1, los datos disponibles provienen del mapeo de ecosistemas realizado para toda la Amazonía colombiana a una escala 1:500.000. La fuente es:

- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-, IAvH –Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-, INVEMAR –Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives D’andreis-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, IIAP –Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico e IGAC –Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2006. *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia Escala 1:500.000*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia.

La fuente de los datos de la variable 2 para el caso de la región amazónica y el país es la siguiente:

- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-, IAvH –Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-, INVEMAR –Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives D’andreis-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, IIAP –Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico e IGAC –Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2006. *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia Escala 1:500.000*. Bogotá, D. C. Colombia.

## 7.10. Disponibilidad de los datos:

### 7.10.1. Existencia de series históricas:

Para ninguna de las dos variables involucradas en el cálculo del indicador se cuenta con series históricas.

### 7.10.2. Nivel de actualización de los datos:

Los datos de superficie de ecosistemas han sido calculados para el año 2001 (mosaico de imágenes de satélite correspondientes al período 1999-2003).

### 7.10.3. Estado actual de los datos:

Los datos de superficie de ecosistemas están asociados a mapas de ecosistemas escala 1:500.000 en una base de datos con aplicación SIG. Se encuentran disponibles para calcular el indica-

dor sobre cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana. Actualmente se está abordando la conformación de archivos planos con estos datos.

#### 7.10.4. Forma de presentación de los datos:

Los datos de superficie de ecosistemas naturales están en archivos digitales asociados a un mapa de ecosistemas escala 1:500.000 y en bases de datos.

#### 7.11. Periodicidad de los datos:

En la actualidad los datos no presentan ninguna periodicidad. La necesidad de hacer seguimiento y evaluación de los recursos naturales renovables y el medio ambiente, implica el cálculo de este indicador por lo menos una vez cada cinco años con datos representativos a una escala 1:500.000 (periodicidad recomendada para los datos).

#### 7.12. Posibles entidades responsables del indicador:

Con datos a escala 1:500.000, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Con datos a escala 1:100.000, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI en conjunto con las corporaciones para el desarrollo sostenible y corporaciones autónomas regionales con territorio en la Amazonia colombiana. Con datos a escalas menores de 1:100.000 las corporaciones para el desarrollo sostenible, corporaciones autónomas regionales y entidades territoriales con territorio en la Amazonia colombiana.

#### 7.13. Documentación relacionada con el indicador:

- Armenteras, D., Gast, F. & Villarreal, H., 2003. *Andean forest fragmentation and the representativeness in the eastern Andes, Colombia*. Biological Conservation, 113, 245-256.
- Awimbo, J.A., Norton, D.A. & Overmars, F.B., 1996. *An evaluation of representativeness for nature conservation, Hokitika ecological District, New Zealand*. Biological Conservation 75:177-186.
- Bourgeron, P.S., Moir, W.H. & Engelking, L.D., 1995. *Assessing the Conservation Value of the Gray Ranch: Rarity, Diversity, and Representativeness*. Desert plants 11(2/3): 5.
- Fandiño, M., y Wyngaarden W., 2005. *Prioridades de conservación biológica para Colombia*. Grupo ARCO, Bogotá, D, C, Colombia 188 pp.
- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-, IAvH –Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-, INVEMAR –Instituto

de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives D'andrei-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, IIAP –Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico e IGAC –Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2006. *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia Escala 1:500.000*. Bogotá, D. C. Colombia.

- Mackey, B.G.; Nix, H.A.; Hutchinson, M.F.; MacMahon, J.P. & Fleming, P.A., 1988. *Assessing representativeness of places for conservation reservation and heritage listing*. Environmental Management 12:501-514
- Murcia, U., Marín, C., Alonso, J., Argüelles, J., Salazar, C., Gutiérrez, F., Domínguez, C., Trujillo, F., Ocampo, R. y Castro, W., 2003. *Diseño de la Línea Base de Información Ambiental sobre los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en la Amazonia Colombiana. Bases Conceptuales y Metodológicas*. En desarrollo del Proyecto Diseño y Operación del Sistema de Información Ambiental, la Línea Base y el Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental para Colombia adelantado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Sistema Nacional Ambiental y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 215 pp.
- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia.
- Pressey, R.L., Whish, G.L., Barrett, T.W. & Watts, M.E., 2002. *Effectiveness of protected areas in north-eastern New South Wales: recent trends in six measures*. Biological Conservation 106: 57-69.

#### 7.14. Ejemplo numérico:

#### 7.15. Ejemplo gráfico:

#### 7.16. Observaciones:

La metodología para generar el mapa de ecosistemas debe ser la misma para los diferentes períodos de tiempo.

En caso de que se decida aplicar una metodología diferente se requiere documentar los ajustes.

### 7.17. Elaborada por:

Instituto Alexander von Humboldt. Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad y Unidad de Sistemas de Información Geográfica. Bogotá, mayo de 2002. Actualizada septiembre de 2003.

Ajustada por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, diciembre de 2006.

## 8. Densidad y vigor del bosque

### 8.1. Definición del indicador:

Densidad y Vigor del Bosque ( $DVB_{ikjt}$ ): Es el porcentaje de la superficie boscosa<sup>55</sup> que presenta un Índice de Vegetación Normalizado –NDVI–<sup>56</sup>  $i$ , en el paisaje  $k$ <sup>57</sup>, identificado a una cierta escala<sup>58</sup> en la unidad espacial de referencia  $j$ <sup>59</sup>, en el tiempo  $t$ <sup>60</sup>.

### 8.2. Pertinencia del indicador:

El hecho de que los pigmentos de las hojas absorban la mayor parte de la luz que requieren para la realización de la función clorofílica en ciertas regiones del espectro electromagnético, ha facilitado que el sensoramiento remoto resulte enormemente valioso para el estudio de la vegetación (MAPA, 2006).

En general se puede aseverar que la respuesta espectral de la masa de vegetación, puede llegar a proporcionar ayuda para discernir entre unas especies y otras, su nivel de desarrollo e incluso su estado sanitario.

Existen diversos factores que influyen en la radiancia final de las coberturas vegetales que es percibida por un sensor remoto; entre éstos son especialmente relevantes: la propia reflectividad de la hoja en función de su estado fenológico, forma y contenido de humedad; las características morfológicas de la planta (altura, perfil, grado de cobertura del suelo, etc.), y los factores derivados de la situación geográfica de la planta tales como la pendiente, la orientación, la asociación con otras especies y la geometría de plantación, entre otros (Harrison y Jupp, 1990; Lillesand y Kieffer, 1994; Chuvieco, 1995).

Debido a la fuerte absorción, la vegetación sana o con fuerte vigor presenta los mínimos de reflectividad en la banda del rojo y los máximos en la banda del infrarrojo cercano. Grandes diferencias entre los valores de estos dos canales espectrales representan que la cubierta ve-

---

55 La superficie boscosa corresponde a la superficie de la cobertura de la tierra ocupada por bosques.

56 NDVI por la sigla en inglés de Normalized Difference Vegetation Index (MAPA, 2006).

57 Las unidades de paisaje son las establecidas en el mapa de coberturas de la tierra.

58 El número total de paisajes que se haya identificado depende de la escala o nivel de detalle con el que se esté trabajando y del protocolo metodológico que se emplee como referencia.

59 Una unidad espacial de referencia –UER– es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador (Murcia, et. al, 2003). Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

60 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considera representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

getal observada presenta un mejor estado de salud y mayor vigor. En este principio se basa la formulación del Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) que combina la banda roja del visible con la del infrarrojo cercano.

Muchos estudios han demostrado que este índice es sensible al vigor de la vegetación y por tanto a la actividad fotosintética. Al NDVI se le considera un indicador ligado a la tasa de recubrimiento vegetal del suelo, a la cantidad de biomasa y al estado general de la vegetación (MAPA, op cit).

Gracias a esta relación y a la metodología empleada para el cálculo del indicador, éste es de gran utilidad para hacer evaluaciones rápidas del estado de la cobertura boscosa, estimando la pérdida o ganancia en densidad de esta vegetación en el tiempo.

Asumiendo que el estado fitosanitario del bosque puede estar ligado con procesos de deforestación y fragmentación en zonas de presión antrópica, es factible, con la implementación de un programa de monitoreo de estos procesos, identificar correlaciones entre las pérdidas de vigorosidad y densidad del bosque y la presión antrópica.

El cálculo del indicador permite identificar, en las diferentes UER, zonas de cobertura boscosa con condiciones de densidad y vigor diferenciales, información que resulta valiosa para guiar la formulación de planes de manejo y acciones de gestión ambiental regional.

### 8.3. Unidad de medida del indicador:

El indicador está expresado en porcentaje (%).

### 8.4. Fórmula del indicador:

$$DVB_{ikjt} = \left( \frac{ATB_{ikjt}}{ATB_{kjt}} \right) \cdot 100$$

Donde:

$DVB_{kjt}$  es el porcentaje que representa la superficie boscosa con valor NDVI  $i^{61}$  en el total de la superficie boscosa existente en el paisaje  $k$ , identificado a una cierta escala en la unidad

---

61 El NDVI es un valor continuo entre 0 y 1 que generalmente se expresa con dos cifras decimales, por ello se hace necesario conformar clases para facilitar la presentación y análisis de los datos arrojados por el cálculo de dicho NDVI.

Se han conformado tres clases así:

Valor NDVI	Calificación NDVI	Nivel de Vigor y Densidad
0.60-0.69	Mínimo	Bajo
0.70-0.89	Medio	Moderado
0.90-1.00	Máximo	Alto

espacial de referencia j, en el tiempo t.

$ATB_{ikjt}$  (variable 1), es la superficie boscosa (hectáreas) con valor NDVI i (clasificado en alguna de las tres clases conformadas), existente en el paisaje k, identificado a una cierta escala en la unidad espacial de referencia j, en el tiempo t.

$ATB_{kjt}$  (variable 2), es la superficie boscosa total<sup>62</sup> (hectáreas) existente en el paisaje k, identificado a una cierta escala en la unidad espacial de referencia j, en el tiempo t. Corresponde a la sumatoria de las superficies ocupadas por las coberturas de la tierra tipo bosque presentes en la UER.

## 8.5. Descripción metodológica:

### 8.5.1. Proceso de cálculo del indicador:

El proceso de cálculo del indicador parte de la identificación de las unidades de paisaje presentes en la UER para la cual se calcula el indicador.

El valor de la variable 1, es decir, la superficie que presenta un valor de NDVI clasificado en alguna de las tres categorías i conformadas ( $ATB_{ikjt}$ ), se calcula sumando la superficie de todos los píxeles que arrojan valores de NDVI entre 0.60 y 0.69 (nivel de vigor y densidad bajo), entre 0.70 y 0.89 (nivel de vigor y densidad moderado) y entre 0.90 y 1.00 (nivel de vigor y densidad alto), que de un determinado paisaje se encuentran en la UER para la que resulta relevante el cálculo del indicador.

El valor del Índice de Vegetación Normalizado se calcula mediante la siguiente expresión:

$$NDVI = \frac{(C4 - C3)}{(C4 + C3)}$$

Donde:

C 4 es el valor de reflectividad arrojado por la cobertura vegetal que se está evaluando, en la banda 4 de la imagen Landsat ETM en el infrarrojo cercano (0.76-0.90  $\mu\text{m}$ ).

C 3 es el valor de reflectividad arrojado por la cobertura vegetal que se está evaluando, en la banda 3 de la imagen Landsat ETM en el rojo (0.63-0.69  $\mu\text{m}$ ).

El valor de la variable 2 ( $AUER_{jt}$ ), se obtiene totalizando la superficie de todos los píxeles que arrojan valores de NDVI entre 0.60 y 1.00 (cobertura boscosa), que de un determinado paisaje se encuentran en la UER para la que resulta relevante el cálculo del indicador.

La estimación del valor del indicador para cada una de las tres categorías i conformadas, ( $DVB_{ikjt}$ ) se determina dividiendo la superficie boscosa con NDVI en la categoría i sobre la

---

62 Las coberturas boscosas presentan valores de NDVI entre 0.6 y 1.0.



superficie boscosa total, multiplicando el resultado por cien.

Se debe cumplir que:

$$ATB_{kjt} = \sum_{i=1}^3 ATB_{ikjt}$$

Donde  $ATB_{ikjt} \geq 0$  y 3 es el número total de categorías de valor de NDVI conformadas para facilitar la interpretación de resultados.

$0 \leq DVB_{ikjt} < 100$ . El indicador es 0 cuando ninguna fracción de la cobertura boscosa de la unidad de paisaje k, en la UER j en el tiempo t, presenta un valor de NDVI considerado dentro de la categoría i, es cercano a 0 cuando solo una pequeña fracción de la cobertura arroja esa categoría de NDVI y aumenta a medida que se incrementa la fracción de la cobertura boscosa que presenta ese valor de NDVI. Toma el valor de 100 si toda la cobertura boscosa tiene el valor de NDVI dentro de la categoría i.

#### 8.5.2. Presentación de resultados:

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan las diferentes UER y las diferentes unidades de paisaje entre las cuales resulta interesante comparar los valores arrojados por el indicador y en las columnas, los períodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador, incluyendo una columna para la superficie total de la cobertura boscosa, una columna para cada una de las superficies boscosas que arrojaron valores de NDVI en cada una de las tres clases conformadas y una columna para el cálculo del indicador en cada clase.

Resulta igualmente conveniente, ilustrar los datos en una gráfica que muestre el porcentaje que representa la superficie boscosa clasificada en cada una de las 3 categorías conformadas dentro de la superficie boscosa total para cada una de las UER analizadas.

La aplicación del método de conformación de clases previsto, permite clasificar los datos arrojados por la estimación del indicador para las diferentes UER en 3 categorías, siendo factible presentarlas en un mapa, de forma que resulte especialmente ilustrativa la identificación de zonas que presenten bosques con alto o bajo nivel de vigor y densidad.

#### 8.5.3. Limitación del indicador:

Debido a que la fuente principal de datos de este indicador son las imágenes de satélite, su cálculo para grandes extensiones estaría limitado por la calidad de dichas imágenes. Condiciones de alta nubosidad o alta humedad pueden conllevar vacíos de información y/o la mala interpretación de resultados, dado que valores de NDVI bajos no necesariamente representarían coberturas no vegetadas, poco vegetadas o con un nivel de vigor y densidad bajo. En contraste, la aplicación del indicador resulta óptima para UER pequeñas que dispongan de

imágenes sin interferencia de nubes.

Para que la comparación temporal de los datos arrojados por el cálculo de este indicador sea viable, ésta debe realizarse confrontando las estimaciones del indicador, calculado para exactamente el mismo territorio. El hecho de que los territorios de algunos tipos de UER cambian con cierta frecuencia (v. g. entidades territoriales, especialmente los municipios), obliga que se hagan ajustes para garantizar que los valores del indicador que se desean comparar hayan sido obtenidos para exactamente el mismo territorio.

## 8.6. Cobertura:

El indicador puede ser calculado para cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana dependiendo de la calidad de las imágenes disponibles.

## 8.7. Escala:

El indicador puede ser estimado para las escalas regional, subregional y local.

## 8.8. Relación con otros indicadores:

El cálculo de este indicador de estado, en diferentes períodos de tiempo, permite disponer de un indicador de flujo que da cuenta de los cambios temporales presentados en la salud de los bosques.

Los valores arrojados por el cálculo de este indicador pueden compararse y complementarse con los reportes de indicadores de cobertura, fragmentación y deforestación de los bosques.

El indicador también puede llegar a relacionarse con indicadores de presión antrópica con el propósito de identificar correlaciones entre sus comportamientos espaciales y temporales.

## 8.9. Fuente de los datos:

Los datos de referencia de las unidades de paisaje provienen del mapeo de coberturas de la tierra realizado para toda la Amazonía colombiana a una escala 1:500.000. La fuente es:

- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia.

Los datos de referencia de las UER provienen de diferentes fuentes dependiendo del tipo de UER sobre la cual se calcule el indicador.

Para el caso de la eco-región Amazónica la fuente es:

- Gutiérrez, F., Salazar C. y Acosta, L. 2004. *Perfiles Urbanos en la Amazonia Colombiana: un Enfoque para el Desarrollo Sostenible*. Proyecto Colciencias - Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá. Colombia.

Para cuencas la fuente es:

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2004. *Guía Técnico Científica para la Ordenación y Manejo de Cuencas. Decreto 1729 de 2002. Mapa No. 2. Cuencas Hidrográficas en Colombia*. Bogotá. Colombia.

Para áreas protegidas la fuente es:

- Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales – UAESP-NN, 2002. *Mapa del SPNN - escala 1:100.000*. Bogotá. Colombia.

Para el caso de corporaciones autónomas regionales, departamentos, municipios y territorios indígenas, la fuente es:

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, 2005. *División Política Administrativa de Colombia*. Sistema de Consulta. [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co).

Los datos de las variables 1 y 2 provienen de la interpretación de imágenes de satélite.

## 8.10. Disponibilidad de los datos:

### 8.10.1. Existencia de series históricas:

Para ninguna de las dos variables involucradas en el cálculo del indicador se cuenta con series históricas.

Es factible calcular el indicador en épocas anteriores disponiendo de imágenes de satélite de los períodos de interés.

### 8.10.2. Nivel de actualización de los datos:

Actualmente se dispone de información procesada para el año 2001 para una zona piloto de 99.417 Km<sup>2</sup> (imágenes 6-58/59 y 7-58/59 de los años 2000 y 2001).

### 8.10.3. Estado actual de los datos:

Los datos de cada una de las variables involucradas en el cálculo del indicador se encuentran procesados y disponibles para una zona piloto de 99.417 Km<sup>2</sup> (imágenes 6-58/59 y 7-58/59 de los años 2000 y 2001).

#### 8.10.4. Forma de presentación de los datos:

La información se encuentra almacenada en formato digital y análogo.

#### 8.11. Periodicidad de los datos:

En la actualidad los datos no presentan ninguna periodicidad. Dependiendo de la disponibilidad de imágenes de satélite de buena calidad, el indicador podría ser calculado con una periodicidad anual para toda la región amazónica.

#### 8.12. Posibles entidades responsables del indicador:

Para la escala regional, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Para las escalas subregional y local, las corporaciones para el desarrollo sostenible y las corporaciones autónomas regionales con territorio en la Amazonia colombiana.

#### 8.13. Documentación relacionada con el indicador:

- Cihlar, J. L. St-Laurent, and J. A. Dyer, 1991. *Relation between the normalized vegetation index and ecological variables*. In *Remote Sensing of Environment* 35: 279-298.
- Field, C. B., Randerson, J. T. and, Malmström, C. M., 1995. *Global net primary production: Combining ecology and remote sensing*. In *Remote Sensing of Environment*, 51(1): 74-88.
- González, R. G., 1995. *Modelos Ecológicos de Distribución de Cobertura Vegetal*. Tesis de Maestría en Ciencias con especialidad en Ciencias Agrícolas. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey, N. L. México. 75 pp.
- Häme, T., Salli, A., Lohi, A., Anderson, K. & Rauste, Y., 1994. *Estimation of biomass and other characteristics of Boreal forests over extensive areas using NOAA AVHRR data*. In: Kanninen, M. & Heikinheimo, P. (Eds.) *The Finnish Research Programme on Climate Change, Second Progress Report*. Publications of the Academy of Finland 1/94. Painatuskeskus Oy, Helsinki 1994, 329-334.
- Harrison, B. y D. Jupp., 1990. *Introduction to image processing*. CSIRO. Australia. 1990. 256 pp.
- -----, 1989. *Introduction to remotely sensed data*. CSIRO. Australia. 1989. 141 pp.

- Janssen, L. (Ed.), 2000. *Principles of Remote Sensing: An Introductory Textbook*. The International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences-ITC. Holland. 176 pp.
- Lee, K y J. Kim, 2000. *Change Analysis of Forest Area and Canopy Conditions in Kaesung, North Korea Using Landsat, SPOT and KOMPSAT Data*. Journal of the Korean Society of Remote Sensing, Vol.16, No.4, 2000, pp.327-338.
- Lillesand, T. M. and, R. W. Kieffer, 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc. U.S.A. 750 pp.
- Lobell, D B., Asner, G. P., Ortiz-Monasterio, J. I. and, Tracy B., 2003. *Remote sensing of regional crop production in the Yaqui Valley, Mexico: estimates and uncertainties*. Agriculture, Ecosystems, and Environment, 94: 205-220.
- MAPA – Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, 2006. *Sistema de vigilancia y alerta de la evolución anual de los cultivos y aprovechamientos*. Portal MAPA <http://www.mapa.es/mapaweb/pags/mapaweb.asp?lang=es>.
- Meijerink, A., H de Brouwer, C. Mannaerts y C. Valenzuela, 1997. *Introduction to the use of Geographic Information Systems of practical hydrology*. ITC y UNESCO. Publicación (23). Francia. 243 pp.
- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá. Colombia.
- Murcia, U., Marín, C., Alonso, J., Argüelles, J., Salazar, C., Gutiérrez, F., Domínguez, C., Trujillo, F., Ocampo, R. y Castro, W., 2003. *Diseño de la Línea Base de Información Ambiental sobre los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en la Amazonia Colombiana. Bases Conceptuales y Metodológicas*. En desarrollo del Proyecto Diseño y Operación del Sistema de Información Ambiental, la Línea Base y el Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental para Colombia adelantado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Sistema Nacional Ambiental y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 215 pp.
- Ray, T., 1994. A FAQ on Vegetation in Remote Sensing. En: [Fttp://kepler.gps.caltech.edu/pub/terrill/rsvefaq.txt](http://kepler.gps.caltech.edu/pub/terrill/rsvefaq.txt).

#### 8.14. Ejemplo numérico:

#### 8.15. Ejemplo gráfico:

### 8.16. Observaciones:

### 8.17. Elaborada por:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Bogotá, 2003. Ajustada Mario Orlando López Castro. Bogotá, diciembre de 2006.

## 9. Riqueza de especies del estrato arbóreo

### 9.1. Definición del indicador:

Riqueza de Especies del Estrato Arbóreo ( $REEA_{ikjt}$ ): Es el número de especies vegetales  $i$ , de características arbóreas que, por unidad de superficie, se encuentra presente en el paisaje  $k$ <sup>63</sup>, identificado a una cierta escala<sup>64</sup> en la unidad espacial de referencia  $j$ <sup>65</sup>, en el tiempo  $t$ <sup>66</sup>.

### 9.2. Pertinencia del indicador:

La medición de la riqueza de especies del estrato arbóreo es utilizada en los procesos de zonificación y posterior planificación del uso y conservación de bosques.

Los valores arrojados por el cálculo de este indicador son utilizados como elemento de diagnóstico del estado de los recursos naturales en la región amazónica. La identificación de áreas con alta riqueza de especies arbóreas útiles es valiosa para la formulación de zonas de conservación y/o de aprovechamiento sostenible de esos recursos.

Este indicador, calculado en diferentes períodos de tiempo, resulta de gran utilidad para hacer seguimiento a la presencia de especies arbóreas (especialmente de aquellas con uso comercial), mediante el monitoreo de parcelas permanentes.

### 9.3. Unidad de medida del indicador:

El indicador está expresado en número de especies arbóreas por hectárea (especies arbóreas/Ha).

### 9.4. Fórmula del indicador:

$$REEA_{ikjt} = \frac{\sum_{i=1}^n n_{ikjt}}{AM_{kjt}}$$

---

63 Las unidades de paisaje son las establecidas en el mapa de coberturas de la tierra.

64 El número total de paisajes que se haya identificado depende de la escala o nivel de detalle con el que se esté trabajando y del protocolo metodológico que se emplee como referencia.

65 Una unidad espacial de referencia –UER– es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador (Murcia, et. al, 2003). Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

66 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considera representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

Donde:

$REEA_{ikjt}$  es el número de especies vegetales arbóreas  $i$  que, por unidad de superficie, se encuentran presente en la unidad de paisaje  $k$ , en la unidad espacial de referencia  $j$  en el tiempo  $t$ .

$REEA_{ikjt}$  (variable 1), es una de las especies vegetales arbóreas  $i$  presente en la unidad de paisaje  $k$ , en la unidad espacial de referencia  $j$  en el tiempo  $t$ .

$AM_{kit}$  (variable 2), es la superficie del área (hectáreas), muestreada para cuantificar el número de especies vegetales arbóreas  $i$  presente en la unidad de paisaje  $k$ , en la unidad espacial de referencia  $j$  en el tiempo  $t$ .

## 9.5. Descripción metodológica:

### 9.5.1. Proceso de cálculo del indicador:

El proceso de cálculo del indicador parte de la identificación de las unidades de paisaje presentes en la UER para la cual se calcula el indicador.

El valor de la variable 1, es decir, el número de especies vegetales arbóreas ( $n_{ikjt}$ ), se calcula sumando todas las especies a las que pertenecen los árboles que se encuentran en un área específica, preseleccionada, denominada parcela permanente<sup>67</sup> que se considera representativa de una determinada unidad de paisaje  $k$  existente en la UER y que durante la evaluación realizada en el tiempo  $t$ , presentaban diámetro a la altura del pecho (DAP) superior a 10 cm.

El valor de la variable 2 ( $AM_{kit}$ ) se obtiene calculando la superficie de la parcela permanente (área de muestreo).

La estimación del valor del indicador para cada parcela permanente, se determina dividiendo el número de especies identificadas sobre la superficie total de la parcela, multiplicando el resultado por cien.

$REEA_{ikjt} > 0$ . El indicador es 0 cuando en la parcela permanente representativa de la unidad de paisaje  $k$ , dentro de la UER  $j$ , no se identifica ninguna especie arbórea durante la evaluación realizada en el tiempo  $t$ , y aumenta a medida que se incrementa el número de especies arbóreas identificadas en la parcela.

Cuando se presente el interés de comparar los valores de este indicador, calculados para una misma unidad de paisaje y UER en diferentes períodos de tiempo, resulta imprescindible

---

<sup>67</sup> En el marco del Programa Regional de Monitoreo Ambiental, una parcela permanente es un área específica de bosque que ha sido seleccionada para ser evaluada periódicamente con el propósito de evaluar, entre otros aspectos, aquellos relacionados con su composición florística arbórea.



constatar que el área muestreada es exactamente la misma, es decir, que corresponde a la misma parcela.

#### 9.5.2. Presentación de resultados:

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan las diferentes UER y las diferentes unidades de paisaje con las cuales resulta interesante comparar los valores arrojados por el indicador y en las columnas, los períodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador, incluyendo una columna para la riqueza de especies del estrato arbóreo calculada.

Para facilitar la comparación de los resultados entre diferentes UER y diferentes unidades de paisaje, se puede emplear un método de conformación de clases que evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador en los diferentes casos<sup>68</sup>.

Resulta igualmente conveniente, ilustrar los datos en una gráfica que muestre el número de especies vegetales arbóreas que, por unidad de superficie, se encuentra presente en las diferentes parcelas permanentes evaluadas.

La aplicación de un método de conformación de clases permite clasificar los datos arrojados por la estimación del indicador para las diferentes unidades de paisaje y UER en unas pocas categorías, siendo factible presentarlas en un mapa, de forma que resulte especialmente ilustrativa la identificación de zonas que presenten alta o baja riqueza de especies del estrato arbóreo.

#### 9.5.3. Limitación del indicador:

Garantizar el monitoreo de los bosques amazónicos existentes en los diferentes tipos de paisajes presentes en la región, mediante la evaluación periódica de una muestra, representada por una red de parcelas permanentes, que permita, además de identificar dinámicas naturales de desarrollo, evidenciar los efectos que sobre la composición de dichos bosques causan las presiones de origen antrópico que se presentan en la región, puede resultar muy costoso.

Un número reducido de parcelas permanentes o un tamaño inadecuado de ellas puede conllevar la imposibilidad de identificar de forma adecuada los fenómenos que el monitoreo ambiental quiere registrar.

### 9.6. Cobertura:

Teóricamente el indicador puede ser calculado para cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana, pero la factibilidad de lograrlo con una cobertura representativa,

---

68 Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver IAvH, 2005. *Archivo de hojas metodológicas. Versión 1.03. Fecha de actualización: Noviembre de 2005.* Bogotá, Colombia. 94 pp.

depende de la capacidad para establecer y monitorear parcelas permanentes ubicadas en las diferentes unidades de paisaje y UER, y en zonas donde se presenten presiones de origen antrópico cuyo efecto se desee identificar con el cálculo del indicador.

### 9.7. Escala:

El indicador puede ser estimado para las escalas regional, subregional y local.

### 9.8. Relación con otros indicadores:

Este indicador es complementario de aquellos que pretenden medir otras características de estado y dinámica de las unidades de paisaje y los ecosistemas existentes en ellas. Ejemplos de estos indicadores son la superficie, fragmentación y riqueza de ecosistemas.

Para el caso de ecosistemas boscosos se complementa con la información arrojada por un indicador que mida el estado de salud de la vegetación de este tipo de ecosistemas.

También se relaciona con indicadores de caracterización de la población humana asociada a los sitios de muestreo, tales como densidad de población, distribución y condiciones de vida de la misma.

### 9.9. Fuente de los datos:

Los datos de las dos variables involucradas en el cálculo del indicador, están asociados al monitoreo de parcelas permanentes. En la actualidad se dispone de los datos generados por la evaluación de la parcela permanente establecida por el Instituto SINCHI en el interior del parque nacional natural Amacayacu, ubicado en el departamento de Amazonas.

### 9.10. Disponibilidad de los datos:

#### 9.10.1. Existencia de series históricas:

No se cuenta con series históricas de las variables involucradas en el cálculo del indicador.

#### 9.10.2. Nivel de actualización de los datos:

Actualmente se dispone de los datos obtenidos en el año 2004 producto de la evaluación de la parcela permanente establecida en el parque nacional natural Amacayacu.

#### 9.10.3. Estado actual de los datos:

Los datos están disponibles pero no se encuentran procesados.

#### 9.10.4. Forma de presentación de los datos:

La información se encuentra almacenada en formato digital y análogo.

#### 9.11. Periodicidad de los datos:

En la actualidad los datos no presentan ninguna periodicidad. La necesidad de hacer seguimiento a la riqueza de especies arbóreas (especialmente de aquellas con uso comercial), mediante el monitoreo de parcelas permanentes, implica el cálculo de este indicador para una misma parcela por lo menos una vez cada cinco años.

#### 9.12. Posibles entidades responsables del indicador:

Para todas las escalas, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI en colaboración con las corporaciones para el desarrollo sostenible y las corporaciones autónomas regionales con territorio en la Amazonia colombiana, otros institutos y centros de investigación y universidades.

#### 9.13. Documentación relacionada con el indicador:

- Cárdenas, D., D. Giraldo & C. Arias, 1997. *Vegetación*. Capítulo 5. En: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, *Zonificación Ambiental para el plan modelo Colombo-Brasileño (Eje Apaporis-Tabatinga: PAT)*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Centro de Estudios de Ordenación del territorio y Medio Ambiente –CEOTMA–, 1984. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y Metodología*. Segunda Edición, Serie Manuales 3. (CEOTMA) - Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid-España.
- Duivenvoorden, J. & J. Lips, 1993. *Ecología del paisaje del medio Caquetá*. Memoria explicativa de los mapas. Tropenbos. Bogotá, D. C. Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC– y Centro Interamericano de Fotointerpretación –CIAF–, 1979. *La Amazonia colombiana y sus recursos; Proyecto Radargramétrico del Amazonas- PRORADAM*. Bogotá. Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC–, 1997. *Zonificación ambiental para el Plan Modelo Colombo-Brasileño. Eje Apaporis-Tabatinga PAT*. Santafé de Bogotá. Colombia.
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, 1998. *Macrozonificación ambiental de la cuenca del río Putumayo, área colombiana -PPCP-; Informe técnico*. Santafé de Bogotá. Colombia.

- Matteucci, S. & A. Colma, 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Serie de Biología, monografía 22. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington. USA.
- Ministerio del Medio Ambiente –MMA-, 1996. *Decreto 1791 de octubre 4 de 1996. Por el cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal*. Santafé de Bogotá. Colombia.
- -----, 1996. *Política de bosques*. Documento Conpes No.2834. Bogotá. Colombia.
- -----, 2000. *Plan Nacional de Desarrollo Forestal*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Ministerio del Medio Ambiente –MMA- & OIMT, 1996. *Diagnóstico de los sistemas de permisos y concesiones forestales y propuesta de Criterios e Indicadores para la ordenación sostenible de los bosques naturales*. Ed. José Miguel Orozco. Santafé de Bogotá. Colombia.
- Ministerio del Medio Ambiente –MMA- ACOFORE & OIMT, 1999. *Propuesta de criterios e indicadores para la ordenación el manejo y el aprovechamiento sostenible de los bosques naturales en Colombia*. Documento preliminar. Santafé de Bogotá. Colombia.
- Sánchez, H. & C. Castaño, 1994. *Aproximación a la definición de criterios para la zonificación y ordenamiento forestal en Colombia*. Ministerio del Medio Ambiente/OIMT/PNUD. Santafé de Bogotá. Colombia.
- Saldarriaga, J. G., 1994. *Recuperación de la selva de “Tierra Firme” en el alto río Negro - Amazonia Colombiana - Venezolana*. Tropenbos. Santafé de Bogotá. Colombia. 201 p.
- Tratado de Cooperación Amazónica –TCA-, 1997. *Zonificación ecológica - económica: Una propuesta metodológica para la Amazonia*. Caracas. Venezuela.
- UNESCO, 1979. *Clasificación internacional y cartografía de la vegetación*. Roma- Italia.

9.14. Ejemplo numérico:

9.15. Ejemplo gráfico:

9.16. Observaciones:

9.17. Elaborada por:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Programa de Flora. Bogotá, 2002.  
Ajustada por Mario Orlando López Castro. Enero de 2007.

## 10. Grado de Conocimiento de la Riqueza Florística

### 10.1. Definición:

El Grado de Conocimiento de la Riqueza florística estima la relación entre el número de ejemplares botánicos colectados para cada Unidad Espacial de Referencia (UER) en relación con su área, y el número de especies vegetales determinadas totalmente para cada UER y el número total de especies determinadas hasta el presente para la amazonia colombiana, existentes en la Base de Datos del Herbario Amazónico Colombiano (COAH).

### 10.2. Pertinencia del indicador (en relación con la línea base y la sostenibilidad ambiental):

Este indicador muestra el esfuerzo de investigación florística realizado en la Amazonia colombiana y su aporte al conocimiento de la riqueza vegetal de esta región. Permite priorizar áreas para investigación, conservación y uso sostenible, así como establecer la base de conocimiento sobre los recursos vegetales amazónicos.

### 10.3. Unidad de medida del indicador (la unidad de medida de cada una de las variables, se incluye en descripción metodológica):

Este indicador se expresa como MUY BAJO, BAJO, MEDIO, MEDIO-ALTO y ALTO.

### 10.4. Fórmula del indicador:

$$Ne = \frac{EjemplaresUER}{ÁreaUER(km^2)} \times \frac{No.spp.UER}{TotalsppCOAH}$$

Ponderación:

$$Indicador = \frac{Ne * 100}{\sum Ne}$$

## 105. Descripción metodológica:

### 10.5.1 Proceso de cálculo general del indicador (hacer explícitos los supuestos de cálculo y el tipo de información utilizada):

Para la toma de información se parte de la elaboración de mapas de paisajes y se ubican las diferentes UERs (o unidades político-administrativas), luego se procede a ubicar las colectas

previamente georreferenciadas en dicho mapa. Después se procede con el conteo del número de ejemplares y del número de especies totalmente determinadas por cada unidad de paisaje en cada UER.

El número de ejemplares se divide por el área de la correspondiente UER con el objeto de medir el esfuerzo y este resultado se multiplica nuevamente por la relación existente entre el número de especies determinadas totalmente presentes en cada UER y el número de especies reportadas en la Base de Datos del Herbario Amazónico Colombiano (COAH). Posteriormente, se ponderan los datos y se clasifican estos porcentajes.

Las categorías para calificación de los paisajes se establecieron de acuerdo con la distribución porcentual de los valores ponderados. Los rangos de cada categoría se establecieron usando los percentiles 25, 75 y 90, establecidos con base en el histograma de frecuencias de los valores del indicador a fecha 2002, de acuerdo con la tabla siguiente, asumiendo que en general el conocimiento de la riqueza florística amazónica es bajo:

Percentiles	Calificación
0	Nulo
<25	Muy Bajo
25-75	Bajo
75 - 90	Medio
90 - 100	Medio - Alto

10.5.2 Definición de cada variable de la fórmula (incluir dentro de la descripción la unidad de medida):

Variable 1

Número de especies = Número de especies totalmente determinadas.

Variable 2:

Área UER = Área en Km<sup>2</sup> de la unidad espacial de referencia- UER..

Variable 3:

Número de ejemplares = Número de especímenes colectados en cada UER..

Variable 4:

Número total de especies = Número de especies existentes en la Base de Datos del Herbario Amazónico Colombiano (COAH).

10.5.3 Limitaciones del indicador (con relación al método de cálculo y a la medición del fenómeno estudiado):

La principal limitación corresponde a la posibilidad de que las colectas estén concentradas geográficamente en áreas relativamente pequeñas frente a la unidad de referencia, así en el

caso de un levantamiento de parcelas de 1 hectárea, el número de especies y ejemplares será representativo de esta área, pero no necesariamente del paisaje donde fue realizado.

### 10.7. Cobertura (detallar el nivel de desagregación de la información):

Amazonia colombiana, considerando diferentes UER, en este caso se han considerado Departamentos, municipios y en éstos últimos las diferentes unidades de paisaje existentes.

8. Fuente de los datos (donde se producen originalmente, quien los recopila y procesa, quien los posee en la actualidad):

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - Sinchi. Programa de Flora. Herbario Amazónico Colombiano.

### 10.9 Disponibilidad de los datos:

	Variable 1	Variable 2
9.1 Existencia de series históricas (especificar desde y hasta cuando):	No existen series históricas, con datos generados para este indicador.	No existen series históricas, con datos generados para este indicador.
9.2 Nivel de actualización de los datos (especificar faltantes):	Teniendo en cuenta que no existen series históricas, la actualización de datos para este indicador puede hacerse cada vez que ingresen nuevos registros a la Base de Datos del COAH.	Teniendo en cuenta que no existen series históricas, la actualización de datos para este indicador puede hacerse cada vez que se actualicen las determinaciones de la Base de Datos del COAH.
9.3 Estado actual de los datos (especificar si los datos se encuentran en generación, en procesamiento, en actualización, en digitación o listos para ser utilizados):	Se dispone de alrededor de 50.000 registros en la Base de Datos del COAH.	Se dispone de alrededor del 85% de determinaciones confiables en la Base de Datos del COAH.
9.4 Forma de presentación de los datos (especificar si están en medio digital o impreso):	La información se encuentra en bases de datos almacenada en archivos digitales y los ejemplares botánicos que soportan la información se encuentran depositados físicamente en la colección general del Herbario Amazónico Colombiano – COAH.	La información se encuentra en bases de datos almacenada en archivos digitales y los ejemplares botánicos que soportan la información se encuentran depositados físicamente en la colección general del Herbario Amazónico Colombiano – COAH.

### 10.10. Periodicidad de los datos (diferenciar entre la frecuencia de la medición y la presentación de la información):

Los datos actuales presentan una periodicidad irregular ya que el ingreso de ejemplares se efectúa de acuerdo a proyectos ejecutados por el Instituto y donaciones de diversa procedencia cuya frecuencia es muy relativa. Sin embargo, la obtención del indicador puede realizarse año.

### 10.11. Posibles entidades responsables del indicador (precisar aquellas con quienes se harían los convenios interinstitucionales):

Instituto Sinchi, Herbarios Nacionales y extranjeros, Universidades, sin embargo se requiere disponer de un herbario completamente sistematizado, lo cual hasta el momento se encuentra en el país exclusivamente en el Herbario Amazónico Colombiano.

### 10.12. Documentación relacionada con el indicador (especificar los datos bibliográficos de los documentos que soportan directa o indirectamente el cálculo del indicador):

- CÁRDENAS, D., D. GIRALDO & C. ARIAS. 1997. Vegetación. Capítulo 5. En: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Zonificación Ambiental para el plan modelo Colombo-Brasilero (Eje Apaporis-Tabatinga: PAT). Bogotá.
- DUIVENVOORDEN, J. & J. LIPS. 1993. Ecología del Paisaje del Medio Caquetá. Memoria explicativa de los mapas. Tropenbos. Bogotá.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI - IGAC, CENTRO INTERAMERICANO DE FOTOINTERPRETACION - CIAF. 1979. La Amazonia colombiana y sus recursos; Proyecto Radargrametrico del Amazonas- PRORADAM. Bogotá.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI - IGAC. 1997. Zonificación Ambiental para el Plan Modelo Colombo-Brasilero. Eje Apaporis - Tabatinga PAT. Santafé de Bogotá.
- INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS - SINCHI, 1998. Macrozonificación ambiental de la cuenca del río Putumayo, área colombiana -PPCP-; Informe técnico. Santafé de Bogotá.
- SALDARRIAGA, J. G. 1994. Recuperación de la selva de "Tierra Firme" en el alto río Negro Amazonia Colombiana - Venezolana. Tropenbos. 201 p. Santafé de Bogotá.
- TRATADO DE COOPERACION AMAZONICA - TCA. 1997. Zonificación Ecológica - Económica: Una propuesta metodológica para la Amazonia. Caracas.



UNESCO. 1979. Clasificación Internacional y Cartografía de la Vegetación. Roma- Italia.

10.13. Series o bases de datos simplificadas o refinadas (incluir como anexo los datos más significativos en el cálculo del indicador para cada una de las variables involucradas):

10.14. Representación gráfica:

10.15. Observaciones:

10.16. Elaborada por (responsable de la hoja metodológica del indicador):

Instituto Sinchi, Programa de Flora.

## 11. Densidad de población

### 11.1. Definición del indicador:

Densidad de Población ( $DP_{jt}$ ): Es el número de habitantes (total o resto<sup>69</sup>), por unidad de superficie existentes en la unidad espacial de referencia  $j$ <sup>70</sup>, en el tiempo  $t$ <sup>71</sup>.

### 11.2. Pertinencia del indicador:

La población humana genera sobre su entorno una serie de demandas que surgen de su interés por satisfacer un variado conjunto de necesidades básicas y alcanzar su desarrollo económico. El entorno físico y el medio ambiente natural, dado su poder de resiliencia y capacidad de carga, respectivamente, pueden, dentro de ciertos márgenes, suplir dichos requerimientos sin mostrar deterioro en el largo plazo. Sin embargo, manteniendo constante otras consideraciones que pueden acelerar o desacelerar los procesos afectados, se observa que cuando las demandas superan un determinado umbral, dado el tamaño de la población y más que éste, dada la densidad de población, se producen cambios que propician el deterioro permanente del entorno físico y natural.

Resulta entonces interesante generar un indicador de densidad poblacional en UER que pueda ser comparado con el estado y dinámica que presentan los recursos naturales renovables y el medio ambiente en dichas áreas con el propósito de identificar la existencia de correspondencias.

El planteamiento de esta relación en ningún momento pretende desconocer el significativo impacto que otras variables pueden tener sobre el deterioro o la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Es evidente que distintos tipos de intervención humana sobre el entorno (v. g. Diferentes sistemas y prácticas de manejo agrícola y pecuario), generan muy diferentes resultados.

69 El Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE– es la entidad oficial encargada de generar los datos de población. Producto del censo realizado en 2005, actualmente se cuenta con datos de población por municipio discriminados según tres condiciones (cabecera municipal, resto y total). Por motivos inherentes al Programa Regional de Monitoreo Ambiental de la Amazonia Colombiana, resulta pertinente calcular densidades de población considerando tanto la población total municipal como la población conocida como resto, es decir, la población total menos la población de la cabecera municipal.

70 Una unidad espacial de referencia –UER– es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador (Murcia, et. al, 2003). Las UER para las que es factible calcular este indicador están limitadas a las consideradas en la división político-administrativa debido a que la generación de los datos de población está ligada a dichas unidades espaciales.

71 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considera representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

### 11.3. Unidad de medida del indicador:

El indicador está expresado en número de habitantes por kilómetro cuadrado (hab./Km<sup>2</sup>).

### 11.4. Fórmula del indicador:

Se plantean dos algoritmos para el cálculo de la densidad de población, uno para el caso de la densidad de población total y otro para el caso de la densidad de población resto:

#### 11.4.1. Densidad de población total:

$$DPT_{jt} = \left( \frac{PT_{jt}}{AUER_{jt}} \right)$$

Donde:

$DPT_{jt}$  es la densidad de población total en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$PT_{jt}$  (variable 1), es la población total (habitantes) en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$AUER_{jt}$  (variable 2), es la superficie total (hectáreas) de la unidad espacial de referencia j en la que se está calculando el indicador en el tiempo t.

#### 11.4.2. Densidad de población resto:

$$DPR_{jt} = \left( \frac{PR_{jt}}{AUER_{jt}} \right)$$

Donde:

$DPR_{jt}$  es la densidad de población resto en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$PR_{jt}$  (variable 1), es la población resto (habitantes) en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$AUER_{jt}$  (variable 2), es la superficie total (hectáreas) de la unidad espacial de referencia j en la que se está calculando el indicador en el tiempo t.

### 11.5. Descripción metodológica:

#### 11.5.1. Proceso de cálculo del indicador:

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos oficiales de población municipal (total y resto) y de superficie de las entidades territoriales.

El valor de la variable 1, es decir, la población total ( $PT_{jt}$ ) o la población resto ( $PR_{jt}$ ), se obtiene sumando las poblaciones totales, o las poblaciones resto, según el caso, de cada uno de los municipios que conforman la UER para la cual se está calculando el indicador.

El valor de la variable 2 ( $AUER_{jt}$ ), se obtiene a partir de información secundaria de carácter oficial que defina la superficie de la UER para la que resulta relevante el cálculo del indicador.

La estimación del valor del indicador para cada UER ( $DPT_{jt}$ ) o ( $DPR_{jt}$ ) según el caso, se determina dividiendo el valor de la población total o de la población resto de cada UER sobre la superficie total de la misma.

( $DP_{jt} > 0$ ). El indicador toma valores cercanos a 0 cuando la población de la UER es baja y aumenta a medida que dicho valor se incrementa.

Cuando se presente el interés de comparar los valores de este indicador calculados para una misma UER en diferentes períodos de tiempo, resulta imprescindible constatar que la superficie de la UER es exactamente la misma en todos los casos.

#### 11.5.2. Presentación de resultados:

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan las diferentes UER y en las columnas, los períodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador, incluyendo una columna para la población total en la UER, una columna para la población resto en la UER, una columna para el valor de la superficie de la UER y dos columnas para el valor del indicador, tanto para el caso de la población total como para el caso de la población resto.

Para facilitar la interpretación de los resultados, se puede emplear un método de conformación de clases mediante el cual se evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador para los diferentes ecosistemas<sup>72</sup>.

Resulta igualmente conveniente, ilustrar los datos en una gráfica que muestre la densidad de población para las diferentes UER.

La aplicación de un método de conformación de clases permite clasificar los datos arrojados por la estimación del indicador para las diferentes UER en unas pocas categorías, siendo factible presentarlas en un mapa, de forma que resulte especialmente ilustrativa la identificación de zonas que presenten alta o baja densidad de población.

---

72 Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver IAvH, 2005. *Archivo de hojas metodológicas. Versión 1.03. Fecha de actualización: Noviembre de 2005.* Bogotá, Colombia. 94 pp.

### 11.5.3. Limitación del indicador:

El indicador no puede ser calculado para UER que no correspondan a municipios o a un agregado de ellos. El cálculo del indicador para una UER que no cumpla este requisito, implica suponer que la población municipal se distribuye homogéneamente dentro del territorio municipal.

Cuando la estimación del indicador de densidad de población se realiza para diferentes períodos, es necesario contemplar en la metodología de estimación del indicador el fenómeno de segregación municipal<sup>73</sup>, antes de efectuar análisis comparativos.

Los análisis temporales obligan la comparación de las densidades de población estimadas para, exactamente, los mismos territorios. Por ello los valores de los indicadores obtenidos para un conjunto de municipios que en otro período constituían una sola unidad territorial, deben agregarse para generar un solo registro que pueda ser comparado con el dato obtenido para el territorio cuando se trataba de una sola unidad geográfica.

Cuando los procesos de agregación o desagregación de entidades territoriales no resultan claros, se pueden tener dificultades en el proceso de estimación de este indicador.

### 11.6. Cobertura:

El indicador ha sido estimado con datos de 1985 y 1993 para cada uno de los municipios de la región amazónica existentes en dichos años.

### 11.7. Escala:

El indicador puede ser estimado para las escalas regional, subregional y local: Entidades territoriales y CARs.

### 11.8. Relación con otros indicadores:

El cálculo de este indicador de presión, en diferentes períodos de tiempo, permite disponer de un indicador de flujo que da cuenta de los cambios temporales presentados en la densidad de población, permitiendo identificar incrementos o disminuciones de potenciales presiones sobre el medio ambiente y los recursos naturales renovables en las UER para las cuales se estima el indicador.

Este indicador también se relaciona con otros que buscan caracterizar la presión antrópica a la cual pueden estar sometidos los recursos naturales renovables en una región y que analizados en su conjunto pueden cumplir con este propósito. Entre este conjunto se resaltan los

<sup>73</sup> La segregación municipal es la creación de una nueva entidad municipal a partir de otra preexistente.

siguientes indicadores: tamaño de la población, incremento relativo de la población, índice de condiciones de vida de la población, necesidades básicas insatisfechas, pobreza, actividad económica, formas de intervención humana sobre el entorno, prácticas de manejo agropecuario, accesibilidad y tipos de asentamientos.

También se puede relacionar con indicadores de estado de los ecosistemas, con los cuales es factible identificar correlaciones que permitan explicar comportamientos espaciales y temporales.

### 11.9. Fuente de los datos:

Respecto de la variable 1, los datos disponibles provienen de información censal para los años 1964, 1973, 1985, 1993 y 2005. Para los años intermedios el DANE dispone de proyecciones de población. Las fuentes son:

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE–, 2007. Dirección de Censos y Demografía. *Censos Nacionales de Población y Vivienda años 1964, 1973, 1985 y 1993 – Población total censada por departamentos y municipios*. Bogotá, D. C. Colombia. <http://www.dane.gov.co/> información indexada en febrero de 2007.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE–. *Proyecciones de Población 1995 – 2005*. Sistema de Consulta. <http://www.dane.gov.co/>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE–. *Censo General 2005. Población Censada después de compensada por omisiones de cobertura geográfica (1,22 %) y contingencia de transferencia (0,22%)*. Sistema de Consulta. <http://www.dane.gov.co/>.

La fuente de los datos de la variable 2 para el caso de corporaciones autónomas regionales, departamentos, municipios y territorios indígenas es:

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE–, 2006. *División Política Administrativa de Colombia*. Sistema de Consulta. [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co).

### 11.10. Disponibilidad de los datos:

#### 11.10.1. Existencia de series históricas:

Se cuenta con información censal discriminada según total, cabecera y resto del municipio, para los años 1985, 1993 y 2005.

#### 11.10.2. Nivel de actualización de los datos:

Los datos censales de población más recientes son de 2005. Se cuenta con proyecciones de población municipal para el periodo 1995 – 2005.

#### 11.10.3. Estado actual de los datos:

Los datos censales y las proyecciones de población están discriminados por municipio (total, cabecera y resto del municipio).

#### 11.10.4. Forma de presentación de los datos:

Los datos censales y las proyecciones de población se encuentran almacenados en una base de datos en el DANE a los que es factible acceder mediante un sistema de consulta vía Internet.

#### 11.11. Periodicidad de los datos:

Los datos censales de población tienen una periodicidad aproximada de 10 años. Las proyecciones son anuales.

#### 11.12. Posibles entidades responsables del indicador:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.

#### 11.13. Documentación relacionada con el indicador:

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE–, 1993. *Sistema de Consulta del XVI Censo Nacional de Población y V de Vivienda. Censo 1993*. Bogotá, Colombia.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt –IAvH–, 2002. *Proyecto Diseño e Implementación del Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana*. Informe Final de Resultados. Bogotá, Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM–, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt –IAvH–, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico –IIAP– e Instituto de investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis –INVEMAR–, 2002. *Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC – 3 tomos*. Bogotá. Colombia.
- Ortiz, N., Bernal, N., Betancourt, J. C. y López, M. O., 2004. *Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en Colombia: aspectos conceptuales y metodológicos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt –IAvH. Serie: Indicadores de Seguimiento y Evaluación de la Política de Biodiversidad. 57 p.

#### 11.14. Ejemplo numérico:

#### 11.15. Ejemplo gráfico:

#### 11.16. Observaciones:

#### 11.17. Elaborada por:

Instituto Alexander von Humboldt. Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad, Unidad de Sistemas de Información Geográfica. Bogotá, mayo de 2002. Actualizada mayo de 2004.

Ajustada por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, diciembre de 2006.



## 12. Incremento relativo de la población

### 12.1. Definición:

Grado de crecimiento o incremento relativo de la población urbana, rural, municipal, corregimental departamental o departamental.

### 12.2. Pertinencia del indicador (en relación con la línea base y la sostenibilidad ambiental):

El crecimiento en la dimensión de la población de un territorio es uno de los indicadores de interés básico en cualquier intento de planificación, ordenamiento ambiental o territorial, por cuanto a mayor número de habitantes, mayor será la presión sobre los ecosistemas naturales de un territorio.

### 12.3. Unidad de medida del indicador (la unidad de medida de cada una de las variables, se incluye en descripción metodológica):

Porcentaje (%)

### 12.4. Fórmula del indicador:

$$C = \frac{P2 - P1}{P1} * 100$$

Donde:

C = Grado de crecimiento o incremento relativo de la población urbana, rural, municipal, corregimental departamental o departamental.

P2= Último censo de población (urbana, rural, municipal, corregimental departamental o departamental)

P1 = Censo anterior de población (urbana, rural, municipal, corregimental departamental o departamental)

## 12.5. Descripción metodológica:

### 12.5.1 Proceso de cálculo general del indicador:

El grado de crecimiento o incremento relativo de la población urbana, rural, municipal, corregimental departamental, departamental y regional, se mide buscando la diferencia entre la cantidad de personas presentes en dos fechas distintas por categoría territorial (ejemplo: censos de población del DANE, 1985 y 1993). La variación de población puede ser positiva (crecimiento) o negativa (decrecimiento), según aumente o disminuya la población en la categoría territorial seleccionada para procesar el indicador.

### 12.5.2 Definición de cada variable de la fórmula (incluir dentro de la descripción la unidad de medida:

#### Variable 1

P2: Incluye el total de la población que habitaba en el territorio, de acuerdo con el último censo realizado por el DANE en cada una de las categorías consideradas (urbana, rural, municipal, corregimental departamental o departamental).

#### Variable 2

P1 : Incluye el total de la población que habitaba en el territorio, de acuerdo con el penúltimo censo realizado por el DANE en cada una de las categorías consideradas (urbana, rural, municipal, corregimental departamental o departamental).

### 12.5.3 Limitaciones del indicador (con relación al método de cálculo y a la medición del fenómeno estudiado):

La limitación del indicador está dada por la cobertura parcial realizada por el último Censo de Población DANE, de los diferentes entes territoriales de la región amazónica en 1993. Se espera que esta limitación sea superada por el próximo Censo de Población.

## 12.6. Cobertura (detallar el nivel de desagregación de la información):

La información con que cuenta el SINCHI, corresponde a la generada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), que cubre parcialmente cada uno de los departamentos, municipios, corregimientos departamentales, cabeceras municipales (área urbana) y áreas rurales municipales y corregimentales departamentales, de la región amazónica, establecida por el SINCHI, en cuanto a datos de población.

## 12.7. Fuente de los datos (donde se producen originalmente, quien los recopila y procesa, quien los posee en la actualidad):

La información corresponde a la generada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE.

## 12.8. Disponibilidad de los datos:

	Variable 1	Variable 2
8.1 Existencia de series históricas	Existen series históricas parciales de censos nacionales de población desde 1951 de la región amazónica colombiana. El indicador se procesa a partir del Censo de Población DANE, 1985.	Existen series históricas parciales de censos nacionales de población desde 1951 de la región amazónica. El indicador se procesa con los datos del Censo de Población DANE, 1983.
8.2 Nivel de actualización de los datos	Los Censos Nacionales del país tienen una periodicidad promedio de 10 años. Con base en esta información se puede estimar el indicador.	Los Censos Nacionales del país tienen una periodicidad promedio de 10 años. Con base en esta información se puede estimar el indicador.
8.3 Estado actual de los datos	Los datos para la Amazonia colombiana, se encuentran registrados parcialmente en el censo de Población del DANE, para el año 1985.	La información para la Amazonia colombiana, se encuentra actualizada parcialmente hasta el año 1993, en el censo de Población del DANE. Esta información se espera sea actualizada y que su cubrimiento sea total, para los diferentes entes territoriales de la Amazonia colombiana en el próximo Censo de Población, que por Ley estaba planteado para el 2003.
8.4 Forma de presentación de los datos	Se hallan en formato digital y análogo.	Se hallan en formato digital y análogo.

## 12.9. Periodicidad de los datos (diferenciar entre la frecuencia de la medición y la presentación de la información):

El crecimiento de población en las áreas urbanas (cabeceras municipales y corregimentales departamentales), rurales, municipales y departamentales se puede estimar con base a los Censos Nacionales de Población de 1985 y 1993.

## 12.10. Posibles entidades responsables del indicador (precisar aquellas con quienes se harían los convenios interinstitucionales):

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y Corporaciones Administrativas Regionales (CAR).

### 12.11. Documentación relacionada con el indicador (especificar los datos bibliográficos de los documentos que soportan directa o indirectamente el cálculo del indicador):

Bosque Sendra Joaquín y Moreno Jiménez Antonio, 1994. Prácticas de análisis exploratorio y multivariante de datos. Oikos-Tau. Barcelona - España. 214 p.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 1993. Censo de población. Bogotá - Colombia.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2002. División político-administrativa. Bogotá - Colombia. 320 p.

Del Canto Consuelo Fresno, Carrera Sánchez María del Carmen, Puebla Gutiérrez Javier, Méndez Gutiérrez del Valle Ricardo y Pérez Sierra María del Carmen, 1988. Trabajos prácticos de geografía humana. Editorial Síntesis, S. A. Madrid - España. 440 p.

Gutiérrez Rey Franz, 1999. La organización e integración del sistema urbano en el departamento de Putumayo. Proyecto de Caracterización de los Asentamientos Humanos. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI). Bogotá - Colombia. 202 p.

Gutiérrez Rey Franz, 1999. La organización e integración del sistema urbano en el departamento de Caquetá. Proyecto de Caracterización de los Asentamientos Humanos. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI). Bogotá - Colombia. 220 p.

Gutiérrez Rey Franz, 2001. Diseño metodológico para el diagnóstico de la organización funcional del sistema urbano en los planes de ordenamiento territorial departamental: el caso de Córdoba. Trabajo de grado (Magíster en Geografía con énfasis en Ordenamiento Territorial). Convenio Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Escuela de Postgrado en Geografía (EPG). Bogotá - Colombia. 373 p.

Ouerta Gamir Agustín, Ruiz Pérez Mauricio y Seguí Pons Joana, 1995. Prácticas de análisis espacial. Oikos-Tau. Barcelona - España. 383 p.

Puebla Gutiérrez Javier, 1992. La ciudad y la organización regional. Cuaderno de Estudio No. 14, Serie Geografía. Editorial Cíncel Kapelusz. Madrid - España. 117 p.

### 12.12. Series o bases de datos simplificadas o refinadas (incluir como anexo los datos más significativos en el cálculo del indicador para cada una de las variables involucradas):

### 12.13. Representación gráfica:

Observaciones:

Elaborada por: Área de Asentamientos Humanos (SINCHI), Franz Gutiérrez Rey.

## 13. Índice de condiciones de vida de la población

### 13.1. Definición del indicador:

Índice de Condiciones de Vida de la Población ( $ICVP_{jt}$ ): Es el promedio de las condiciones de vida de la población de una determinada unidad espacial de referencia  $j$ <sup>74</sup>, en el tiempo  $t$ <sup>75</sup>.

### 13.2. Pertinencia del indicador:

La población humana genera sobre su entorno una serie de demandas que surgen de su interés por satisfacer un variado conjunto de necesidades básicas y alcanzar su desarrollo económico. El entorno físico y el medio ambiente natural, dado su poder de resiliencia y capacidad de carga, respectivamente, pueden, dentro de ciertos márgenes, suplir dichos requerimientos sin mostrar deterioro en el largo plazo. Sin embargo, a partir de ciertos niveles de población, las demandas superan un determinado umbral produciéndose cambios que propician el deterioro permanente del entorno físico y natural.

Uno de los factores que multiplica o reduce el impacto de la población sobre el estado de los recursos naturales y el medio ambiente, es el relacionado con sus condiciones de vida.

Este indicador ofrece una medida del estado de la población humana en relación con una de las características que se considera determinante del tipo de relación que se establece entre el hombre y la naturaleza: las condiciones de vida.

En el enfoque que explica el estado del medio ambiente y los recursos naturales como producto de múltiples relaciones hombre – naturaleza, se ha planteado que las condiciones de bienestar de la población asociada a los ecosistemas son determinantes de las formas como dicha población se relaciona con los ecosistemas de los cuales forma parte.

Resulta entonces interesante generar un indicador de índice de condiciones de vida de la población en UER, que pueda ser comparado con el estado y dinámica que presentan los recursos naturales renovables y el medio ambiente en la región amazónica con el propósito de identificar la existencia de correspondencias.

---

74 Una unidad espacial de referencia –UER– es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador. Las UER para las que es factible calcular este indicador están limitadas a las consideradas en la división político-administrativa debido a que la generación de los datos de condiciones de vida de la población está ligada a dichas unidades espaciales.

75 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considere representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

El planteamiento de esta relación en ningún momento pretende desconocer el significativo impacto que otras variables pueden tener sobre el deterioro o la conservación de los recursos naturales renovables. Es evidente que distintos tipos de intervención humana sobre el entorno (v. g. Diferentes sistemas y prácticas de manejo agrícola y pecuario), generan muy diferentes resultados.

El indicador formulado se basa en el índice de condiciones de vida (ICV) diseñado por la Misión Social (hoy Programa de Desarrollo Humano) del Departamento Nacional de Planeación (DNP), el cual se obtiene al evaluar en la población, aspectos tales como i) educación y capital humano, ii) calidad de la vivienda, iii) acceso y calidad de los servicios y iv) tamaño y composición del hogar<sup>76</sup>.

El ICV fue diseñado para medir el bienestar de la población y las condiciones de vida de las familias y los municipios de Colombia<sup>77</sup>. El valor arrojado por el indicador para un caso específico, surge al agregar las calificaciones ponderadas que reciben los hogares, luego de evaluarles 12 diferentes aspectos.

De acuerdo a la metodología del DNP, el índice de condiciones de vida “combina en una sola medida las variables de potencial acceso a bienes físicos, representados en las características físicas de las viviendas, con variables que miden el capital humano de las personas del hogar, las posibilidades de acceso a los servicios públicos domiciliarios, las posibilidades de acceso de los niños y jóvenes a los servicios escolares y las características demográficas de los hogares como potencial frente al mercado laboral y peso de los niños menores de seis años” (IDEAM, et al., 2002).

### 13.3. Unidad de medida del indicador:

El indicador es adimensional.

### 13.4. Fórmula del indicador:

$$ICVP_{jt} = \left( \frac{\sum_{k=1}^m (ICVP_{kjt} \cdot PT_{kjt})}{PT_{jt}} \right)$$

Donde:

$ICVP_{jt}$  es el índice de condiciones de vida de la población de la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$ICVP_{kjt}$  (variable 1), es el índice de condiciones de vida de la población del municipio k inserto en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

<sup>76</sup> Departamento Nacional de Planeación (DNP) Índice de Condiciones de Vida, ICV. Misión Social.

<sup>77</sup> Sarmiento Alfredo y Clara Ramírez. El índice de condiciones de vida. En Planeación y Desarrollo Volumen XXVIII / Número 1 enero - marzo de 1997. Santafé de Bogotá, D. C., Colombia.

$PT_{kjt}$  (variable 2), es la población del municipio k inserto en la unidad espacial de referencia j en la que se está calculando el indicador en el tiempo t.

$PT_{jt}$  (variable 3), es la población de la unidad espacial de referencia j en la que se está calculando el indicador en el tiempo t.

### 13.5. Descripción metodológica:

#### 13.5.1. Proceso de cálculo del indicador:

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos oficiales de índice de condiciones de vida y de población municipal.

Los 12 aspectos considerados para el cálculo del ICVP, clasificados por categoría, son:

##### Educación y capital humano:

1. Educación jefe del hogar (sin educación = 0; educación superior = 11.52).
2. Educación personas de 12 y más años (sin educación = 0; educación superior = 12.31).
3. Asistencia 12-18 años a secundaria y universidad (ninguno asiste = 0; todos asisten = 5.66).
4. Asistencia niños 5-11 años a primaria (máximo 1 asiste = 0; todos asisten = 9,95).

##### Calidad de la vivienda:

5. Material de las paredes (guadua/caña = 0; bloque/ladrillo = 6,11).
6. Material de los pisos (tierra = 0; alfombra = 6.79).

##### Acceso y calidad de los servicios:

7. Abastecimiento de agua (río/quebrada = 0; acueducto = 6.99).
8. Con qué cocinan (leña/carbón = 0; gas/electricidad = 6.67).
9. Recolección de basuras (tiran al patio = 0; servicio de aseo = 6.62).
10. Servicio sanitario (ninguno = 0; inodoro descargable = 7.14).

##### Tamaño y composición del hogar:

11. Niños de 6 o menos años en el hogar (más de 4 niños = 0; sin niños = 7.45).
12. Personas por cuarto (7 por cuarto = 0; 1 por cuarto = 12.80).



El valor del numerador de la expresión de cálculo del indicador, se obtiene sumando los  $m$  productos surgidos de multiplicar el índice de condiciones de vida calculado para un municipio  $k$  (variable 1) por la población total de dicho municipio (variable 2), siendo  $m$  el número de municipios que está conformando la UER  $j$ .

El valor de la variable 3 ( $PT_{j^i}$ ), se obtiene de sumar la población total de los municipios que conforman la UER para la que resulta relevante el cálculo del indicador.

La estimación del valor del indicador para cada UER se determina dividiendo la sumatoria prevista en el numerador de la expresión por la población de la UER.

$0 < ICVP \leq 100$  El indicador toma valores cercanos a 0 cuando los habitantes de la UER tienen, en promedio, condiciones de vida muy desfavorables, y aumenta, tendiendo a 100, a medida que mejora el promedio de las condiciones de vida de dicha población. Toma el valor de 100 si las condiciones de vida de todos los pobladores es óptimo en la UER según los criterios y esquema de calificación previsto.

#### 13.5.2. Presentación de resultados:

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan las diferentes UER y en las columnas los periodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador, incluyendo una columna para cada uno de los 12 aspectos evaluados y una columna para el índice de condiciones de vida de la población de la UER.

Para facilitar la interpretación de los resultados, se puede emplear un método de conformación de clases mediante el cual se evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador para las diferentes UER<sup>78</sup>.

#### 13.5.3. Limitación del indicador:

El indicador no puede ser calculado para UER que no correspondan a municipios o a un agregado de ellos. El cálculo del indicador para una UER que no cumpla este requisito, implica suponer que las condiciones de vida de la población municipal son homogéneas dentro del territorio municipal.

Por otra parte, tiene las limitantes propias del modelo del ICV diseñado por el DNP, en especial el hecho que, algunos de los componentes del índice no se ajustan apropiadamente a las condiciones regionales de la Amazonia colombiana.

---

78 Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver IAvH, 2005. *Archivo de hojas metodológicas. Versión 1.03. Fecha de actualización: Noviembre de 2005.* Bogotá, Colombia. 94 pp.

### 13.6. Cobertura:

El indicador puede ser calculado para cada uno de los municipios de la región amazónica o para un agregado de ellos.

### 13.7. Escala:

El indicador puede ser estimado para las escalas regional y local: Entidades territoriales y CARs.

### 13.8. Relación con otros indicadores:

Este indicador es utilizado como una medición de la pobreza y/o de las condiciones de bienestar de la población, en este sentido está relacionado con el indicador de necesidades básicas insatisfechas –NBI- y la línea de pobreza.

También está relacionado con indicadores tales como: densidad de población, actividad económica, formas de intervención humana sobre el entorno, prácticas de manejo agropecuario, sistemas agrícolas, accesibilidad y tipos de asentamientos, que pueden potenciar o reducir el impacto de la densidad de población sobre el estado de los recursos naturales renovables y el medio ambiente.

### 13.9. Fuente de los datos:

Los datos de la variable 1 son suministrados por el Programa de Desarrollo Humano del Departamento Nacional de Planeación –DNP-, que los calcula con base en información censal generada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE-.

Los datos de las variables 2 y 3 provienen de información censal para los años 1985, 1993 y 2005. Para los años intermedios, el DANE dispone de proyecciones de población. Las fuentes son:

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE-, 1993. Dirección de Censos y Demografía. Censo Nacional de Población 1993. Bogotá, D. C. Colombia.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE-. Proyecciones de Población 1995 – 2005. Sistema de Consulta. <http://www.dane.gov.co>.

## 13.10. Disponibilidad de los datos:

### 13.10.1. Existencia de series históricas:

Respecto de la variable 1, se cuenta con los datos de índice de condiciones de vida a nivel municipal para los años 1985, 1993, 1997 y 2000, y con los datos básicos requeridos para su cálculo para el año 2005.

En relación con las variables 2 y 3, se dispone de información censal para los años 1985, 1993 y 2005 y con proyecciones de población para años intercensales.

### 13.10.2. Nivel de actualización de los datos:

Los datos básicos requeridos para el cálculo del indicador, para el año 2005, provienen del censo de población realizado en dicho año.

### 13.10.3. Estado actual de los datos:

Los datos básicos requeridos para el cálculo del indicador para el año 2005 están discriminados por municipio.

### 13.10.4. Forma de presentación de los datos:

Los datos básicos requeridos para el cálculo del indicador se encuentran almacenados en una base de datos en el DANE, que discrimina, por pregunta, las respuestas obtenidas en la consulta a los hogares evaluados.

Los datos censales y las proyecciones de población se encuentran almacenados en una base de datos en el DANE a los que es factible acceder mediante un sistema de consulta vía Internet.

## 13.11. Periodicidad de los datos:

Los datos del índice de condiciones de vida se obtienen junto con los datos censales de población con una periodicidad aproximada de 10 años. Las proyecciones son anuales.

## 13.12. Posibles entidades responsables del indicador:

Departamento Nacional de Planeación e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.

### 13.13. Documentación relacionada con el indicador:

- Departamento Nacional de Planeación–DNP–, 1998. *Índice de condiciones de vida*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación –DNP–; Unidad de Desarrollo Social –UDS–; Misión Social y División Indicadores y Orientación del Gasto Social –DIOGS–. *Sistema de Indicadores Socio-Demográficos para Colombia –SISD–* (v.1.0). Santafé de Bogotá, 1995-1998.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM–, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt –IAvH–, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico –IIAP– e Instituto de investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés –INVEMAR–, 2002. *Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC –* 3 tomos. Bogotá, D. C. Colombia.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt –IAvH–, 2002. *Proyecto Diseño e Implementación del Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana*. Informe Final de Resultados. Bogotá, Colombia.
- Ortiz, N., Bernal, N., Betancourt, J. C. y López, M. O., 2004. *Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en Colombia: aspectos conceptuales y metodológicos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt –IAvH. Serie: Indicadores de Seguimiento y Evaluación de la Política de Biodiversidad. 57 p.

### 13.14. Ejemplo numérico:

### 13.15. Ejemplo gráfico:

### 13.16. Observaciones:

### 13.17. Elaborada por:

Instituto Alexander von Humboldt. Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad, Unidad de Sistemas de Información Geográfica. Bogotá, mayo de 2002. Actualizada mayo de 2004.

Ajustada por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, enero de 2007.

## 14. Nivel de urbanización

### 14.1. Definición del indicador:

Nivel de Urbanización ( $NU_{jt}$ ): Es el porcentaje de la población de una determinada unidad espacial de referencia  $j$ <sup>79</sup>, que habita en las cabeceras municipales, en el tiempo  $t$ <sup>80</sup>.

### 14.2. Pertinencia del indicador:

La población humana genera sobre su entorno una serie de demandas que surgen de su interés por satisfacer un variado conjunto de necesidades básicas y alcanzar su desarrollo económico. El entorno físico y el medio ambiente natural, dado su poder de resiliencia y capacidad de carga, respectivamente, pueden, dentro de ciertos márgenes, suplir dichos requerimientos sin mostrar deterioro en el largo plazo. Sin embargo, a partir de ciertos niveles de población, las demandas superan un determinado umbral produciéndose cambios que propician el deterioro permanente del entorno físico y natural.

Uno de los factores que multiplica o reduce el impacto de la población sobre el estado de los recursos naturales y el medio ambiente, es el relacionado con su concentración en núcleos urbanos.

El conocimiento de la distribución espacial de la población y sus tendencias contribuye a generar entendimiento sobre la configuración de un territorio en el tiempo.

La forma desordenada como se desarrolla el proceso de urbanización en nuestro país es la que puede estar propiciando la generación de mayores impactos sobre los recursos naturales renovables y el medio ambiente, tanto por la demanda de recursos como por la producción de residuos y contaminación.

Este indicador ofrece una medida de la concentración de la población formando núcleos urbanos que resulta valiosa para tomar decisiones de ordenamiento territorial y uso sostenible de recursos naturales renovables.

---

79 Una unidad espacial de referencia –UER– es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador. Las UER para las que es factible calcular este indicador están limitadas a las consideradas en la división político-administrativa debido a que la generación de los datos de población está ligada a dichas unidades espaciales.

80 Un periodo de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considere representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

### 14.3. Unidad de medida del indicador:

El indicador está expresado en porcentaje (%).

### 14.4. Fórmula del indicador:

$$NU_{jt} = \left( \frac{PU_{jt}}{PT_{jt}} \right) \cdot 100$$

Donde:

$NU_{jt}$  es el porcentaje de la población de la unidad espacial de referencia j que vive en las cabeceras municipales, en el tiempo t.

$PU_{jt}$  (variable 1), es la población urbana (habitantes) en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$PT_{jt}$  (variable 2), es la población total (habitantes) en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

### 14.5. Descripción metodológica:

#### 14.5.1. Proceso de cálculo del indicador:

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos oficiales de población municipal (total y urbana).

El valor de la variable 1 ( $PU_{jt}$ ), se obtiene sumando las poblaciones de las cabeceras de cada uno de los municipios que conforman la UER para la cual se está calculando el indicador.

El valor de la variable 2 ( $PT_{jt}$ ), se obtiene sumando las poblaciones totales de cada uno de los municipios que conforman la UER para la cual se está calculando el indicador.

La estimación del valor del indicador para cada UER ( $NU_{jt}$ ), se determina dividiendo el valor de la población urbana de cada UER sobre la población total de la misma, multiplicando el resultado por cien.

$0 < NU_{jt} < 100$ . El indicador se aproxima a 0 cuando la participación de la población urbana dentro de la población total es muy baja en la UER j en el tiempo t, y aumenta a medida que se incrementa dicha participación.

#### 14.5.2. Presentación de resultados:

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan las diferentes UER y en las columnas los periodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador, incluyendo una columna para la población urbana en la UER, una columna para la población total en la UER y una columna para el valor del indicador.

Para facilitar la interpretación de los resultados, se puede emplear un método de conformación de clases mediante el cual se evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador para las diferentes UER<sup>81</sup>.

#### 14.5.3. Limitación del indicador:

El indicador no puede ser calculado para UER que no correspondan a municipios o a un agregado de ellos. El cálculo del indicador para una UER que no cumpla este requisito, implica suponer que la población municipal se distribuye homogéneamente dentro del territorio municipal.

Cuando la estimación del indicador de nivel de urbanización se realiza para diferentes periodos, es necesario contemplar en la metodología de estimación del indicador el fenómeno de segregación municipal<sup>82</sup>, antes de efectuar análisis comparativos.

Los análisis temporales obligan la comparación del nivel de urbanización para, exactamente, los mismos territorios. Por ello los valores de los indicadores obtenidos para un conjunto de municipios que en otro periodo constituyen una sola unidad territorial, deben agregarse para generar un solo registro que pueda ser comparado con el dato obtenido para el territorio cuando se trataba de una sola unidad geográfica.

Cuando los procesos de agregación o desagregación de entidades territoriales para crear otras no resultan claros, se pueden tener dificultades en el proceso de estimación de los indicadores.

La metodología de cálculo del indicador restringe la medición de la magnitud del fenómeno urbano presente en el municipio, a la fracción que de éste representa la cabecera municipal. Este hecho genera dos tipos de sesgo; uno que lo subestima, para el caso de municipios con presencia de núcleos de características urbanas diferentes a la cabecera municipal, y otro que lo sobreestima, para el caso de municipios en los cuales ni siquiera la cabecera municipal tiene características urbanas.

---

81 Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver IAvH, 2005. *Archivo de hojas metodológicas. Versión 1.03. Fecha de actualización: Noviembre de 2005.* Bogotá, Colombia. 94 pp.

82 La segregación municipal es la creación de una nueva entidad municipal a partir de otra preexistente.

## 14.6. Cobertura:

El indicador puede ser calculado para cada uno de los municipios de la región amazónica o para un agregado de ellos.

## 14.7. Escala:

El indicador puede ser estimado para las escalas regional y local: Entidades territoriales y CARs.

## 14.8. Relación con otros indicadores:

Este indicador está relacionado con indicadores de población y de condiciones de la población, tales como: densidad de población, índice de condiciones de vida de la población, actividad económica y tipos de asentamientos.

También se puede relacionar con indicadores de estado de los ecosistemas, con los cuales es factible identificar correlaciones que permitan explicar comportamientos.

## 14.9. Fuente de los datos:

Los datos de las dos variables involucradas en el cálculo del indicador provienen de información censal para los años 1985, 1993 y 2005. Para los años intermedios el DANE dispone de proyecciones de población. Las fuentes son:

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE–, 1993. Dirección de Censos y Demografía. *Censo Nacional de Población 1993*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE. *Proyecciones de Población 1995 – 2005*. Sistema de Consulta. <http://www.dane.gov.co>.
- Ness, G. y Golay, M. *Población y estrategias para el desarrollo nacional sostenible*. UICN – SUR. Quito. Ecuador.

## 14.10. Disponibilidad de los datos:

### 14.10.1. Existencia de series históricas:

Se cuenta con información censal discriminada según total, cabecera y resto del municipio, para los años 1985, 1993 y 2005.

### 14.10.2. Nivel de actualización de los datos:



Los datos censales de población más recientes son de 2005. Se cuenta con proyecciones de población municipal para el periodo 1995 – 2005.

#### 14.10.3. Estado actual de los datos:

Los datos censales y las proyecciones de población están discriminados por municipio (total, cabecera y resto del municipio).

#### 14.10.4. Forma de presentación de los datos:

Los datos censales y las proyecciones de población se encuentran almacenados en una base de datos en el DANE a los que es factible acceder mediante un sistema de consulta vía Internet.

### 14.11. Periodicidad de los datos:

Los datos censales de población tienen una periodicidad aproximada de 10 años. Las proyecciones son anuales.

### 14.12. Posibles entidades responsables del indicador:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.

### 14.13. Documentación relacionada con el indicador:

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE–, 1993. *Sistema de Consulta del XVI Censo Nacional de Población y V de Vivienda. Censo 1993*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt –IAvH–, 2002. *Proyecto Diseño e Implementación del Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en la Amazonia Colombiana*. Informe Final de Resultados. Bogotá, D. C. Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM–, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt –IAvH–, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico –IIAP– e Instituto de investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés –INVEMAR–, 2002. *Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC – 3 tomos*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Ortiz, N., Bernal, N., Betancourt, J. C. y López, M. O., 2004. *Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en Colombia: aspectos conceptuales y metodoló-*

*gicos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt -IAvH.  
Serie: Indicadores de Seguimiento y Evaluación de la Política de Biodiversidad. 57 p.

14.14. Ejemplo numérico:

14.15. Ejemplo gráfico:

14.16. Observaciones:

14.17. Elaborada por:

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Subdirección de Población y Asentamientos Humanos. Bogotá, 2002.

Ajustada por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, enero de 2007.

## 15. Índice de escasez de agua

### 15.1. Definición del indicador:

Índice de Escasez de Agua ( $IES_{jt}$ ): Es la relación porcentual existente entre la demanda de agua del conjunto de actividades sociales y económicas y la oferta hídrica disponible, luego de aplicar factores de reducción por calidad del agua y caudal ecológico, calculada para una determinada unidad espacial de referencia  $j$ <sup>83</sup>, en el tiempo  $t$ <sup>84</sup>.

### 15.2. Pertinencia del indicador:

El índice de escasez de agua constituye la principal herramienta para evaluar si el recurso hídrico disponible en una determinada UER es suficiente o deficitario en comparación con la demanda (MAVDT, 2004).

La información aportada por el indicador debe guiar a las entidades del Estado involucradas en la gestión ambiental regional y la gestión de los recursos hídricos, a tomar las medidas necesarias para que los planes de ordenamiento territorial y los planes de manejo de cuencas hidrográficas, consideren, especialmente, situaciones de agua deficitarias (MAVDT, op cit.).

### 15.3. Unidad de medida del indicador:

El indicador está expresado en porcentaje (%).

### 15.4. Fórmula del indicador:

$$IES_{jt} = \left( \frac{DH_{jt}}{OH_{jt} \cdot FR_{jt}} \right) \cdot 100$$

Donde:

$IES_{jt}$  es la relación porcentual existente entre la demanda de agua del conjunto de actividades sociales y económicas y la oferta hídrica disponible, luego de aplicar factores de reducción por calidad del agua y caudal ecológico, calculada en la unidad espacial de referencia  $j$  en el tiempo  $t$ .

83 Una unidad espacial de referencia –UER– es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador. Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

84 Un periodo de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considere representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

$DH_{jt}$  (variable 1), es la demanda total de agua ( $m^3$ ) requerida para el consumo humano y el desarrollo de las actividades económicas, en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$OH_{jt}$  (variable 2), es la oferta total de agua superficial ( $m^3$ ) disponible, teniendo en cuenta las fases fundamentales del ciclo hidrológico, en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$FR_{jt}$  (variable 3), es un factor de reducción de la oferta hídrica por efecto de contaminación<sup>85</sup> y el consumo ecológico<sup>86</sup>. Su magnitud depende de las condiciones específicas que se tengan en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

## 15.5. Descripción metodológica:

### 15.5.1. Proceso de cálculo del indicador:

El proceso de cálculo del indicador implica la estimación independiente de cada una de las tres variables involucradas en la formula.

El valor de la variable 1 ( $DH_{jt}$ ), se calcula sumando el volumen de agua utilizado por las diferentes actividades socioeconómicas desarrolladas en la UER.

La expresión de cálculo de la demanda hídrica es:

$$DH_{jt} = DUD_{jt} + DUI_{jt} + DUS_{jt} + DUA_{jt} + DUP_{jt}$$

Donde:

$DUD_{jt}$  es la demanda de agua para uso doméstico ( $m^3$ ) en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$DUI_{jt}$  es la demanda de agua para uso industrial ( $m^3$ ) en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$DUS_{jt}$  es la demanda de agua para uso por el sector servicios ( $m^3$ ) en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$DUA_{jt}$  es la demanda de agua para uso agrícola ( $m^3$ ) representada por el consumo de los distritos de riego existentes en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

---

85 La pérdida de calidad del agua por causa de la contaminación, hace que una fracción de la oferta hídrica no esté realmente disponible. De acuerdo a las condiciones de contaminación específicas de la UER j en el tiempo t, se aplicará un factor de reducción menor o mayor.

86 El consumo ecológico de agua o caudal ecológico, es el caudal mínimo (una fracción de la oferta hídrica), que requieren los ecosistemas, en las diferentes épocas del año, para su normal sostenimiento. Este caudal constituye una reducción de la oferta hídrica.

$DUP_{jt}$  es la demanda de agua para uso pecuario ( $m^3$ ) en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

El cálculo de la demanda de agua para uso doméstico ( $DUD_{jt}$ ) se realiza mediante la siguiente expresión:

$$DUD_{jt} = (DU_{jt} \cdot PTU_{jt}) + (DR_{jt} \cdot PTR_{jt})$$

Donde:

$DUD_{jt}$  es la demanda de agua per cápita urbana ( $m^3$ ) en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$PTU_{jt}$  es la población total urbana (habitantes) en la unidad de referencia j en un tiempo t.

$DR_{jt}$  es la demanda de agua per cápita rural ( $m^3$ ) en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$PTR_{jt}$  es la población total rural (habitantes) en la unidad de referencia j en un tiempo t.

El cálculo de la demanda de agua para uso industrial ( $DUI_{jt}$ ) se realiza mediante la siguiente expresión:

$$DUI_{jt} = \sum_{i=1}^n VP_i \cdot FCI_i$$

Donde:

$VP_i$  es el volumen de producción del sector económico i en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$FCI_i$  es el factor de consumo de agua, por unidad de producción, del sector económico i en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

El cálculo de la demanda de agua para uso por el sector servicios ( $DUS_{jt}$ ) se realiza mediante la siguiente expresión:

$$DUS_{jt} = \sum_{i=1}^n NE_i \cdot FCS_i$$

Donde:

$NE_j$  es el número de establecimientos del tipo de servicio i en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

$FCS_j$  es el factor de consumo de agua, por establecimiento, del tipo de servicio i en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

El cálculo de la demanda de agua para uso agrícola ( $DUA_{jt}$ ) se realiza mediante la siguiente expresión:

$$DUA_{jt} = \sum_{i=1}^n DMGD_i + \sum_{k=1}^m DMPD_k$$

Donde:

$DMGD_j$  es la estimación de la demanda media de agua para el gran distrito de riego  $i$  ( $m^3$ ) en la unidad de referencia  $j$  en un tiempo  $t$ .

$DMPD_j$  es la estimación de la demanda media de agua para el pequeño distrito de riego  $k$  ( $m^3$ ) en la unidad de referencia  $j$  en un tiempo  $t$ .

El cálculo de la demanda de agua para uso pecuario ( $DUP_{jt}$ ) se realiza mediante la siguiente expresión:

$$DUP_{jt} = \sum_{i=1}^n NA_i \cdot FCE_i$$

Donde:

$NA_j$  es el número de animales de la especie  $i$  en la unidad espacial de referencia  $j$  en el tiempo  $t$ .

$FCE_j$  es el factor de consumo de agua, por animal, de la especie  $i$  en la unidad espacial de referencia  $j$  en el tiempo  $t$ .

El valor de la variable  $2 OH_{jt}$ , se calcula mediante diferentes metodologías dependiendo de la información disponible y las características físicas de la cuenca.

El conocimiento del caudal del río, su confiabilidad y la extensión de la serie del registro histórico, son variables que influyen en la estimación de la oferta hídrica superficial.

Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca.

Para el caso de cuencas hidrográficas con un registro de las variables climatológicas e hidrológicas mayor de 10 años y un área de drenaje mayor de 250 Km<sup>2</sup>, se emplea la metodología de balance hídrico que permite estimar la oferta hídrica media anual.

Para el caso de cuencas hidrográficas con un registro de variables climatológicas e hidrológicas menor de 2 años, se emplea la metodología de caudal medio puntual medido en las corrientes de interés.

Para el caso de cuencas hidrográficas sin registro de caudales y un área de drenaje menor de 250 Km<sup>2</sup>, se emplea la metodología de relación lluvia-escorrentía.

La metodología de balance hídrico, desestimando el valor de algunas de las variables consideradas en la ecuación de balance hídrico<sup>87</sup>, permite calcular la oferta hídrica superficial, despejando la variable escorrentía superficial<sup>88</sup>. La expresión simplificada sería:

$$OH_{jt} = P_j - ETR_j$$

Donde:

$P$  es el valor de la precipitación media para condiciones hidrológicas que tienen en cuenta las variaciones anual y mensual de años hidroclimáticos medios y secos, estimados en la unidad espacial de referencia  $j$ .

$ETR$  es el valor de la evapotranspiración media para condiciones hidrológicas que tienen en cuenta las variaciones anual y mensual de años hidroclimáticos medios y secos, estimados en la unidad espacial de referencia  $j$ .

El valor de la variable  $FR_{jt}$ , es estimado, por cuanto no se dispone de factores de reducción específicos para cada región y cada sector considerado en la demanda.

Actualmente se considera que el factor de reducción para aquellas regiones con una alta carga contaminante es de 0.5<sup>89</sup> para el caso de los municipios y de 0.4 para sistemas hídricos que abastecen cabeceras municipales. En regiones con una actividad antrópica menos significativa y con grandes excedentes de agua, se considera que el factor de reducción es de 0.4 tanto para los municipios, como para las cabeceras municipales<sup>90</sup>.

#### 15.5.2. Presentación de resultados:

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan las UER entre las cuales resulta interesante comparar los valores arrojados por el indicador y en las columnas las variables y el indicador, incluyendo una columna para la demanda hídrica en la UER, una columna para la oferta hídrica en la UER, una columna para el factor de reducción aplicado para la UER y una columna para el cálculo del indicador.

---

87 Lo cual imprime al cálculo de la oferta hídrica un margen de error pequeño para la mayor parte de los casos.

88 En el futuro la determinación de la oferta se haría con mayor precisión en forma dinámica con la aplicación de modelos que permitan cada vez con mayor resolución, simular las condiciones hidrológicas de las cuencas hidrográficas. La aplicación de dichos modelos implica disponer de mayor información y conocimiento de las condiciones locales.

89 Factor que implica una reducción de la oferta hídrica en un 50%.

90 El más reciente cálculo del IES realizado por el IDEAM, contempla que para la región amazónica el valor de la variable  $FR$  es 0.4 (IDEAM, 2004).

Para facilitar la interpretación de los resultados se ha establecido un conjunto de 5 categorías que relaciona el índice de escasez de agua con una calificación de riesgo por falta de disponibilidad y un color. Las categorías son<sup>91</sup>:

Categoría	Rango	Color
Alto	> 40%	Rojo
Medio-alto	21-40%	Naranja
Medio	11-20%	Amarillo
Mínimo	1-10%	Verde
No significativo	< 1%	Azul

### 15.5.3. Limitación del indicador:

El indicador presenta varias limitaciones relacionadas con la metodología y disponibilidad de información para el cálculo de la demanda y la oferta hídrica y los factores de reducción.

En relación con la demanda:

La demanda de agua para uso doméstico es una estimación basada en información arrojada por el análisis de consumos de una muestra de solo 49 municipios.

Las estimaciones no contemplan las pérdidas de los sistemas de conducción, almacenamiento, tratamiento y distribución.

Los factores de consumo de agua en la industria por tipo de actividad económica son teóricos y tomados de fuentes secundarias y no contemplan la tecnología utilizada en los diferentes sectores.

Las estimaciones de demanda de agua en la industria no contemplan el uso de este recurso por cuenta de la industria extractiva.

El indicador no tiene en cuenta la demanda de agua para la generación eléctrica por medio de hidroeléctricas.

El censo ganadero no es completo.

En todos los cálculos donde se usan factores reportados por la bibliografía, es necesario aplicar ajustes periódicos a medida que se va obteniendo información real.

Para el cálculo de la demanda no se tiene en cuenta la demanda fisiológica de los cultivos de secano.

En relación con la oferta:

Es necesario detallar los modelos hidrogeológicos conceptuales para que representen las condiciones locales de los sitios de captación.

91 Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia (IDEAM, op cit.).



Se requiere de la implementación de una red de monitoreo que permita conocer la variación de la oferta en el tiempo.

En relación con los factores de reducción:

No se cuenta con factores de reducción específicos para cada sector usuario y para cada región. El factor de reducción de la oferta sugerido está dado de forma global.

### 15.6. Cobertura:

Se dispone de datos para el cálculo del indicador para los municipios y los sistemas hídricos que abastecen las cabeceras municipales ubicados al interior de la Amazonia colombiana.

### 15.7. Escala:

El indicador puede ser estimado para las escalas regional y local.

### 15.8. Relación con otros indicadores:

El índice de escasez de agua está relacionado con los indicadores de demanda y oferta hídrica que son insumos para el cálculo de éste.

También se relaciona con el indicador de vulnerabilidad por disponibilidad de agua que se calcula relacionando el índice de escasez con la regulación hídrica natural del suelo.

### 15.9. Fuente de los datos:

Respecto de la variable 1, los datos disponibles provienen de las corporaciones autónomas regionales, el Ministerio de Desarrollo Económico, las empresas públicas prestadoras del servicio de agua potable, los sectores productivos y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE–.

Las principales fuentes de la variable 2 son el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM–, las corporaciones autónomas regionales y otras entidades que operan redes ambientales.

La fuente de los datos de la variable 3 es el depende del tipo de UER sobre la cual se calcule el indicador.

Para el caso de la eco-región Amazónica la fuente es el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM–.

## 15.10. Disponibilidad de los datos:

### 15.10.1. Existencia de series históricas:

Se cuenta con las series hidrometeorológicas mensuales a partir de las cuales se estima la oferta hídrica.

### 15.10.2. Nivel de actualización de los datos:

Los datos hidrometeorológicos se actualizan permanentemente. La actualización de la oferta hídrica es anual.

### 15.10.3. Estado actual de los datos:

Los datos hidrometeorológicos se encuentran actualizados. La oferta hídrica ha sido calculada para el año 2004.

### 15.10.4. Forma de presentación de los datos:

Los cálculos de la oferta hídrica están almacenados en bases de datos.

## 15.11. Periodicidad de los datos:

Los datos requeridos para el cálculo del indicador tienen una periodicidad anual.

## 15.12. Posibles entidades responsables del indicador:

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM– y corporaciones autónomas regionales.

## 15.13. Documentación relacionada con el indicador:

- Banco de la República, 1998. *Principales indicadores económicos 1923-1997*. Santafé de Bogotá. Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación –DNP–, 2000. Unidad Macroeconómica. *Supuestos macroeconómicos. Crecimiento PIB real por ramas de la actividad, series desestacionalizadas, variaciones porcentuales, base 1994=100*. Bogotá, 2000
- Departamento Nacional de Planeación –DNP– y Fondo Nacional de Desarrollo, 1991. *Determinación de consumos básicos de agua potable en Colombia*. Bogotá. Colombia.

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM-, 1998. *Estudio Nacional del Agua. Relaciones oferta demanda e indicadores de sostenibilidad para el año 2016*. Primera versión, Santa Fe de Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM-, 2000. *Estudio Nacional del Agua. Relaciones oferta demanda e indicadores de sostenibilidad para el año 2016*. Segunda versión, Bogotá, D. C. Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM-, 2004. *Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia*. Con la participación del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt –IAvH-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Instituto de Investigaciones marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés –INVEMAR-, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico –IIAP-, Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Ingeominas y la Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales, de Desarrollo Sostenible y Autoridades Ambientales de Grandes Centros urbanos –Asocars. Bogotá, D. C. Colombia.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura –IICA-, Organización de los Estados Americanos –OEA- y World Resources Institute –WRI-, 1995. *Indicadores ambientales para Latinoamérica y el Caribe. Hacia la sustentabilidad en el uso de tierras*. San José de Costa Rica.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura –IICA- y Organización de los Estados Americanos –OEA-. Sin fecha. *Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica, indicadores para la agricultura y los recursos naturales*.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura –IICA- y Deutsche Technische Zusammenarbeit. 1993. *Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales - Bases para establecer indicadores*. San José de Costa Rica.
- World Resources Institute –WRI-, 1991. *Recursos mundiales 1990-1991*. México D. F.
- Organización de las Naciones Unidas –ONU-, 1997. *Critical trends in global change and sustainable development*. New York.
- UNESCO, 1980. *Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur*. Santiago de Chile.

#### 15.14. Ejemplo numérico:

#### 15.15. Ejemplo gráfico:

### 15.16. Observaciones:

### 15.17. Elaborada por:

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Subdirecciones de Hidrología y Ecología Económica. Bogotá, 2000.

Ajustada por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, diciembre de 2006.

## 16. Porcentaje de coberturas de la tierra

### 16.1. Definición del indicador:

Cobertura de la Tierra ( $CT_{ijt}$ ): Es el porcentaje que representa la superficie que ocupa cada una de las coberturas de la tierra  $i$ , identificadas a una cierta escala<sup>92</sup> en una determinada unidad espacial de referencia  $j$ <sup>93</sup>, en un período de tiempo  $t$ <sup>94</sup>.

### 16.2. Pertinencia del indicador:

La cobertura que presenta la tierra en un determinado momento es expresión de la interacción de un conjunto diverso de factores abióticos y bióticos. Entre estos factores resaltan aquellos de origen antrópico por la fuerte incidencia que tienen sobre el cambio de las coberturas.

Es importante para los procesos de gestión ambiental identificar los principales tipos de coberturas presentes en una región. El indicador, al expresar en términos porcentuales la participación en superficie de cada una de las coberturas presentes en la UER, posibilita reconocer potencialidades en el territorio, presiones sobre coberturas naturales, la disponibilidad de cierto tipo de recursos y la existencia de áreas degradadas.

El monitoreo periódico de las coberturas de la tierra permite constatar y medir la magnitud en los cambios de uso, facilitando la priorización de zonas en donde se requiere la ejecución de acciones de gestión ambiental, y la formulación de políticas o medición de sus logros.

### 16.3. Unidad de medida del indicador:

El indicador está expresado en porcentaje (%).

### 16.4. Fórmula del indicador:

$$CT_{ijt} = \left( \frac{ATC_{ijt}}{AUER_{jt}} \right) \cdot 100$$

92 El número total de categorías de coberturas de la tierra que se haya identificado, depende de la escala o nivel de detalle con el que se esté trabajando y del protocolo metodológico que se emplee como referencia.

93 Una unidad espacial de referencia -UER- es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador. Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

94 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considere representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

Donde:

$CT_{jit}$  es el porcentaje que representa la superficie que ocupa la cobertura de la tierra  $i$ , en la unidad espacial de referencia  $j$  en el tiempo  $t$ .

$ATC_{jit}$  (variable 1), es la superficie total (hectáreas) que ocupa la cobertura de la tierra  $i$ , en la unidad espacial de referencia  $j$  en el tiempo  $t$ .

$AUER_{jt}$  (variable 2), es la superficie total (hectáreas) de la unidad espacial de referencia  $j$  en la que se está calculando el indicador en el tiempo  $t$ . Corresponde a la sumatoria de las superficies ocupadas por el conjunto de coberturas de la tierra presentes en la UER.

## 16.5. Descripción metodológica:

### 16.5.1. Proceso de cálculo del indicador:

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos oficiales de superficie de cada una de las categorías de coberturas de la tierra que, a la escala prevista, se hayan identificado como relevantes<sup>95</sup> y de superficie de las UER para las cuales se está calculando el indicador.

El valor de la variable 1, es decir, la superficie total que ocupa cada una de las coberturas de la tierra ( $ATC_{jit}$ ), se calcula sumando la superficie de todos los fragmentos que de dicha cobertura se encuentran en la UER.

El valor de la variable 2 ( $AUER_{jt}$ ), se obtiene a partir de información secundaria de carácter oficial que defina la superficie de la UER para la que resulta relevante el cálculo del indicador.

La estimación del valor del indicador para cada una de las coberturas de la tierra ( $CT_{jit}$ ), se determina dividiendo el valor de la superficie total de cada cobertura sobre la superficie total de la UER, multiplicando el resultado por cien.

Se debe cumplir que:

$$AUER_{jt} = \sum_{i=1}^n ATC_{ijt}$$

Donde  $ATC_{jit} > 0$  y  $n$  es el número total de categorías de cobertura de la tierra que se hayan identificado en la UER.

---

95 Cuando los datos con los cuales se calcula el indicador provienen de estudios detallados (baja escala), el número total de categorías de cobertura de la tierra identificadas es alto, precisamente por el nivel de detalle. Generalmente sucede lo contrario cuando los datos provienen de estudios generales (alta escala). Con el propósito de que los valores de estimación de este indicador, originados de cálculos realizados a diferentes escalas, sean compatibles entre sí, es imprescindible que las categorías de cobertura de la tierra definidas en estudios detallados hagan parte de alguna de las categorías definidas en estudios más generales (categoría de nivel superior).

$0 < TC_{jit} \leq 100$ . El indicador se aproxima a 0 cuando la cobertura de la tierra  $i$  presenta una superficie muy reducida en la UER  $j$  en el tiempo  $t$ , y aumenta a medida que se incrementa su presencia en dicha UER. Toma el valor de 100 si ocupa toda la superficie de la UER.

#### 16.5.2. Presentación de resultados:

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan las diferentes coberturas de la tierra con superficie en la UER y en las columnas los periodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador o inclusive un conjunto de UER entre las cuales resulta interesante comparar los valores arrojados por el indicador. En el cuerpo de la matriz se consigna el porcentaje que representa la superficie que ocupa cada una de las coberturas de la tierra.

Para facilitar la interpretación de los resultados, se puede emplear un método de conformación de clases mediante el cual se evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador para las diferentes coberturas de la tierra<sup>96</sup>.

#### 16.5.3. Limitación del indicador:

El valor arrojado por el cálculo del indicador depende de la escala de trabajo y de la unidad mínima cartografiada, de tal manera que la UER para la cual se ha calculado el indicador, puede presentar coberturas de la tierra que, por cubrir superficies muy pequeñas, no alcanzan a quedar identificadas a ciertas escalas.

### 16.6. Cobertura:

Se dispone de datos para el cálculo del indicador para cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana para el año 2001<sup>97</sup>.

### 16.7. Escala:

El indicador puede ser calculado para una amplia variedad de escalas. Los datos disponibles para el año 2001 han sido obtenidos a partir de un estudio a escala 1:500.000.

### 16.8. Relación con otros indicadores:

El cálculo de este indicador de estado, en diferentes periodos de tiempo, permite disponer de un indicador de flujo que da cuenta de los cambios temporales presentados en la cobertura de la tierra. Expresiones particulares de este indicador son la tasa de deforestación (pérdida

<sup>96</sup> Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver IAvH, 2005. *Archivo de hojas metodológicas. Versión 1.03. Fecha de actualización: Noviembre de 2005.* Bogotá, Colombia. 94 pp.

<sup>97</sup> Datos originados a partir de la interpretación de un mosaico de imágenes de satélite correspondientes al período 1999-2003.

de cobertura de bosques) y la tasa de praderización (ganancia de cobertura de praderas no naturales).

La información fuente empleada para el cálculo de este indicador constituye uno de los principales insumos requeridos para el cálculo del indicador de cobertura de ecosistemas.

## 16.9. Fuente de los datos:

Respecto de la variable 1, los datos disponibles provienen del mapeo de coberturas de la tierra realizado para toda la Amazonía colombiana a una escala 1:500.000. La fuente es:

- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia.

La fuente de los datos de la variable 2 depende del tipo de UER sobre la cual se calcule el indicador.

Para el caso de la eco-región Amazónica la fuente es:

- Gutiérrez, F., Salazar C. y Acosta, L. 2004. *Perfiles Urbanos en la Amazonia Colombiana: un Enfoque para el Desarrollo Sostenible*. Proyecto Colciencias - Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia.

Para cuencas la fuente es:

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2004. *Guía Técnica Científica para la Ordenación y Manejo de Cuencas. Decreto 1729 de 2002. Mapa No. 2. Cuencas Hidrográficas en Colombia*. Bogotá, D. C. Colombia.

Para áreas protegidas la fuente es:

- Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales – UAESP-NN, 2002. *Mapa del SPNN - escala 1:100.000*. Bogotá, D. C. Colombia.

Para el caso de corporaciones autónomas regionales, departamentos, municipios y territorios indígenas, la fuente es:

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, 2005. *División Política Administrativa de Colombia*. Sistema de Consulta. [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co).



## 16.10. Disponibilidad de los datos:

### 16.10.1. Existencia de series históricas:

No existen series históricas.

### 16.10.2. Nivel de actualización de los datos:

Se cuenta con datos para la estimación del indicador para el año 2001 (mosaico de imágenes de satélite correspondientes al período 1999-2003).

### 16.10.3. Estado actual de los datos:

Los datos están asociados a un mapa de coberturas de la tierra escala 1:500.000. Se encuentran disponibles para calcular el indicador sobre cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana. Actualmente se está abordando la conformación de archivos planos con los datos.

### 16.10.4. Forma de presentación de los datos:

Los datos están asociados a un mapa de coberturas de la tierra escala 1:500.000.

## 16.11. Periodicidad de los datos:

En la actualidad los datos no presentan ninguna periodicidad. La necesidad de hacer seguimiento y evaluación de los recursos naturales renovables y el medio ambiente, implica el cálculo de este indicador por lo menos una vez cada dos años con datos representativos a una escala 1:500.000 (periodicidad recomendada para los datos).

## 16.12. Posibles entidades responsables del indicador:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI con datos a escala 1:500.000. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, corporaciones para el desarrollo sostenible y corporaciones autónomas regionales con territorio en la Amazonia colombiana con datos a escala 1:100.000. Corporaciones para el desarrollo sostenible, corporaciones autónomas regionales y entidades territoriales con territorio en la Amazonia colombiana, con datos a escalas menores 1:100.000.

## 16.13. Documentación relacionada con el indicador:

- Murcia, U., Marín, C., Alonso, J., Argüelles, J., Salazar, C., Gutiérrez, F., Domínguez, C., Trujillo, F., Ocampo, R., y Castro, W., 2003. *Diseño de la Línea Base de Información Am-*

*biental sobre los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en la Amazonia Colombiana. Bases Conceptuales y Metodológicas.* En desarrollo del Proyecto Diseño y Operación del Sistema de Información Ambiental, la Línea Base y el Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental para Colombia adelantado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Sistema Nacional Ambiental y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 215 pp.

- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico.* Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá. Colombia.

16.14. Ejemplo numérico:

16.15. Ejemplo gráfico:

16.16. Observaciones:

16.17. Elaborada por:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, octubre de 2006.

## 17. Porcentaje de cambio en las coberturas de la tierra

### 17.1. Definición del indicador:

Tasa de Cambio en la Cobertura de la Tierra ( $TCT_{jit.1-2}$ ): Es el promedio anual de variación en la superficie que ocupa cada una de las coberturas de la tierra  $i$ , identificadas a una cierta escala<sup>98</sup> en una determinada unidad espacial de referencia  $j$ <sup>99</sup>, entre dos instantes de tiempo  $t$ <sup>100</sup>, 1 y 2.

### 17.2. Pertinencia del indicador:

Los cambios que presenta la cobertura de la tierra a través del tiempo, a pesar de que son reflejo de la interacción de un conjunto diverso de factores abióticos y bióticos, están esencialmente asociados con la intervención antrópica del territorio.

En este sentido, el indicador puede interpretarse como una medida de la presión humana que se está ejerciendo sobre las UER que resultan de interés, debido a que representa una cuantificación de la velocidad con la que las coberturas de la tierra se están transformando. La evaluación de las estimaciones del indicador permitiría identificar regiones con procesos acelerados de deterioro (cambios nocivos de ciertas coberturas), que contribuiría a focalizar el ejercicio de la gestión ambiental territorial.

El monitoreo permanente de los cambios de cobertura de la tierra permitiría, igualmente, verificar el cumplimiento de objetivos y el logro de metas que la sociedad o las institucionales ambientales se hayan propuesto alcanzar en relación con la conservación o restauración de ciertas coberturas.

### 17.3. Unidad de medida del indicador:

El indicador está expresado en porcentaje (%).

---

98 El número total de categorías de coberturas de la tierra que se haya identificado depende de la escala o nivel de detalle con el que se esté trabajando y del protocolo metodológico que se emplee como referencia.

99 Una unidad espacial de referencia –UER– es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador. Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

100 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considere representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

#### 17.4. Fórmula del indicador:

$$TCT_{ijt1-2} = \left( \frac{(\ln ATC_{ijt2} - \ln ATC_{ijt1})}{(t_2 - t_1)} \right) \cdot 100$$

Donde:

$TCT_{ijt1-2}$  es el promedio anual de variación en la superficie que ocupa la cobertura de la tierra  $i$ , en la unidad espacial de referencia  $j$  entre dos instantes de tiempo  $t_1$  y  $t_2$ .<sup>101</sup>

$ATC_{ijt1}$  y  $ATC_{ijt2}$  (variable 1), son las superficies totales (hectáreas) que ocupa la cobertura de la tierra  $i$ , en la unidad espacial de referencia  $j$  en los instantes de tiempo inicial 1 y final 2, respectivamente.

$t_1$  y  $t_2$  (variable 2), son los años correspondientes al instante de tiempo inicial 1 y final 2, respectivamente.

#### 17.5. Descripción metodológica:

##### 17.5.1. Proceso de cálculo del indicador:

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos oficiales de superficie de cada una de las categorías de coberturas de la tierra, para dos instantes de tiempo  $t_1$  y  $t_2$  que, a la escala prevista, se hayan identificado como relevantes<sup>103</sup>.

El valor de la variable 1 en el tiempo inicial 1, es decir, la superficie total que ocupa la cobertura de la tierra  $i$  ( $ATC_{ijt1}$ ), se calcula sumando la superficie de todos los fragmentos que de dicha cobertura se encuentran en la UER en  $t_1$ .

---

101 La presentación de este algoritmo se soporta en el supuesto de que la dinámica temporal del indicador corresponde a un modelo tipo exponencial. Con el propósito de complementar la interpretación del indicador, se recomienda acompañar su cálculo con la estimación del porcentaje de cambio registrado en la cobertura de la tierra  $i$  durante todo el período evaluado, mediante la expresión:

$$\left( \frac{ATC_{ijt2} - ATC_{ijt1}}{ATC_{ijt1}} \right)$$

102 Para que los datos de cobertura de la tierra obtenidos en los dos instantes de tiempo sean comparables, éstos deben haber sido generados para la misma escala y mediante el mismo protocolo.

103 Cuando los datos con los cuales se calcula el indicador provienen de estudios detallados (baja escala), el número total de categorías de cobertura de la tierra identificadas es mayor, precisamente por el nivel de detalle. Generalmente sucede lo contrario cuando los datos provienen de estudios generales (alta escala). Con el propósito de que los valores de estimación de este indicador calculados a diferentes escalas sean compatibles entre sí, es imprescindible que las categorías de cobertura de la tierra definidas en estudios detallados, hagan parte de alguna de las categorías definidas en estudios más generales (categoría de nivel superior).

Siguiendo la misma metodología, el valor de la variable 1, en el tiempo final 2, se calcula sumando la superficie de todos los fragmentos que de dicha cobertura se encuentran en la misma UER en  $t_1$ .

Posteriormente se resta, del logaritmo natural de la superficie total de la cobertura de la tierra calculada en el tiempo final 2, el logaritmo natural de la superficie total de la misma cobertura de la tierra, pero calculada en el tiempo inicial 1. A continuación se multiplica el resultado por 100.

Finalmente se divide el resultado del punto anterior por la diferencia de número de años que hay entre el tiempo final 2 y el tiempo inicial 1.

$-100 \leq TCT_{iit1-2} < \infty$ . El valor del limite inferior, -100, se obtiene de forma intuitiva, cuando la superficie total de la cobertura de la tierra i, en el área de interés j identificada en el tiempo inicial 1, no se registra por completo en el tiempo final 2. Para este caso la expresión matemática no se puede calcular por cuanto el logaritmo natural de 0 es indeterminado.

El indicador toma valores negativos cuando la superficie total de la cobertura de la tierra i es menor en el tiempo  $t_2$  que en el tiempo  $t_1$ . Toma el valor de 0 cuando la cobertura de la tierra i es la misma en los dos instantes de tiempo. Toma valores positivos cuando la superficie total de la cobertura es mayor en el tiempo  $t_2$  que en el tiempo  $t_1$ .

Finalmente, el indicador toma su valor máximo en el punto donde:

$$ATC_{jit2} = AUER_{jt2}$$

Donde  $AUER_{jt2}$  es la superficie total (hectáreas) de la unidad espacial de referencia j en la que se está calculando el indicador en el tiempo  $t_2$ .

#### 17.5.2. Presentación de resultados:

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan las diferentes categorías de coberturas de la tierra con superficie en la UER y en las columnas los periodos de tiempo para los cuales se estimó el valor de la variable 1 y el valor del indicador o inclusive un conjunto de UER entre las cuales resulta interesante comparar los valores arrojados por el indicador. En el cuerpo de la matriz se consignan las superficies totales de cada una de las coberturas de la tierra i en los dos instantes de tiempo, el promedio anual de variación en la superficie que ocupa cada una de las coberturas y el porcentaje de cambio registrado para cada cobertura durante todo el período evaluado.

Para facilitar la interpretación de los resultados, se puede emplear un método de conformación de clases mediante el cual se evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador para las diferentes coberturas de la tierra<sup>104</sup>.

104 Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver

### 17.5.3. Limitación del indicador:

El valor arrojado por el cálculo del indicador depende de la escala de trabajo y de la unidad mínima cartografiada, de tal manera que la UER para la cual se ha calculado el indicador, puede presentar coberturas de la tierra que, por cubrir superficies muy pequeñas, no alcanzan a quedar identificadas a ciertas escalas. Por esta misma razón, la UER puede haber presentado pequeños cambios de cobertura de la tierra que no son percibidos mediante un cambio de valor en el indicador.

Los datos disponibles para la estimación del indicador permiten relacionar expresiones de la cobertura de la tierra registradas en dos instantes de tiempo diferentes, pero no ofrecen información respecto de la dinámica que caracteriza la transformación de la situación en  $t_1$  a la situación en  $t_2$ . El empleo del algoritmo mediante el cual se estima el indicador da por supuesto que esta dinámica desconocida presenta un comportamiento de tipo exponencial lo cual no es necesariamente cierto. La utilización de esta expresión obedece al interés de mostrar los valores del indicador ponderados por unidad de tiempo (año), y este algoritmo presenta un soporte teórico más sólido que otras expresiones alternas.

### 17.6. Cobertura:

El indicador no ha sido calculado a la fecha, no obstante, actualmente se está generando parte de los datos requeridos para su estimación en cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana.

### 17.7. Escala:

El indicador puede ser calculado para una amplia variedad de escalas. Los datos que actualmente se están generando corresponden a escala 1:500.000.

### 17.8. Relación con otros indicadores:

Expresiones particulares de este indicador son la tasa de deforestación (pérdida de cobertura de bosques) y la tasa de praderización (ganancia de cobertura de praderas no naturales).

La información fuente empleada para el cálculo de este indicador constituye uno de los principales insumos requeridos para el cálculo del indicador de tasa de cambio en la superficie de ecosistemas.

Con el propósito de explorar correlaciones que expliquen el comportamiento de los valores arrojados por el cálculo del indicador de cambio en las coberturas, generalmente éste es comparado con indicadores de flujo diseñados para evidenciar el comportamiento de: i) presiones de carácter antrópico potencialmente nocivas para la conservación y restauración de ciertas coberturas y ii) acciones de respuesta de la sociedad o las institucionales ambientales que buscan revertir o contrarrestar dichos efectos nocivos.

### 17.9. Fuente de los datos:

Los datos de las dos variables involucradas en la estimación del indicador provienen del mapeo de las coberturas de la tierra realizado para toda la Amazonía colombiana a una escala 1:500.000. La fuente es:

- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá. Colombia.

### 17.10. Disponibilidad de los datos:

#### 17.10.1. Existencia de series históricas:

No existen series históricas.

#### 17.10.2. Nivel de actualización de los datos:

Solo se cuenta con datos para el año 2001 (mosaico de imágenes de satélite correspondientes al período 1999-2003). Se requiere realizar un ejercicio de captura de información para otro instante de tiempo.

#### 17.10.3. Estado actual de los datos:

Los datos están asociados a un mapa de coberturas de la tierra escala 1:500.000. Actualmente se está abordando la conformación de archivos planos con los datos.

#### 17.10.4. Forma de presentación de los datos:

Los datos están asociados a un mapa de coberturas de la tierra escala 1:500.000.

### 17.11. Periodicidad de los datos:

En la actualidad los datos no presentan ninguna periodicidad. La necesidad de hacer seguimiento y evaluación de los recursos naturales renovables y el medio ambiente, implica el

cálculo de este indicador por lo menos una vez cada dos años con datos representativos a una escala 1:500.000 (periodicidad recomendada para los datos).

### 17.12. Posibles entidades responsables del indicador:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI con datos a escala 1:500.000. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, corporaciones para el desarrollo sostenible y corporaciones autónomas regionales con territorio en la Amazonia colombiana con datos a escala 1:100.000. Corporaciones para el desarrollo sostenible, corporaciones autónomas regionales y entidades territoriales con territorio en la Amazonia colombiana, con datos a escalas menores 1:100.000.

### 17.13. Documentación relacionada con el indicador:

- Murcia, U., Marín, C., Alonso, J., Argüelles, J., Salazar, C., Gutiérrez, F., Domínguez, C., Trujillo, F., Ocampo, R. y Castro, W., 2003. *Diseño de la Línea Base de Información Ambiental sobre los Recursos Naturales y el Medio Ambiente en la Amazonia Colombiana. Bases Conceptuales y Metodológicas*. En desarrollo del Proyecto Diseño y Operación del Sistema de Información Ambiental, la Línea Base y el Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental para Colombia adelantado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Sistema Nacional Ambiental y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 215 pp.
- Murcia, U., Rendón, M. y Hortúa G., 2006. *Mapa de Ecosistemas de la Amazonia Colombiana Escala 1:500.000 – Informe Técnico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá. Colombia.

### 17.14. Ejemplo numérico:

### 17.15. Ejemplo gráfico:

### 17.16. Observaciones:

### 17.17. Elaborada por:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, octubre de 2006.



## 18. Porcentaje del territorio con conflicto de uso

### 18.1. Definición del indicador:

Conflicto de Uso del Territorio ( $CUT_{jt}$ ): Es el porcentaje del territorio de una determinada unidad espacial de referencia  $j^{105}$ , cuyo uso en el tiempo  $t^{106}$  no corresponde con su aptitud de uso.

### 18.2. Pertinencia del indicador:

Un problema frecuente en Colombia es la utilización de las tierras en aquello para lo cual no tiene aptitud, o su utilización en actividades, por encima de su capacidad de producción. En ambos casos se producen desequilibrios negativos que se traducen en un deterioro progresivo del ambiente que se inicia con la pérdida de los recursos suelo y agua (IGAC y Corpoica, 2002).

La identificación y espacialización de zonas que están siendo ocupadas con usos no apropiados, es indispensable para la formulación de planes y estrategias que fomenten la reconversión de los sistemas de producción que no sean sostenibles para una determinada zona.

Es recomendable que la información sobre conflicto de uso de tierras se integre a los análisis territoriales para que los procesos de ordenación del territorio se enriquezcan con esta información.

Este indicador también es útil para hacer seguimiento a los procesos de ocupación del territorio y sus impactos sobre el entorno. La identificación de la aptitud de uso permite establecer restricciones tempranas a dicha ocupación.

### 18.3. Unidad de medida del indicador:

El indicador está expresado en porcentaje (%).

---

105 Una unidad espacial de referencia –UER– es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador. Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

106 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considere representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

#### 18.4. Fórmula del indicador:

$$CUT_{jt} = \left( \frac{AUERC_{jt}}{AUER_{jt}} \right) \cdot 100$$

Donde:

$CUT_{jt}$  es el porcentaje de la superficie de la unidad espacial de referencia j cuyo uso, en el tiempo t, no corresponde con su aptitud de uso.

$AUERC_{jt}$  (variable 1), es la superficie (hectáreas) de la unidad espacial de referencia j cuyo uso, en el tiempo t, no corresponde con su aptitud de uso.

$AUER_{jt}$  (variable 2), es la superficie total (hectáreas) de la unidad espacial de referencia j en la que se está calculando el indicador en el tiempo t.

#### 18.5. Descripción metodológica:

##### 18.5.1. Proceso de cálculo del indicador:

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos oficiales sobre aptitud de uso del territorio, uso actual del mismo y superficie de las UER para las cuales se está calculando el indicador.

Para el cálculo de la variable 1 ( $AUERC_{jt}$ ), se cruza, mediante un sistema de información geográfico -SIG-, la información de aptitud de uso y uso actual del territorio, aplicando criterios de clasificación previamente establecidos por expertos.

**Aptitud de uso:** Es la capacidad que tiene un territorio para soportar sistemas biofísicamente apropiados, socialmente aceptables, económicamente viables y que no ocasionen impactos negativos en el medio ambiente, es decir, que sean sostenibles a largo plazo. Para definir la aptitud de uso se evalúan las siguientes cualidades de las unidades de tierra: riesgo a las inundaciones, condiciones para el desarrollo del sistema radicular, disponibilidad de oxígeno en la zona radicular, susceptibilidad a la erosión y disponibilidad de nutrientes en el suelo (Martínez, 1997; Instituto Sinchi, 1998).

La unidad de tierra -UT- se refiere al área de la superficie del planeta, que incluye los atributos de la biosfera, el clima, el suelo, las formas del terreno, el material geológico subyacente, la hidrología superficial (incluyendo lagos, ríos, lagunas y pantanos), y las reservas hídricas subterráneas, las poblaciones animales y vegetales, los asentamientos humanos y los resultados de la intervención antrópica presente y pasada, en la medida que estos atributos ejerzan una influencia importante sobre los usos actuales y futuros que el hombre implemente (FAO, 1976; FAO, 1995; Beek et al, 1997, citados por Martínez, 1997).

Para obtener la aptitud de uso se parte de la evaluación de tierras, proceso que involucra la definición de las unidades de tierra y la identificación de sus atributos (características). Éstos son utilizados para deducir las cualidades de las tierras –CAT–, que a su vez permiten determinar la aptitud de uso para cada uno de los tipos de utilización –TUT–<sup>107</sup>.

Para las condiciones ecológicas propias de la Amazonia, se han definido los requerimientos biofísicos y socioeconómicos que requiere el establecimiento de cada TUT<sup>108</sup>.

La comparación de los requerimientos de cada TUT (demanda), con las cualidades de las tierras (oferta), se realiza mediante el empleo de árboles de decisión construidos con base en información cuantitativa y el conocimiento y la experiencia de los investigadores. Como resultado final se obtiene el grado de aptitud de cada UT para cada TUT.

**Uso actual:** Corresponde a la forma como la sociedad aprovecha de manera consciente y con unos fines previstos, las diferentes especies vegetales y animales, en un determinado contexto de tiempo y espacio. Para este caso se toma como referente de uso, las coberturas de la tierra integradas en un sistema de producción predominante. Esta información se obtiene mediante la interpretación de imágenes de sensores remotos, complementada con datos de campo.

**Conflicto de uso:** El análisis de conflicto de uso se realiza confrontando la aptitud de uso de las tierras con la cobertura de uso actual de ellas<sup>109</sup>. Como resultado se obtiene la localización y medición de la cobertura de los tipos de uso que están ubicados en sectores adecuados y los que se encuentran en sectores inadecuados.

El valor de la variable 2 ( $AUER_{jt}$ ), se obtiene a partir de información secundaria de carácter oficial que defina la superficie de la UER para la que resulta relevante el cálculo del indicador.

La estimación del valor del indicador para cada una de las UER ( $CUT_{jt}$ ), se determina dividiendo el valor de la superficie total de cada UER cuyo uso en el tiempo t, no corresponde con su aptitud de uso, sobre la superficie total de la UER, multiplicando el resultado por cien.

$0 \leq CUT_{jt} \leq 100$  El indicador es 0 cuando en ninguna fracción de la UER j en el tiempo t, se presenta conflicto de uso del territorio, es cercano a 0 cuando solo una pequeña fracción de la UER presenta uso inadecuado y aumenta a medida que se incrementa la fracción de la UER con un uso actual no compatible con su aptitud de uso. Toma el valor de 100 si toda la UER tiene un uso que no corresponde con su aptitud de uso.

107 Para obtener la aptitud de uso de las tierras, se recomienda utilizar la metodología propuesta por la FAO (1976 y 1987).

108 Los TUT han sido identificados y diseñados con la participación de los productores y las instituciones regionales.

109 El análisis de conflicto de uso se realiza empleando el sistema computacional experto ALES (Automated Land Evaluation System), diseñado por la Universidad de Cornell (USA).

### 18.5.2. Presentación de resultados:

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan las diferentes UER para las cuales resulta interesante comparar los valores arrojados por el indicador y en las columnas los periodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador, incluyendo una columna para las superficies de terreno clasificadas en cada de las diferentes categorías de conflicto de uso relevantes, una columna para la superficie total de la UER y una columna para cada uno de los porcentajes que representan las superficies clasificadas en las diferentes categorías dentro de la superficie total de la UER.

Para facilitar la interpretación de los resultados se ha establecido un conjunto de 4 categorías de conflicto de uso, teniendo en cuenta el grado de discrepancia o afinidad existente entre el uso actual y la aptitud de uso: i) sin conflicto o uso adecuado del territorio, ii) uso inadecuado leve, iii) uso inadecuado moderado y iv) uso inadecuado severo o muy inadecuado del territorio.

### 18.5.3. Limitación del indicador:

Se requiere estandarizar los criterios que determinan que un específico conflicto de uso del territorio sea clasificado en una determinada categoría de conflicto.

## 18.6. Cobertura:

El indicador puede ser calculado para cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia colombiana.

## 18.7. Escala:

El indicador puede ser calculado para una amplia variedad de escalas.

## 18.8. Relación con otros indicadores:

Este indicador puede ser interpretado como una medida de la presión antrópica que se está ejerciendo sobre el territorio y su aptitud, en esta medida se considera relevante comparar los valores espaciales y temporales que su estimación arroje, con los obtenidos del cálculo de indicadores de población y de condiciones de la población, tales como: densidad de población, índice de condiciones de vida de la población, actividad económica y tipos de asentamientos, con el propósito de encontrar correspondencias que ayuden a explicar los fenómenos registrados.

## 18.9. Fuente de los datos:

Respecto de la variable 1 no se dispone de datos para toda la región amazónica. Los datos de aptitud de uso disponibles, provienen de estudios puntuales de evaluación de tierras en zonas de colonización del departamento de Güaviare. Los datos de uso actual provienen de la interpretación de imágenes de sensores remotos, complementada con datos de campo y análisis de sistemas de producción. La fuente es:

- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, 1998. *Diagnóstico de los actuales sistemas de producción y su impacto ambiental en la zona de colonización del Güaviare*. Convenio Instituto SINCHI - Gobernación del Güaviare. 190 p.
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, 2000. *Plan de ordenamiento territorial del departamento del Güaviare*. Convenio Instituto SINCHI - Gobernación del Güaviare. 190 p.

La fuente de los datos de la variable 2 depende del tipo de UER sobre la cual se calcule el indicador.

Para el caso de la eco-región Amazónica la fuente es:

- Gutiérrez, F., Salazar C. y Acosta, L., 2004. *Perfiles Urbanos en la Amazonia Colombiana: un Enfoque para el Desarrollo Sostenible*. Proyecto Colciencias - Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá. Colombia.

Para cuencas la fuente es:

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM-, 2004. *Guía Técnica Científica para la Ordenación y Manejo de Cuencas. Decreto 1729 de 2002. Mapa No. 2. Cuencas Hidrográficas en Colombia*. Bogotá. Colombia.

Para áreas protegidas la fuente es:

- Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales – UAESP-NN-, 2002. *Mapa del SPNN - escala 1:100.000*. Bogotá. Colombia.

Para el caso de corporaciones autónomas regionales, departamentos, municipios y territorios indígenas, la fuente es:

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, 2005. *División Política Administrativa de Colombia*. Sistema de Consulta. [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co).

## 18.10. Disponibilidad de los datos:

### 18.10.1. Existencia de series históricas:

No existen series históricas. La información para la zona de colonización del departamento de Güaviare corresponde a los años 1987 y 1997.

### 18.10.2. Nivel de actualización de los datos:

El Instituto SINCHI dispone de información de aptitud de uso, uso actual y conflicto de uso del territorio para la zona de colonización del departamento del Güaviare para el año 1997.

### 18.10.3. Estado actual de los datos:

Los datos de aptitud de uso, uso actual y conflicto de uso del territorio para la zona de colonización del departamento del Güaviare, están disponibles en el Instituto SINCHI como un conjunto de datos.

### 18.10.4. Forma de presentación de los datos:

Los datos de aptitud de uso, uso actual y conflicto de uso del territorio para la zona de colonización del departamento del Güaviare están almacenados en medio digital. Se dispone de una presentación cartográfica.

## 10.11. Periodicidad de los datos:

En la actualidad los datos no presentan ninguna periodicidad. La necesidad de hacer seguimiento al uso de las tierras, implica el cálculo de este indicador por lo menos una vez cada dos (periodicidad recomendada para los datos).

## 10.12. Posibles entidades responsables del indicador:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI con datos a escala 1:500.000. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, corporaciones para el desarrollo sostenible y corporaciones autónomas regionales con territorio en la Amazonia colombiana con datos a escala 1:100.000. Corporaciones para el desarrollo sostenible, corporaciones autónomas regionales y entidades territoriales con territorio en la Amazonia colombiana, con datos a escalas menores 1:100.000.

### 10.13. Documentación relacionada con el indicador:

- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, 1998. *Diagnóstico de los actuales sistemas de producción y su impacto ambiental en la zona de colonización del Güaviare*. Convenio Instituto SINCHI - Gobernación del Güaviare. 190 p.
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, 2000. *Plan de ordenamiento territorial del departamento del Güaviare*. Convenio Instituto SINCHI - Gobernación del Güaviare. 190 p.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM-, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt –IAvH-, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico –IIAP- e Instituto de investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés –INVEMAR-, 2002. *Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC – 3 tomos*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. –IGAC-, 1995. *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Santafé de Bogotá. Colombia. 632 p.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC- y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –Corpoica-, 2002. *Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Martínez M., 1998. *Modelo de evaluación de tierras*. En: Macrozonificación ambiental de la cuenca del río Putumayo, área colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. OEA.
- Martínez, M., y D. Vanegas, 1997. *Sistema de información geográfica para la Amazonia: el caso Güaviare*. Estudios en la Amazonia colombiana. Tomo XIII. Tropenbos. Colombia. 460 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación –FAO-, 1976. *Esquema para la evaluación de tierras*. 65 p.

### 18.14. Ejemplo numérico:

### 18.15. Ejemplo gráfico:

### 18.16. Observaciones:

### 18.17. Elaborada por:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Bogotá, 2002. Ajustada por Mario Orlando López Castro. Enero de 2007.



## 19. Extractivismo comercial

### 19.1. Definición:

El indicador evidencia el porcentaje del volumen o cantidad por especie o producto extraído de un determinado ambiente o unidad espacial y que es comercializado o transportado fuera de los ecosistemas.

### 19.2. Pertinencia del indicador:

Con la información de este indicador se puede hacer el seguimiento del uso que se le está dando a los recursos de una región y del daño o protección que están recibiendo los diversos ecosistemas que la integran. Por lo general, el extractivismo comercial de los recursos, renovables y no renovables, empobrece en forma selectiva el medio ambiente desequilibrando su funcionamiento.

La economía extractiva se diferencia de la productiva en que los recursos se obtienen directamente de la naturaleza, sin que exista un trabajo previo, como la siembra, la cría o la manufactura, con el objeto de producirlos, y sin darles un proceso industrial, *in situ*, para introducirles un valor agregado. La infraestructura que se crea durante los procesos extractivos comerciales se caracteriza por ser muy efímera y, generalmente, móvil, limitada a ser el soporte mínimo coyuntural mientras que se agota el recurso en un espacio dado. Por lo tanto, es una actividad que desvaloriza el espacio en donde se ejerce, porque retira el recurso, no lo repone y no deja ningún valor-trabajo como estructura espacializada. Sin embargo, hay que diferenciar dos tipos básicos de extractivismo: el extractivismo de autoconsumo y el extractivismo comercial.

**Extractivismo de autoconsumo**, como su nombre lo dice, es el extractivismo que ejerce el indígena o el colono para cubrir o complementar sus necesidades de alimentación, vivienda, herramientas, medicinas u otros usos, que no alcanza a producir con sus cultivos o crías. Cuando las demandas no son excesivas, el ecosistema se recupera en forma natural de sus pérdidas; pero, cuando la población indígena o colona crece demasiado, la demanda supera a la oferta, y se llega al colapso de los recursos. En este caso, la variable que debe ser controlada para evitar el conflicto, es la demográfica

**Extractivismo comercial**, cuando el extractivismo se ejerce para comerciar con los recursos obtenidos, la presión sobre los ecosistemas se incrementa, de acuerdo con la demanda externa. Cuando es un bien escaso, la demanda sobrepasa fácilmente a la oferta ambiental, llevan-

do al agotamiento del recurso o a su conversión en cultivo, cría o producto industrial. El caso más dramático de extractivismo comercial en Amazonia ha sido el del caucho: el boom de la siringa, ocurrido entre 1870 y 1920 por la segunda revolución industrial, elevó extraordinariamente los precios del producto y, por consiguiente, su extracción se volvió depredatoria en lo natural y en lo social. La demanda creciente hizo rentable el caucho de plantación en la Malasia, el cual desplazó al caucho silvestre, por su mejor calidad y su menor precio. Actualmente, el caucho silvestre no es un recurso extractivo, porque su venta no compensa los gastos de recolección. En el extractivismo comercial juegan, entonces, dos factores claves: los recursos y el mercado; cualquiera de los dos que se agote, destruye el recurso o lo convierte en naturaleza simple.

### 19.3. Unidad de medida del indicador:

Porcentaje (%)

### 19.4. Fórmula del indicador:

$$PSMM_{ik}(\%) = \left( X_{ijk} / \sum_{j=1}^n X_{ijk} \right) * 100$$

Donde:

$PSMM_{ik}$  = Porcentaje de producto o especie movilizado para un tipo de unidad espacial de referencia, en un año determinado.

$X_{ijk}$  = Cantidad movilizada de la especie o producto i-ésimo en la unidad de referencia j-ésima, durante el año k-ésimo

$\sum X_{ijk}$  = Sumatoria de la cantidad movilizada o decomisada del producto o especie i-ésimo, para un tipo de unidad espacial de referencia j-ésima (*ecosistema, paisaje, Municipio y/o corregimiento departamental, departamento y cuenca hidrográfica*), en el año k-ésimo.

$j = 1, 2, \dots, n$  = número máximo de unidades en cada tipo de UER en la Amazonia colombiana.

$i = 1, 2, \dots, m$  = número máximo de productos considerados.

$k = 1, 2, \dots, a$  = número de años.

La expresión matemática aplica a cualquier tipo de unidad espacial de referencia (*ecosistema, paisaje, municipio y/o corregimiento departamental, departamento y cuenca hidrográfica*) dependiendo de la disponibilidad de información.

## 19.5. Descripción metodológica

### 19.5.1. Proceso de cálculo general del indicador:

Para cada producto extraído se suman anualmente los datos por unidad de referencia (*ecosistema, paisaje, Municipio y/o corregimiento departamental, departamento y cuenca hidrográfica*) y, a partir de ellos, para toda la Amazonia.

Específicamente para la región amazónica se han escogido los siguientes productos con los cuales es posible el poblamiento del indicador de extractivismo comercial, y que son representativos por ecosistemas:

**Para los ecosistemas boscosos:** volumen, en metros cúbicos, por especie de madera movilizada o decomisada anualmente desde los sitios de acopio.

**Para los ecosistemas acuáticos:** cantidad y/o volumen, por especie, de peces ornamentales y de consumo movilizados anualmente desde los sitios de acopio.

**Para el subsuelo:** producción anual de barriles de petróleo, por departamento y/o municipio.

### 19.5.2. Definición de cada variable de la fórmula:

#### Variable 1

Cantidad de producto movilizado (madera, peces, petróleo) reportado por unidad de referencia durante el año. Las unidades espaciales de referencia que se proponen son: *ecosistema, paisaje, Municipio y/o corregimiento departamental, departamento y cuenca hidrográfica*.

#### Variable 2

Cantidad de producto movilizado (madera, peces, petróleo) reportado para toda la Amazonia colombiana durante un año determinado.

### 19.5.3. Limitaciones del indicador (detallar el nivel de desagregación de la información):

Como el indicador se refiere a puntos de comercialización, que son los únicos en donde existe información utilizable, deja por fuera la madera que se utiliza in situ en las zonas madereras, la que se quema y la que sale de contrabando. Sin embargo, es la información más confiable y que puede ser ajustada con métodos estadísticos.

El indicador se puede calcular para cualquier especie o producto en la medida que se incluya en una determinada región o territorio y sobre el cual exista o se genere información.

Otros recursos del subsuelo fuera del petróleo, como el oro y los materiales de construcción, carecen de información confiable. El oro sale principalmente de contrabando y no existe un seguimiento permanente de la extracción de materiales para la construcción.

## 19.6. Cobertura:

Comprende toda la *Amazonia colombiana como región ambiental* (definida por el Sinchi).

## 19.7. Fuente de los datos (donde se producen originalmente, quien los recopila y procesa, quien los posee en la actualidad):

Corporaciones, oficinas de planeación departamentales y municipales, Tropenbos, Banco de la República, Ecopetrol, Ingeominas, INPA, SINCHI.

## 19.8. Disponibilidad de los datos:

	Variable 1	Variable 2
8.1. Existencia de series históricas	Existe información en las Corporaciones, el Instituto Sinchi e IDEAM, INPA, Ecopetrol e Ingeominas, pero las series históricas se deben construir.	Se debe construir con los datos que se obtengan para cada producto en cada año.
8.2. Nivel de actualización de los datos	Existe información parcial disponible para el año 2001.	Existe información parcial disponible para el año 2001.
8.3. Estado actual de los datos	El Instituto Sinchi esta procesando los datos para los departamentos amazónicos.	El Instituto Sinchi esta procesando los datos para los departamentos amazónicos
8.4. Forma de presentación de los datos	Se hallan en formato digital y análogo	Se hallan en formato digital y análogo

## 19.9. Periodicidad de los datos(diferenciar entre la frecuencia de la medición y la presentación de la información):

El indicador se puede actualizar cada año.

## 19.10. Posibles entidades responsables del indicador (precisar aquellas con quienes se harían los convenios interinstitucionales):

Instituto Sinchi, Corporaciones de Desarrollo Sostenible, ECOPETROL, IDEAM.

## 19.11. Documentación relacionada con el indicador (especificar los datos bibliográficos de los documentos que soportan directa o indirectamente el cálculo del indicador):

Agudelo et al. 2000. Bagres de la Amazonia colombiana: Un recurso sin fronteras. Instituto Sinchi. Bogotá. 260 p.

Barthem, R. B.; Guerra, H.; Valderrama, M. 1995. Diagnóstico de los recursos hidrobiológicos de la amazonia. 2ª edición. Tratado de Cooperación Amazónica. 162 p.

INDERENA. 1989. Acuerdo 0075 del 28 de diciembre de 1989. Por el cual se adiciona y modifica el acuerdo 0015 de 1987 que reglamenta la pesca y su aprovechamiento en la parte media y baja de la cuenca del río Caquetá y cuenca amazónica en general. Bogotá. 3 p.

Instituto Sinchi. Peces de importancia económica en la cuenca amazónica colombiana. Bogotá, 2000

López, R. y Cárdenas, D. 2002. Manual de identificación de especies maderables objeto de comercio en la Amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI. Bogotá D.C. 100 p.

MMA, OIMT. Criterios de indicadores para la ordenación sostenible de los bosques naturales. 1996.

Sparre, P. & Venema. S. C. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO, documento técnico de pesca No. 306. Chile. 420 p.

**19.12. Series o bases de datos simplificadas o refinadas (incluir como anexo los datos más significativos en el cálculo del indicador para cada una de las variables involucradas):**

**19.13. Representación gráfica:**

En elaboración

Observaciones:

Elaborada por: Instituto Sinchi.

## 20. Producto cosechado mediante actividades sostenibles

### 20.1. Definición del indicador:

Producto Cosechado Mediante Actividades Sostenibles ( $PCMAS_{ijr}$ ): Es la cantidad de recurso natural renovable  $i$  que ha sido obtenido en jurisdicción de una determinada unidad espacial de referencia  $j^{110}$ , en un período de tiempo  $t^{111}$ , por cosecha del medio natural mediante actividades calificadas como de producción sostenible y que tiene como propósito su comercialización.

### 20.2. Pertinencia del indicador:

En cumplimiento de los principios generales que debe seguir la política ambiental colombiana, en especial el que determina que el proceso de desarrollo económico y social del país se oriente según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo<sup>112</sup>, las entidades que conforman el Sistema Nacional Ambiental SINA, en especial los institutos de investigación y las corporaciones autónomas regionales –CARs-<sup>113</sup> con incidencia en la Amazonia, han venido desarrollando y fomentando prácticas de aprovechamiento de los recursos naturales renovables que son calificadas como de producción sostenible, por cuanto cumplen una serie de características que permiten la cosecha del medio natural sin deteriorar la base en la que se sustenta su renovación<sup>114</sup>.

Esta labor parte de la consideración de que este tipo de prácticas son viables para el caso de la Amazonia como alternativa de sustento y desarrollo.

Estos esfuerzos institucionales han empezado a rendir frutos en la medida que un cierto número de personas, comunidades y empresas, han venido implementado planes de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables, en el marco de los cuales se está comercializando una cantidad de producto que interesa cuantificar y dar a conocer.

---

110 Una unidad espacial de referencia –UER- es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador. Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

111 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considere representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

112 Artículo 1 de la Ley 99 de 1993 (República de Colombia, 1993).

113 Comprendidas tanto las corporaciones autónomas regionales como las corporaciones para el desarrollo sostenible.

114 Básicamente se debe cumplir que la tasa de extracción no debe superar la tasa de renovación del recurso.

La cantidad de recursos cosechados por esta vía se suma a la generada por algunas de las actividades que de mucho tiempo atrás han venido adelantando las comunidades indígenas, manteniendo igualmente la base en la que se soporta la producción natural.

El conocer la cantidad y precio de venta del producto que se genera por esta vía, puede contribuir a incentivar que este tipo de prácticas se extienda entre el común de la población, que no se ha percatado de sus beneficios y por ello basa su sustento y desarrollo económico en prácticas y sistemas productivos no sostenibles ambientalmente que son fuertemente agresivos con el entorno ambiental amazónico.

### 20.3. Unidad de medida del indicador:

El indicador está expresado en toneladas, metros cúbicos o unidades, dependiendo del producto cosechado.

### 20.4. Fórmula del indicador:

$$PCMAS_{ijt} = \sum_{i=1}^n PC_i$$

Donde:

$PCMAS_{ijt}$  es la cantidad de recurso natural renovable  $i$  que ha sido obtenido en jurisdicción de una determinada unidad espacial de referencia  $j$ , en un período de tiempo  $t$ , por cosecha del medio natural mediante actividades calificadas como de producción sostenible y que tiene como propósito su comercialización.

$PC_i$  es la cantidad de recurso natural renovable (toneladas, metros cúbicos o unidades según el caso), que ha obtenido una de las entidades que efectúa su cosecha mediante actividades calificadas como de producción sostenible.

### 20.5. Descripción metodológica:

#### 20.5.1. Proceso de cálculo del indicador:

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos provenientes de registros realizados por las autoridades ambientales regionales, que den cuenta de la extracción, movilización y/o comercialización de recursos naturales renovables obtenidos por cosecha del medio natural, mediante actividades calificadas como de producción sostenible.

La cantidad de recurso natural renovable que ha sido obtenido por cosecha del medio natural ( $PC$ ), se calcula sumando todas las cantidades de recurso natural renovable  $i$  que hayan sido registradas por las

autoridades ambientales regionales como obtenidas por cosecha del medio natural, mediante actividades calificadas como de producción sostenible, en una determinada UER.

$PCMAS_{ijt} > 0$ . El indicador es 0 cuando en la UER j en el tiempo t, no se ha registrado la extracción, movilización y/o comercialización de ninguna cantidad del recurso natural renovable i obtenida mediante actividades calificadas como de producción sostenible y aumenta a medida que se incrementa la cantidad de recurso natural renovable registrado.

#### 20.5.2. Presentación de resultados:

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan los diferentes tipos de recurso natural renovable extraídos, movilizados y/o comercializados que han sido obtenidos en jurisdicción de una determinada UER, y en las columnas los periodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador, incluyendo una columna para la cantidad de recurso natural renovable registrado y una columna para su valor comercial.

Para facilitar la interpretación de los resultados, se puede emplear un método de conformación de clases mediante el cual se evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador para los diferentes tipos de recurso natural renovable cosechado, siempre y cuando la unidad de medida y el tipo de producto permita la comparación<sup>115</sup>.

#### 20.5.3. Limitación del indicador:

El cálculo de este indicador requiere la implementación de un programa de monitoreo cuya captura de datos sea realizada por las autoridades ambientales regionales, llevando un detallado registro de las actividades extractivas calificadas como de producción sostenible que se realicen en su jurisdicción.

Este monitoreo implica la estandarización de una metodología, la definición de unos formatos para la captura de información, la asignación de responsables y en general todos los elementos contemplados en una actividad de monitoreo.

El cálculo de este indicador requiere identificar con la mayor precisión posible el tipo de recurso natural renovable a cuantificar (especie y tipo de espécimen: madera, semilla, plántula, extracto, individuo, piel, fracción de piel, hueso, pluma, etc.) y la cantidad de recurso natural renovable obtenido (expresado en la unidad de medida que resulte más conveniente: debe estandarizarse según tipo de producto).

Dado que la fuente de estos datos corresponde a un conjunto de actividades previamente definidas como de producción sostenible, la captura de datos se facilitaría identificando con antelación dichas actividades y los usuarios que las realizan.

115 Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver IAvH, 2005. *Archivo de hojas metodológicas. Versión 1.03. Fecha de actualización: Noviembre de 2005.* Bogotá, Colombia. 94 pp.



La metodología que se emplee para el monitoreo debe impedir la duplicación de registros (debiendo existir total claridad sobre el sitio de obtención del producto) y minimizar el subregistro.

La calificación de una actividad extractiva como de producción sostenible deberá realizarse con base en un conjunto de criterios en cuya formulación debe mediar una amplia participación institucional y comunitaria. La calificación asignada deberá ser evaluada periódicamente garantizando que la actividad extractiva se realice de acuerdo a los criterios establecidos.

## 20.6. Cobertura:

Actualmente no se dispone de datos estandarizados que permitan el cálculo del indicador para una determinada cobertura, sin embargo se cuenta con algunos ejercicios muy puntuales de identificación de actividades de cosecha de recursos naturales renovables calificadas como de producción sostenible, que generan ingresos para la población que comercializa estos productos.

Con la implementación de un programa regional de monitoreo el indicador podría ser calculado para cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia.

## 20.7. Escala:

El indicador puede ser estimado para las escalas regional y local.

## 20.8. Relación con otros indicadores:

Este indicador es complementario del denominado “precio del producto cosechado mediante actividades sostenibles” el cual cuantifica el producto cosechado en una unidad de medida universal (\$) que permite cierto tipo de comparaciones.

Está relacionado también con indicadores que cuantifican la cantidad y el precio de los recursos naturales renovables obtenidos mediante sistemas de producción calificados como sostenibles, de producción limpia, verdes o amigables con la biodiversidad, con los cuales se puede llegar a agregar, con el propósito de cuantificar el esfuerzo productivo de perfil sostenible.

Otro indicador relacionado es el extractivismo comercial que da cuenta de los volúmenes de recursos naturales extraídos tanto por actividades sostenibles como por actividades no sostenibles. Con este indicador se podrían calcular proporciones que permitan cuantificar que tanto representa dentro de la actividad extractiva total, aquella calificada como de producción sostenible.

## 20.9. Fuente de los datos:

Como fuente futura de los datos se propone un Programa Regional de Monitoreo Ambiental cuya captura de datos sea realizada por las autoridades ambientales regionales.

## 20.10. Disponibilidad de los datos:

### 20.10.1. Existencia de series históricas:

No existen series históricas.

### 20.10.2. Nivel de actualización de los datos:

Se cuenta con datos muy puntuales que servirían para realizar ejercicios de validación del indicador.

### 20.10.3. Estado actual de los datos:

Los datos puntuales a los que se hace referencia en el punto anterior corresponden a los permisos de aprovechamiento forestal otorgados mediante una visita y concepto técnico que lo viabiliza, a los cupos de aprovechamiento de peces ornamentales soportados en evaluaciones de poblaciones, al registro de peces de consumo capturados con respeto del conjunto de restricciones y vedas que se han establecido a este respecto y a una serie de actividades realizadas con el acompañamiento institucional y mediante planes de manejo (v. g. flor de Inírida, palma de chiqui-chiqui), que permiten evaluar su sostenibilidad.

### 20.10.4. Forma de presentación de los datos:

Los datos puntuales a los que se ha hecho referencia están dispersos, algunos están almacenados en hojas de Excel.

## 20.11. Periodicidad de los datos:

En la actualidad los datos no presentan ninguna periodicidad. La implementación de un programa de monitoreo que genere datos permanentes para alimentar este indicador, permitiría su cálculo mensualmente, aún cuando para intereses regionales sería suficiente hacerlo con una periodicidad semestral o anual.

## 20.12. Posibles entidades responsables del indicador:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI para el nivel regional. Corporaciones para el desarrollo sostenible y corporaciones autónomas regionales con territorio en la Amazonia colombiana para los niveles subregional y local.

### 20.13. Documentación relacionada con el indicador:

- López, M. O. 2006. *Lineamientos conceptuales y metodológicos del Sistema de Indicadores Ambientales Amazonia en el marco del Programa Regional de Monitoreo Ambiental*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 34 pp.
- López, R. y Cárdenas, D. 2002. *Manual de identificación de especies maderables objeto de comercio en la Amazonia colombiana*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D.C. Colombia. 100 pp.
- Sparre, P. & Venema, S. C. 1995. *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual*. FAO, documento técnico de pesca No. 306. Chile. 420 pp.

### 20.14. Ejemplo numérico:

### 20.15. Ejemplo gráfico:

### 20.16. Observaciones:

### 20.17. Elaborada por:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, diciembre de 2006.

## 21. Precio del producto cosechado mediante actividades sostenibles

### 21.1. Definición del indicador:

Precio del Producto Cosechado Mediante Actividades Sostenibles ( $PPCMAS_{ij}$ ): Es el precio de venta, o en su defecto el precio estimado, del recurso natural renovable  $i$  que ha sido obtenido en jurisdicción de una determinada unidad espacial de referencia  $j$ <sup>116</sup>, en un período de tiempo  $t$ <sup>117</sup>, por cosecha del medio natural mediante actividades calificadas como de producción sostenible y que tiene como propósito su comercialización.

### 21.2. Pertinencia del indicador:

En cumplimiento de los principios generales que debe seguir la política ambiental colombiana, en especial el que determina que el proceso de desarrollo económico y social del país se oriente según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo<sup>118</sup>, las entidades que conforman el Sistema Nacional Ambiental SINA, en especial los institutos de investigación y las corporaciones autónomas regionales –CARs–<sup>119</sup> con incidencia en la Amazonia, han venido desarrollando y fomentando prácticas de aprovechamiento de los recursos naturales renovables que son calificadas como de producción sostenible, por cuanto cumplen una serie de características que permiten la cosecha del medio natural sin deteriorar la base en la que se sustenta su renovación<sup>120</sup>.

Esta labor parte de la consideración de que este tipo de prácticas son viables para el caso de la Amazonia como alternativa de sustento y desarrollo.

Estos esfuerzos institucionales han empezado a rendir frutos en la medida que un cierto número de personas, comunidades y empresas, han venido implementado planes de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables, en el marco de los cuales se está comercializando una cantidad de producto que interesa cuantificar y dar a conocer.

---

116 Una unidad espacial de referencia –UER– es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador. Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

117 Un período de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considere representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

118 Artículo 1 de la Ley 99 de 1993 (República de Colombia, 1993).

119 Comprendidas tanto las corporaciones autónomas regionales como las corporaciones para el desarrollo sostenible.

120 Básicamente se debe cumplir que la tasa de extracción no debe superar la tasa de renovación del recurso.

La cantidad de recursos cosechados por esta vía se suma a la generada por algunas de las actividades que de mucho tiempo atrás han venido adelantando las comunidades indígenas, manteniendo igualmente la base en la que se soporta la producción natural.

El conocer la cantidad y precio de venta del producto que se genera por esta vía, puede contribuir a incentivar que este tipo de prácticas se extienda entre el común de la población, que no se ha percatado de sus beneficios y por ello basa su sustento y desarrollo económico en prácticas y sistemas productivos no sostenibles ambientalmente que son fuertemente agresivos con el entorno ambiental amazónico.

### 21.3. Unidad de medida del indicador:

El indicador está expresado en pesos (\$).

### 21.4. Fórmula del indicador:

$$PPCMAS_{ijt} = \sum_{i=1}^n PPC_i$$

Donde:

$PPCMAS_{ijt}$  es el precio de venta, o en su defecto el precio estimado, del recurso natural renovable  $i$  que ha sido obtenido en jurisdicción de una determinada unidad espacial de referencia  $j$ , en un periodo de tiempo  $t$ , por cosecha del medio natural mediante actividades calificadas como de producción sostenible y que tiene como propósito su comercialización.

$PPC_j$  es el precio de venta, o en su defecto el precio estimado (pesos), del recurso natural renovable que ha obtenido una de las entidades que efectúa su cosecha mediante actividades calificadas como de producción sostenible.

### 21.5. Descripción metodológica:

#### 21.5.1. Proceso de cálculo del indicador:

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos provenientes de registros realizados por las autoridades ambientales regionales, que den cuenta de la extracción, movilización y/o comercialización de recursos naturales renovables obtenidos por cosecha del medio natural, mediante actividades calificadas como de producción sostenible.

El precio del recurso natural renovable que ha sido obtenido por cosecha del medio natural ( $PPC_j$ ), se calcula sumando los precios de venta, o en su defecto los precios estimados, de todas las cantidades de recurso natural renovable  $i$  que hayan sido registradas por las au-

toridades ambientales regionales como obtenidas por cosecha del medio natural, mediante actividades calificadas como de producción sostenible, en una determinada UER.

$PPCMAS_{ijt} \geq 0$ . El indicador es 0 cuando en la UER  $j$  en el tiempo  $t$ , no se ha registrado la extracción, movilización y/o comercialización de ninguna cantidad de recurso natural renovable  $i$  obtenida mediante actividades calificadas como de producción sostenible y aumenta a medida que se incrementa la cantidad y/o el precio de producto registrado.

#### 21.5.2. Presentación de resultados:

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan los diferentes tipos de recurso natural renovable extraídos, movilizadas y/o comercializados que han sido obtenidos en jurisdicción de una determinada UER, y en las columnas los periodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador, incluyendo una columna para la cantidad de producto registrado y una columna para su valor comercial.

Para facilitar la interpretación de los resultados, se puede emplear un método de conformación de clases mediante el cual se evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador para los diferentes tipos de producto cosechado<sup>121</sup>.

#### 21.5.3. Limitación del indicador:

El cálculo de este indicador requiere la implementación de un programa de monitoreo cuya captura de datos sea realizada por las autoridades ambientales regionales, llevando un detallado registro de las actividades extractivas calificadas como de producción sostenible que se realicen en su jurisdicción.

Este monitoreo implica la estandarización de una metodología, la definición de unos formatos para la captura de información, la asignación de responsables y en general todos los elementos contemplados en una actividad de monitoreo.

El cálculo de este indicador requiere identificar con la mayor precisión posible el tipo de recurso natural renovable a cuantificar (especie y tipo de espécimen: madera, semilla, plántula, extracto, individuo, piel, fracción de piel, hueso, pluma, etc.), la cantidad de producto obtenido (expresado en la unidad de medida que resulte más conveniente: debe estandarizarse según tipo de producto) y el precio de venta.

Dado que la fuente de estos datos corresponde a un conjunto de actividades previamente definidas como de producción sostenible, la captura de datos se facilitaría identificando con antelación dichas actividades y los usuarios que las realizan.

---

121 Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver IAvH, 2005. *Archivo de hojas metodológicas. Versión 1.03. Fecha de actualización: Noviembre de 2005.* Bogotá. Colombia. 94 pp.

La metodología que se emplee para el monitoreo debe impedir la duplicación de registros (debiendo existir total claridad sobre el sitio de obtención del producto) y minimizar el subregistro.

La calificación de una actividad extractiva como de producción sostenible deberá realizarse con base en un conjunto de criterios en cuya formulación debe mediar una amplia participación institucional y comunitaria. La calificación asignada deberá ser evaluada periódicamente garantizando que la actividad extractiva se realice de acuerdo a los criterios establecidos.

Una limitación adicional está representada por la necesidad de confirmar el precio de venta del producto, dato que generalmente es suministrado por el beneficiario<sup>122</sup>, o en su defecto estimar adecuadamente dicho valor comercial.

Con el propósito de facilitar análisis multianuales del indicador es conveniente estandarizar los precios a valores constantes de un año base, corrigiendo los precios corrientes con ayuda de un coeficiente que les quita el efecto de la inflación.

## 21.6. Cobertura:

Actualmente no se dispone de datos estandarizados que permitan el cálculo del indicador para una determinada cobertura.

Con la implementación de un programa regional de monitoreo el indicador podría ser calculado para cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia.

## 21.7. Escala:

El indicador puede ser estimado para las escalas regional y local.

## 21.8. Relación con otros indicadores:

Este indicador es complementario del denominado “producto cosechado mediante actividades sostenibles” el cual cuantifica la cantidad de producto cosechado en unidades tales como toneladas, metros cúbicos o unidades según el caso.

Está relacionado también con indicadores que cuantifican la cantidad y el precio de los recursos naturales renovables obtenidos mediante sistemas de producción calificados como sostenibles, de producción limpia, verdes o amigables con la biodiversidad, con los cuales se puede llegar a agregar, con el propósito de cuantificar el esfuerzo productivo de perfil sostenible.

---

122 Existe en muchas personas la tendencia de mentir en relación con el monto de sus ingresos.

Otro indicador relacionado es el extractivismo comercial que da cuenta de los volúmenes de recursos naturales extraídos tanto por actividades sostenibles como por actividades no sostenibles. Con este indicador se podrían calcular proporciones que permitan cuantificar que tanto representa dentro de la actividad extractiva total, aquella calificada como de producción sostenible.

## 21.9. Fuente de los datos:

Como fuente futura de los datos se propone un Programa Regional de Monitoreo Ambiental cuya captura de datos sea realizada por las autoridades ambientales regionales.

## 21.10. Disponibilidad de los datos:

### 21.10.1. Existencia de series históricas:

No existen series históricas.

### 21.10.2. Nivel de actualización de los datos:

No se cuenta con datos actualizados.

### 21.10.3. Estado actual de los datos:

No se han generado datos para el cálculo del indicador.

### 21.10.4. Forma de presentación de los datos:

No se han generado datos para el cálculo del indicador.

## 21.11. Periodicidad de los datos:

No se han generado datos para el cálculo del indicador. La implementación de un programa de monitoreo que genere datos permanentes para alimentar este indicador, permitiría su cálculo mensualmente, aún cuando para intereses regionales sería suficiente hacerlo con una periodicidad semestral o anual.

## 21.12. Posibles entidades responsables del indicador:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI para el nivel regional. Corporaciones para el desarrollo sostenible y corporaciones autónomas regionales con territorio en la Amazonia colombiana para los niveles subregional y local.



### 21.13. Documentación relacionada con el indicador:

- López, M. O. 2006. *Lineamientos conceptuales y metodológicos del Sistema de Indicadores Ambientales Amazonia en el marco del Programa Regional de Monitoreo Ambiental*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 34 pp.

### 21.14. Ejemplo numérico:

### 21.15. Ejemplo gráfico:

### 21.16. Observaciones:

### 21.17. Elaborada por:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, diciembre de 2006.

## 22. Producción de sistemas productivos sostenibles

### 22.1. Definición del indicador:

Producción de Sistemas Productivos Sostenibles (*PSPS<sub>ijl</sub>*): Es la cantidad de recurso natural renovable  $i$  que ha sido producido en jurisdicción de una determinada unidad espacial de referencia  $j$ <sup>123</sup>, en un período de tiempo  $t$ <sup>124</sup>, mediante un sistema productivo calificado como de producción sostenible y que tiene como propósito su comercialización.

### 22.2. Pertinencia del indicador:

En cumplimiento de los principios generales que debe seguir la política ambiental colombiana, en especial el que determina que el proceso de desarrollo económico y social del país se oriente según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo<sup>125</sup>, las entidades que conforman el Sistema Nacional Ambiental –SINA–, en especial los institutos de investigación y las corporaciones autónomas regionales –CARs–<sup>126</sup> con incidencia en la Amazonia, han venido desarrollando y fomentando sistemas productivos calificados como de producción sostenible, por cuanto cumplen una serie de características que permiten la producción de recursos naturales renovables sin deteriorar la base en la que se sustentan los ecosistemas amazónicos y sin amenazar su conservación.

Esta labor parte de la consideración de que este tipo de sistemas productivos son viables para el caso de la Amazonia como alternativa de sustento y desarrollo.

Estos esfuerzos institucionales han empezado a rendir frutos en la medida que un cierto número de personas, comunidades y empresas, han venido implementado sistemas productivos sostenibles, en el marco de los cuales se está comercializando una cantidad de producto que interesa cuantificar y dar a conocer.

La cantidad de recursos producidos por esta vía se suma a la generada por sistemas productivos tradicionales indígenas que igual han mantenido la base en la que se soportan los ecosistemas amazónicos.

---

123 Una unidad espacial de referencia –UER– es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador. Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

124 Un periodo de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considere representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

125 Artículo 1 de la Ley 99 de 1993 (República de Colombia, 1993).

126 Comprendidas tanto las corporaciones autónomas regionales como las corporaciones para el desarrollo sostenible.

El conocer la cantidad y precio de venta de la producción que se genera por esta vía, puede contribuir a incentivar que este tipo de sistemas productivos se extienda entre el común de la población, que no se ha percatado de sus beneficios y por ello basa su sustento y desarrollo económico en prácticas y sistemas productivos no sostenibles ambientalmente que son fuertemente agresivos con el entorno ambiental amazónico.

### 22.3. Unidad de medida del indicador:

El indicador está expresado en toneladas, metros cúbicos o unidades, dependiendo del tipo de producción.

### 22.4. Fórmula del indicador:

$$PSPS_{ijt} = \sum_{i=1}^n PS_i$$

Donde:

$PSPS_{ijt}$  es la cantidad de recurso natural renovable  $i$  que ha sido producida en jurisdicción de una determinada unidad espacial de referencia  $j$ , en un período de tiempo  $t$ , mediante un sistema productivo calificado como de producción sostenible y que tiene como propósito su comercialización.

$PS_i$  es la cantidad de recurso natural renovable (toneladas, metros cúbicos o unidades según el caso), que ha obtenido, una de las entidades que ha implementado sistemas de producción sostenible, como resultado de su actividad productiva en un periodo.

### 22.5. Descripción metodológica:

#### 22.5.1. Proceso de cálculo del indicador:

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos provenientes de registros realizados por las autoridades ambientales regionales, que den cuenta de la producción, movilización y/o comercialización de recursos naturales renovables obtenidos por la implementación de sistemas productivos sostenibles.

La cantidad de recurso natural renovable que ha sido obtenido por la implementación de sistemas productivos sostenibles ( $PS_i$ ), se calcula sumando todas las cantidades de recurso natural renovable  $i$  que hayan sido registradas por las autoridades ambientales regionales como producción obtenida mediante la implementación de sistemas productivos sostenibles, en una determinada UER.

$PSPS_{ijt} > 0$ . El indicador es 0 cuando en la UER  $j$  en el tiempo  $t$ , no se ha registrado la producción, movilización y/o comercialización de ninguna cantidad de recurso natural renovable  $i$  obtenida mediante la implementación de sistemas productivos sostenibles y aumenta a medida que se incrementa la cantidad de recurso natural renovable registrado.

#### 22.5.2. Presentación de resultados:

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan los diferentes tipos de recurso natural renovable producidos, movilizados y/o comercializados que han sido obtenidos en jurisdicción de una determinada UER y en las columnas los periodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador, incluyendo una columna para la cantidad de recurso natural renovable registrado y una columna para su valor comercial.

Para facilitar la interpretación de los resultados, se puede emplear un método de conformación de clases mediante el cual se evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador para los diferentes tipos de recurso natural renovable, siempre y cuando la unidad de medida y el tipo de producto permita la comparación<sup>127</sup>.

#### 22.5.3. Limitación del indicador:

El cálculo de este indicador requiere la implementación de un programa de monitoreo cuya captura de datos sea realizada por las autoridades ambientales regionales, llevando un detallado registro de las actividades productivas calificadas como de producción sostenible que se realicen en su jurisdicción.

Este monitoreo implica la estandarización de una metodología, la definición de unos formatos para la captura de información, la asignación de responsables y en general todos los elementos contemplados en una actividad de monitoreo.

El cálculo de este indicador requiere identificar con la mayor precisión posible el tipo de recurso natural renovable a cuantificar (especie y tipo de espécimen: madera, semilla, plántula, extracto, individuo, piel, fracción de piel, hueso, pluma, etc.) y la cantidad de recurso natural renovable obtenido (expresado en la unidad de medida que resulte más conveniente: debe estandarizarse según tipo de recurso natural renovable).

Dado que la fuente de estos datos corresponde a un conjunto de unidades productivas que han implementado sistemas productivos sostenibles, la captura de datos se facilitaría identificando con antelación dichas unidades.

---

127 Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver IAvH, 2005. *Archivo de hojas metodológicas. Versión 1.03. Fecha de actualización: Noviembre de 2005.* Bogotá, Colombia. 94 pp.

La metodología que se emplee para el monitoreo debe impedir la duplicación de registros (debiendo existir total claridad sobre el sitio de obtención del recurso natural renovable) y minimizar el subregistro.

La calificación de un sistema productivo como de producción sostenible deberá realizarse con base en un conjunto de criterios en cuya formulación debe mediar una amplia participación institucional y comunitaria. La calificación asignada deberá ser evaluada periódicamente garantizando que la actividad productiva se realice de acuerdo a los criterios establecidos.

## 22.6. Cobertura:

Actualmente no se dispone de datos estandarizados que permitan el cálculo del indicador para una determinada cobertura, sin embargo se cuenta con algunos ejercicios muy puntuales de identificación y cuantificación de actividades de producción calificadas como de producción sostenible, que generan ingresos para la población que genera estos productos.

Con la implementación de un programa regional de monitoreo el indicador podría ser calculado para cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia.

## 22.7. Escala:

El indicador puede ser estimado para las escalas regional y local.

## 22.8. Relación con otros indicadores:

Este indicador es complementario del denominado “precio de la producción sistemas productivos sostenibles” el cual cuantifica la producción en una unidad de medida universal (\$) que permite cierto tipo de comparaciones.

Está relacionado también con indicadores que cuantifican la cantidad y el precio de los recursos naturales renovables obtenidos por cosecha del medio natural mediante actividades calificadas como de producción sostenible, de producción limpia, verdes o amigables con la biodiversidad, con los cuales se puede llegar a agregar, con el propósito de cuantificar el esfuerzo productivo de perfil sostenible.

## 22.9. Fuente de los datos:

Como fuente futura de los datos se propone un Programa Regional de Monitoreo Ambiental cuya captura de datos sea realizada por las autoridades ambientales regionales.

## 22.10. Disponibilidad de los datos:

### 22.10.1. Existencia de series históricas:

No existen series históricas.

### 22.10.2. Nivel de actualización de los datos:

Se cuenta con datos muy puntuales que servirían para realizar ejercicios de validación del indicador.

### 22.10.3. Estado actual de los datos:

Los datos puntuales a los que se hace referencia en el punto anterior, corresponden a los generados en el marco de proyectos agrícolas, agroforestales, silvopastoriles, agrosilvopastoriles, de enriquecimiento forestal, y de reproducción y cultivo de peces ornamentales y de consumo, entre otros, que han sido fomentados y acompañados por entidades como el Instituto Sinchi y las corporaciones de desarrollo sostenible con asiento en la región.

### 22.10.4. Forma de presentación de los datos:

Los datos puntuales a los que se ha hecho referencia están dispersos, algunos están almacenados en hojas de Excel.

## 22.11. Periodicidad de los datos:

Salvo contadas excepciones (v. g. monitoreo de proyectos forestales realizado por el Instituto Sinchi), la mayor parte de los datos no presentan ninguna periodicidad. La implementación de un programa de monitoreo que genere datos permanentes para alimentar este indicador, permitiría su cálculo mensualmente, aún cuando para intereses regionales sería suficiente hacerlo con una periodicidad semestral o anual.

## 22.12. Posibles entidades responsables del indicador:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI para el nivel regional. Corporaciones para el desarrollo sostenible y corporaciones autónomas regionales con territorio en la Amazonia colombiana para los niveles subregional y local.

### 22.13. Documentación relacionada con el indicador:

- López, M. O. 2006. *Lineamientos conceptuales y metodológicos del Sistema de Indicadores Ambientales Amazonia en el marco del Programa Regional de Monitoreo Ambiental*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 34 pp.
- López, R. y Cárdenas, D. 2002. *Manual de identificación de especies maderables objeto de comercio en la Amazonia colombiana*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D.C. Colombia. 100 pp.

### 22.14. Ejemplo numérico:

### 22.15. Ejemplo gráfico:

### 22.16. Observaciones:

### 22.17. Elaborada por:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, diciembre de 2006.

## 23. Precio de la producción de sistemas productivos sostenibles

### 23.1. Definición del indicador:

Precio de la Producción de Sistemas Productivos Sostenibles ( $PPSPS_{ij}$ ): Es el precio de venta, o en su defecto el precio estimado, de la cantidad de recurso natural renovable  $i$  que ha sido producido en jurisdicción de una determinada unidad espacial de referencia  $j$ <sup>128</sup>, en un período de tiempo  $t$ <sup>129</sup>, mediante un sistema productivo calificado como de producción sostenible y que tiene como propósito su comercialización.

### 23.2. Pertinencia del indicador:

En cumplimiento de los principios generales que debe seguir la política ambiental colombiana, en especial el que determina que el proceso de desarrollo económico y social del país se oriente según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo<sup>130</sup>, las entidades que conforman el Sistema Nacional Ambiental –SINA–, en especial los institutos de investigación y las corporaciones autónomas regionales –CARs-<sup>131</sup> con incidencia en la Amazonia, han venido desarrollando y fomentando sistemas productivos calificados como de producción sostenible, por cuanto cumplen una serie de características que permiten la producción de recursos naturales renovables sin deteriorar la base en la que se sustentan los ecosistemas amazónicos y sin amenazar su conservación.

Esta labor parte de la consideración de que este tipo de sistemas productivos son viables para el caso de la Amazonia como alternativa de sustento y desarrollo.

Estos esfuerzos institucionales han empezado a rendir frutos en la medida que un cierto número de personas, comunidades y empresas, han venido implementado sistemas productivos sostenibles, en el marco de los cuales se está comercializando una cantidad de producto que interesa cuantificar y dar a conocer.

---

128 Una unidad espacial de referencia –UER– es cualquier superficie geográfica, continua o discontinua, en la cual resulta de importancia calcular el indicador. Las UER que resultan de mayor interés son: eco-región, cuenca, área protegida, jurisdicción CAR y división político-administrativa.

129 Un periodo de tiempo es cualquier lapso temporal para el cual se considere representativo el valor arrojado por la estimación del indicador.

130 Artículo 1 de la Ley 99 de 1993 (República de Colombia, 1993).

131 Comprendidas tanto las corporaciones autónomas regionales como las corporaciones para el desarrollo sostenible.



La cantidad de recursos producidos por esta vía se suma a la generada por sistemas productivos tradicionales indígenas que igual han mantenido la base en la que se soportan los ecosistemas amazónicos.

El conocer la cantidad y precio de venta de la producción que se genera por esta vía, puede contribuir a incentivar que este tipo de sistemas productivos se extienda entre el común de la población, que no se ha percatado de sus beneficios y por ello basa su sustento y desarrollo económico en prácticas y sistemas productivos no sostenibles ambientalmente que son fuertemente agresivos con el entorno ambiental amazónico.

### 23.3. Unidad de medida del indicador:

El indicador está expresado en pesos (\$).

### 23.4. Fórmula del indicador:

$$PPSPS_{ijt} = \sum_{i=1}^n PPS_i$$

Donde:

$PPSPS_{ijt}$  es el precio de venta, o en su defecto el precio estimado, de la cantidad de recurso natural renovable  $i$  que ha sido producida en jurisdicción de una determinada unidad espacial de referencia  $j$ , en un período de tiempo  $t$ , mediante un sistema productivo calificado como de producción sostenible y que tiene como propósito su comercialización.

$PPS_{ijt}$  es el precio de venta, o en su defecto el precio estimado (pesos), de la cantidad de recurso natural renovable que ha obtenido, una de las entidades que ha implementado sistemas de producción sostenible, como resultado de su actividad productiva en un periodo.

### 23.5. Descripción metodológica:

#### 23.5.1. Proceso de cálculo del indicador:

El proceso de cálculo del indicador parte de la disponibilidad de datos provenientes de registros realizados por las autoridades ambientales regionales, que den cuenta de la producción, movilización y/o comercialización de recursos naturales renovables producidos mediante la implementación de sistemas productivos sostenibles.

El precio del recurso natural renovable que ha sido producido mediante la implementación de sistemas productivos sostenibles ( $PPS_{ijt}$ ), se calcula sumando los precios de venta, o en su defecto los precios estimados, de todas las cantidades de recurso natural

renovable  $i$  que hayan sido registradas por las autoridades ambientales regionales como producción obtenida mediante la implementación de sistemas productivos sostenibles, en una determinada UER.

$PPSPS_{ijt} \geq 0$  El indicador es 0 cuando en la UER  $j$  en el tiempo  $t$ , no se ha registrado la producción, movilización y/o comercialización de ninguna cantidad de recurso natural renovable  $i$  producida mediante la implementación de sistemas productivos sostenibles y aumenta a medida que se incrementa la cantidad y/o el precio de producto registrado.

### 23.5.2. Presentación de resultados:

Los datos se pueden presentar en una tabla de dos dimensiones en cuyas filas se consignan los diferentes tipos de recurso natural renovable producidos, movilizadas y/o comercializados que han sido producidos en jurisdicción de una determinada UER y en las columnas los periodos de tiempo para los cuales se estimó el indicador, incluyendo una columna para la cantidad de producto registrado y una columna para su valor comercial.

Para facilitar la interpretación de los resultados, se puede emplear un método de conformación de clases mediante el cual se evidencie diferencias significativas entre los valores arrojados por la estimación del indicador para los diferentes tipos de producto<sup>132</sup>.

### 23.5.3. Limitación del indicador:

El cálculo de este indicador requiere la implementación de un programa de monitoreo cuya captura de datos sea realizada por las autoridades ambientales regionales, llevando un detallado registro de las actividades productivas calificadas como de producción sostenible que se realicen en su jurisdicción.

Este monitoreo implica la estandarización de una metodología, la definición de unos formatos para la captura de información, la asignación de responsables y en general todos los elementos contemplados en una actividad de monitoreo.

El cálculo de este indicador requiere identificar con la mayor precisión posible el tipo de producto a cuantificar (especie y tipo de espécimen: madera, semilla, plántula, extracto, individuo, piel, fracción de piel, hueso, pluma, etc.), la cantidad de producto obtenido (expresado en la unidad de medida que resulte más conveniente: debe estandarizarse según tipo de producto) y el precio de venta.

---

132 Dos métodos utilizados con este propósito son el de Desviación estándar y el de Percentiles. Se sugiere ver IAvH, 2005. *Archivo de hojas metodológicas. Versión 1.03. Fecha de actualización: Noviembre de 2005.* Bogotá, Colombia. 94 pp.

Dado que la fuente de estos datos corresponde a un conjunto de unidades productivas que han implementado sistemas productivos sostenibles, la captura de datos se facilitaría identificando con antelación dichas unidades.

La metodología que se emplee para el monitoreo debe impedir la duplicación de registros (debiendo existir total claridad sobre el sitio de obtención del producto) y minimizar el subregistro.

La calificación de un sistema productivo como de producción sostenible deberá realizarse con base en un conjunto de criterios en cuya formulación debe mediar una amplia participación institucional y comunitaria. La calificación asignada deberá ser evaluada periódicamente garantizando que la actividad productiva se realice de acuerdo a los criterios establecidos.

Una limitación adicional está representada por la necesidad de confirmar el precio de venta del producto, dato que generalmente es suministrado por el beneficiario<sup>133</sup>, o en su defecto estimar adecuadamente dicho valor comercial.

Con el propósito de facilitar análisis multianuales del indicador es conveniente estandarizar los precios a valores constantes de un año base, corrigiendo los precios corrientes con ayuda de un coeficiente que les quita el efecto de la inflación.

### 23.6. Cobertura:

Actualmente no se dispone de datos estandarizados que permitan el cálculo del indicador para una determinada cobertura.

Con la implementación de un programa regional de monitoreo el indicador podría ser calculado para cualquier UER ubicada al interior de la Amazonia.

### 23.7. Escala:

El indicador puede ser estimado para las escalas regional y local.

### 23.8. Relación con otros indicadores:

Este indicador es complementario del denominado “producción de sistemas productivos sostenibles” el cual cuantifica la producción en unidades tales como toneladas, metros cúbicos o unidades según el caso.

Está relacionado también con indicadores que cuantifican la cantidad y el precio de los recursos naturales renovables obtenidos por cosecha del medio natural mediante actividades

---

133 Existe en muchas personas la tendencia de mentir en relación con el monto de sus ingresos.

calificadas como de producción sostenible, de producción limpia, verdes o amigables con la biodiversidad, con los cuales se puede llegar a agregar, con el propósito de cuantificar el esfuerzo productivo de perfil sostenible.

### 23.9. Fuente de los datos:

Como fuente futura de los datos se propone un Programa Regional de Monitoreo Ambiental cuya captura de datos sea realizada por las autoridades ambientales regionales.

### 23.10. Disponibilidad de los datos:

#### 23.10.1. Existencia de series históricas:

No existen series históricas.

#### 23.10.2. Nivel de actualización de los datos:

No se cuenta con datos actualizados.

#### 23.10.3. Estado actual de los datos:

No se han generado datos para el cálculo del indicador.

#### 23.10.4. Forma de presentación de los datos:

No se han generado datos para el cálculo del indicador.

### 23.11. Periodicidad de los datos:

No se han generado datos para el cálculo del indicador. La implementación de un programa de monitoreo que genere datos permanentes para alimentar este indicador, permitiría su cálculo mensualmente, aún cuando para intereses regionales sería suficiente hacerlo con una periodicidad semestral o anual.

### 23.12. Posibles entidades responsables del indicador:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI para el nivel regional. Corporaciones para el desarrollo sostenible y corporaciones autónomas regionales con territorio en la Amazonia colombiana para los niveles subregional y local.

### 23.13. Documentación relacionada con el indicador:

- López, M. O. 2006. *Lineamientos conceptuales y metodológicos del Sistema de Indicadores Ambientales Amazonia en el marco del Programa Regional de Monitoreo Ambiental*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C. Colombia. 34 pp.

### 23.14. Ejemplo numérico:

### 23.15. Ejemplo gráfico:

### 23.16. Observaciones:

### 23.17. Elaborada por:

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio - Amazonia Colombiana. Mario Orlando López Castro. Bogotá, diciembre de 2006.

## 24. Áreas protegidas y/o con régimen especial

### 24.1. Definición:

Porcentaje de la superficie de la unidad espacial de referencia (municipios, corregimientos departamentales, departamentos, región, paisajes, ecosistemas y cuencas hidrográficas), que hace parte de espacios protegidos y/o con régimen especial en la Amazonia colombiana.

### 24.2. Pertinencia del indicador (en relación con la línea base y la sostenibilidad ambiental):

La Ley 99 de 1993, de ordenamiento ambiental, da como función del Estado el “regular y orientar el proceso de diseño y planificación del uso del territorio y de los recursos naturales renovables de la nación, a fin de garantizar su adecuada explotación y su desarrollo sostenible” (Artículo 7). Establece, para las categorías espaciales de ordenamiento ambiental regulaciones sobre el uso del suelo en lo concerniente a sus aspectos ambientales y pautas ambientales, así como políticas de población (demografía) y regulación ambiental de los asentamientos humanos y de las actividades económicas, con el fin de garantizar el desarrollo sostenible del territorio. De igual manera la Ley 388 de 1997, de desarrollo territorial, regula el desarrollo económico, social y cultural a través de las políticas espaciales de desarrollo, en cuanto al uso y ocupación del territorio. Siguiendo estas políticas, es clave el inventariar y espacializar las áreas protegidas y/o con régimen especial ambiental o territorial para establecer su crecimiento (incremento en número y área), por cuanto estas consolidan las políticas de un desarrollo planificado y sostenible en la Amazonia. Existen dos categorías espaciales de ordenamiento: ambiental y territorial.

Las categorías espaciales de ordenamiento ambiental, son las zonas que sirven de soporte al ordenamiento ambiental del territorio y que fueron establecidas desde el año de 1953. Estas categorías se orientan a regular el uso y ocupación del territorio en favor de la conservación, preservación, recuperación, manejo y control del aprovechamiento de los recursos naturales y culturales, y de la investigación, educación, recreación y descanso, es decir, a usos conservacionistas, científicos, educativos, recreativos compatibles con las políticas de conservación de los recursos naturales.

En cuanto a las categorías espaciales de ordenamiento territorial, se consideran para la Amazonia colombiana, las asignadas por Ley a los espacios rurales y fronterizos, excluyéndose las de tipo urbano. Las categorías espaciales de ordenamiento territorial –OT- rural, se establecen a partir del año 1961, mientras que las categorías espaciales de ordenamiento territorial fronterizo se establecen a partir del año 1995.

### 24.3. Unidad de medida del indicador (la unidad de medida de cada una de las variables, se incluye en descripción metodológica):

Porcentaje (%)

### 24.4. Fórmula del indicador:

$$APRE_{ik} = \left( \frac{X_{ijk}}{\sum_{j=1}^n X_{ijk}} \right) * 100$$

Donde:

$APRE_{ik}$  = porcentaje del área de la unidad espacial de referencia que pertenece a una determinada figura de protección o régimen especial, en un año determinado.

$X_{ijk}$  = Área de la figura protegida y/o de régimen especial j-ésima, en la unidad espacial de referencia i-ésima, en el año k-ésimo.

$\sum X_{ijk}$  = Area total de la UER en un año determinado.

i = 1, 2, ..., m = número máximo de Unidades Espaciales de Referencia (UER) consideradas.

j = 1, 2, ..., n = número máximo de figuras de protección y/o de régimen especial considerados.

k = 1, 2, 3, ..., a = número de años.

### 24.5. Descripción metodológica:

#### 24.5.1 Proceso de cálculo general del indicador:

Número y área de las *categorías espaciales de ordenamiento ambiental*, como las zonas de reserva forestal (áreas forestales productoras, protectoras o productoras-protectoras); las áreas del sistema de parques nacionales naturales (parque nacional, reserva natural, área natural única, santuario de flora y/o fauna y vía parque); las zonas de protección, estudio y propagación de fauna silvestre (territorio fáunico, zoológico, reserva de caza, coto de caza y veda de caza); los distritos de manejo integrado de recursos naturales –DMI–; las zonas hídricas de protección especial; las áreas especiales de manejo integrado de especies hidrobiológicas (manglares, estuarios, meandros, ciénagas, áreas de pesca de subsistencia o comunitaria u otros hábitats similares); las zonas de preservación paisajista (áreas escénicas, de descanso o recreo); las zonas de conservación de recursos hídricos; las áreas o ecosistemas de interés estratégico para la conservación de los recursos naturales; las zonas de protección especial y los distritos de conservación de suelos.

Número y área de las *categorías espaciales de ordenamiento territorial rural* como las áreas de desarrollo empresarial; las reservas o resguardos de tierras indígenas; las tierras de comunidades negras; las zonas de reserva campesina; las zonas de entidades de derecho público; las áreas de reserva minera indígena o zonas mineras indígenas; las áreas de industrias contaminantes; las zonas de colonización; las áreas de reserva de la sociedad civil; las áreas de sustracción con asignación de usos y/o manejo especial y las áreas de amenaza natural.

Número y área de las *categorías espaciales de ordenamiento territorial fronterizo* como las unidades de integración fronteriza y las zonas de integración fronteriza.

24.5.2 Definición de cada variable de la fórmula (incluir dentro de la descripción la unidad de medida:

#### Variable 1

Area (Km<sup>2</sup>, Ha) de cada categoría de protección y/o de manejo especial de acuerdo con las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 sus decretos reglamentarios, en las diferentes unidades de referencia (municipios, corregimientos departamentales y departamentos).

#### Variable 2

Área total (Km<sup>2</sup>, Ha) de la unidad de referencia correspondiente.

24.5.3 Limitaciones del indicador (con relación al método de cálculo y a la medición del fenómeno estudiado):

La información sobre el número y área de espacios protegidos y/o con régimen especial en la Amazonia colombiana (número de categorías espaciales de ordenamiento ambiental y territorial), a nivel de la nación, región y departamentos, es susceptible de ser actualizada periódicamente, mientras que la información de ámbito municipal tiene dificultad para ser levantada, en cuanto a la creación de áreas como: los parques municipales naturales y subregionales; las áreas de páramo; las áreas amortiguación de los parques nacionales; las áreas para la protección de cuencas (áreas periféricas a nacimientos y cuerpos de agua); las áreas de protección especial de los cerros tutelares; las reservas forestales y/o naturales de la sociedad civil; las áreas de conservación y restauración ecológica, las áreas de protección a los corredores viales y las áreas de riesgo, entre otras.

## 24.6. Cobertura (detallar el nivel de desagregación de la información):

La información con que se cuenta, corresponde a la generada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MINAMBIENTE), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), el Instituto de Investigación e Información Geocientífica Minero-Ambiental y Nuclear (INGEOMINAS) y las Oficinas de Planeación departamental, para el cubrimiento de la información del orden nacional,



regional, departamental sobre áreas protegidas y/o con régimen especial en la Amazonia colombiana.

El cubrimiento del indicador a nivel municipal en cuanto al inventario y espacialización de las áreas protegidas y/o con régimen especial, se puede realizar a través de las Oficinas de Planificación por medio de los inventarios y planes de ordenamiento territorial municipal.

#### 24.7. Fuente de los datos (donde se producen originalmente, quien los recopila y procesa, quien los posee en la actualidad):

La información con que se cuenta, corresponde a la generada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), el Instituto de Investigación e Información Geocientífica Minero-Ambiental y Nuclear (INGEOMINAS) y las Oficinas de Planeación departamental y municipal (inventarios y Planes de Ordenamiento Territorial Municipal –OTM–), para el cubrimiento del indicador en cuanto al inventario y espacialización de las áreas protegidas y/o con régimen especial del orden nacional, regional, departamental y municipal.

#### 24.8. Disponibilidad de los datos:

	Variable 1	Variable 2
8.1 Existencia de series históricas	Existen inventarios parciales sobre las áreas protegidas y/o con manejo especial ambiental desde 1953, 1961, 1995 y 2003.	Existen datos del IGAC sobre las áreas correspondientes a las unidades territoriales (departamentos y municipios); el Instituto Sinchi maneja datos del área de la Amazonia colombiana.
8.2 Nivel de actualización de los datos	Se cuenta con la información parcial generada por el IGAC, SINCHI, INGEOMINAS y de las Oficinas de Planeación departamental y municipal (inventarios y Planes de Ordenamiento Territorial Municipal), para el cubrimiento del indicador en cuanto al inventario y espacialización de las áreas protegidas y/o con régimen especial ambiental, del orden nacional, regional, departamental y municipal.	La información esta actualizada al año 2001.
8.3 Estado actual de los datos	La información sobre las áreas protegidas y/o con régimen especial ambiental del orden nacional, regional, departamental y municipal, se encuentra actualizada en su mayor parte para el año 2002.	El Instituto Sinchi cuenta con información procesada en sus bases de datos sobre áreas de paisajes, cuencas, municipios, departamentos, etc.
8.4 Forma de presentación de los datos	Se hallan en formato digital y análogo.	Se hallan en formato digital y análogo.

## 24.9. Periodicidad de los datos (diferenciar entre la frecuencia de la medición y la presentación de la información):

Las áreas protegidas y o de manejo especial ambiental y territorial se pueden actualizar cada 5 años, con base en la información del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), el Instituto de Investigación e Información Geocientífica Minero-Ambiental y Nuclear (INGEOMINAS) y de las Oficinas de Planeación departamental y municipal (inventarios y Planes de Ordenamiento Territorial Municipal –OTM-).

## 24.10. Posibles entidades responsables del indicador (precisar aquellas con quienes se harían los convenios interinstitucionales):

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI) y las Corporaciones Autónomas Regionales (CARs).

## 24.11. Documentación relacionada con el indicador (especificar los datos bibliográficos de los documentos que soportan directa o indirectamente el cálculo del indicador):

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI. 2003. Mapa del estado legal –territorio –Amazonia colombiana-. Bogotá - Colombia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 1997. Bases conceptuales y metodológicas para la formulación del plan de ordenamiento territorial departamental. Editorial Linotipia Bolívar, Bogotá - Colombia. 350 p.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 1997. Guía metodológica para la formulación del plan de ordenamiento territorial municipal. Editorial Linotipia Bolívar, Bogotá - Colombia. 186 p.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2002. Atlas de Colombia. Quinta Edición. Imprenta Nacional. Bogotá - Colombia. 342 p.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 2003. Mapa de resguardos indígenas Bogotá - Colombia.

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), 1998. Determinantes de los planes de ordenamiento territorial. Revista Perspectiva Geográfica No. 2. Ordenamiento Territorial. Estudios de Postgrado en Geografía. Bogotá - Colombia. 154 p.

24.12. Series o bases de datos simplificadas o refinadas (incluir como anexo los datos más significativos en el cálculo del indicador para cada una de las variables involucradas):

24.13. Representación gráfica:

Observaciones:

Elaborada por: Área de Asentamientos Humanos (SINCHI), Franz Gutiérrez Rey.

## 25. Porcentaje de población indígena según grado de contacto con el mercado.

### 25.1. Definición:

Establece la relación (%), entre la población indígena (reportada por comunidad) que mantiene contactos económicos permanentes con los centros de mercadeo y el total de población indígena en una unidad espacial de referencia.

### 25.2. Pertinencia del indicador:

Actualmente existe el convencimiento de que las relaciones ecológicas y económicas que mantienen las comunidades indígenas amazónicas con su medio ambiente son las más adecuadas para la sostenibilidad de la selva húmeda tropical. Dado que la selva no soporta el uso intensivo de sus recursos bióticos ni de su suelo, las formas económicas indígenas, basadas en el autoconsumo, se adaptan perfectamente a ella.

Pero, los centros de economía basados en el mercado ejercen una intensa presión sobre su entorno, utilizándolo en forma insostenible, ya que no trabajan con técnicas adecuadas para sus ecosistemas. Igualmente, los centros de mercado involucran a las comunidades indígenas, que se encuentran en su área de influencia directa, en la producción y el consumo de mercancías, convirtiéndolas en saqueadoras de la selva y de sus ríos, con la circunstancia agravante de que el indígena conoce muy bien los recursos y puede obtenerlos con mayor facilidad.

### 25.3. Unidad de medida del indicador:

Porcentaje (%)

### 25.4. Fórmula del indicador:

$$PPIC_{ij} (\%) = (X_{ij} / Y_{ij}) * 100$$

Donde:

PPIC<sub>ij</sub>: Porcentaje de la población indígena en contacto permanente con el mercado, en la UER i-ésima, en el año j-ésimo.

X<sub>ij</sub> = Población indígena en contacto permanente con el mercado, en la UER i-ésima, en el año j-ésimo.

$Y_{ij}$  = Población total indígena de la UER  $i$ -ésima, en el año  $j$ -ésimo

$i = 1, 2, \dots, m$  = número de UER.

$j = 1, 2, \dots, a$  = número de años.

## 25.5. Descripción metodológica

### 25.5.1. Proceso de cálculo general del indicador:

Se obtiene al comparar el porcentaje de población indígena en una unidad espacial de referencia, que se relaciona permanentemente con los centros de mercadeo con respecto a la población total de indígenas que habitan dicha unidad. La georreferenciación de cada una de las comunidades indígenas, se realizó con base en los datos del Instituto Colombiano de Antropología e Historia -ICAH-, la Fundación Puerto Rastrojo y otras fuentes específicas, lo que permitió construir un mapa de localización de dichas comunidades.

Aquellas poblaciones ubicadas dentro del anillo de poblamiento (o cinturón urbano y rural consolidado al occidente y norte de la Amazonia) o en el área de influencia permanente de los enclaves (centros de mercadeo o extractivismo en la Amazonia oriental), se catalogan como indígenas en contacto permanente. En caso contrario, serán indígenas con contactos esporádicos o en aislamiento.

Para la interpretación de los resultados, en cuanto a los porcentajes de población indígena que esta en contacto permanente con el mercado, se proponen las siguientes categorías:

Grado de relacionamiento	%
Bajo	0-33
Medio	34-66
Alto	67-100

### 25.5.2. Definición de cada variable de la fórmula:

Variable 1. La *población indígena en contacto permanente* (para una determinada unidad de referencia) es aquella que habita en las inmediaciones de los centros de mercadeo, produciendo y consumiendo mercancías permanentemente, y que se comunica fácilmente con tales centros. Se incluyen bajo tal concepto a todas las comunidades que se encuentran dentro del anillo de poblamiento, o cinturón urbano y rural consolidado y continuo que se encuentra al occidente y al norte de la Amazonia colombiana, y las comunidades en las cercanías de las ciudades y pueblos con economía de mercado enclavados en la Amazonia oriental.

En los enclaves, se tomó la distancia de un día de viaje, en canoa o a pié, hasta los centros de mercadeo, como la distancia máxima que permite una comunicación permanente con los centros de mercadeo.

Variable 2. La *población indígena total* es la población de todas las comunidades indígenas dentro de la unidad espacial de referencia (Amazonia colombiana, departamentos, municipios, corregimientos departamentales, paisajes y cuencas hidrográficas)

### 25.5.3. Limitaciones del indicador:

Debido a que no existen estudios previos sobre población indígena en contacto permanente, se pueden presentar diferencias en la interpretación del concepto. Se recomienda priorizar las relaciones con el mercado como el aspecto básico para definir esta variable.

La recolección de la información no es homogénea, ya que responde a diferentes entidades, cubrimientos y fechas; por eso, se utilizaron herramientas estadísticas para hacer proyecciones; es necesario actualizar la información sobre localización de cada comunidad y su población.

El Sinchi podría manejar el indicador, pero para actualizar la información sobre las comunidades habría que hacer un acuerdo con las secretarías de salud y educación departamentales para que ellas le provean anualmente los datos por departamentos.

### 25.6. Cobertura:

Comprende toda la *Amazonia colombiana como unidad ambiental* (definida por el Sinchi). A menor escala, se puede calcular por ecosistemas, paisajes, cuencas hidrográficas, departamentos o municipios.

### 25.7. Fuente de los datos (donde se producen originalmente, quien los recopila y procesa, quien los posee en la actualidad):

La información con que cuenta el Instituto Sinchi es la oficial de las instancias generadoras como el INCORA, Dirección Nacional de Asuntos Indígenas y el ICANH. Una mejor fuente de actualización proviene de las secretarías de salud y educación departamentales.

## 25.8. Disponibilidad de los datos:

	<b>Variable 1</b> <i>Población indígena en contacto permanente con el mercado (Nº de habitantes)</i>	<b>Variable 2</b> <i>Población indígena total (Nº de habitantes)</i>
8.1. Existencia de series históricas	No hay series históricas, actualmente existe información para el año 2001, en el Instituto Sinchi.	Existe información en el IGAC, la Dirección Nacional de Asuntos Indígenas y el Instituto Sinchi
8.2. Nivel de actualización de los datos	La información disponible en el Instituto Sinchi se halla actualizada parcialmente a 2001.	La información disponible en el Instituto Sinchi se halla actualizada parcialmente a 2001.
8.3. Estado actual de los datos	El Instituto Sinchi ha procesado los datos para cerca del 90% de las comunidades indígenas.	El Instituto Sinchi ha procesado los datos para cerca del 90% de las comunidades indígenas.
8.4. Forma de presentación de los datos	Se hallan en formato digital y análogo	Se hallan en formato digital y análogo

## 25.9. Periodicidad de los datos (diferenciar entre la frecuencia de la medición y la presentación de la información):

El indicador se puede actualizar cada cinco años, homogenizando el sistema de recolección, la cobertura y las fechas de recolección de la información de población. Sin embargo los porcentajes de población en contacto con el mercado se pueden obtener con igual periodicidad con que se obtenga el área del anillo de poblamiento.

## 25.10. Posibles entidades responsables del indicador (precisar aquellas con quienes se harían los convenios interinstitucionales):

Instituto Sinchi, Dirección de Etnias del Ministerio del Interior.

## 25.11. Documentación relacionada con el indicador (especificar los datos bibliográficos de los documentos que soportan directa o indirectamente el cálculo del indicador):

DNP. 1998. *Estadísticas históricas de Colombia*. Dos tomos. Bogotá.

DNP 1998. *Los pueblos indígenas de Colombia*. Bogotá.

Huertas Castillo, Beatriz. 2002. *Los pueblos indígenas en aislamiento, su lucha por la sobrevivencia y la libertad*. Letras, Santa Cruz de la Sierra.

IDEAM 1998. *Estudio de los asentamientos humanos*. Subdirección de Asentamientos Humanos. Bogotá.

Puerto Rastrojo. 2001. *Atlas de la Amazonia colombiana*. En CD.

Ribeiro, Darcy. 1971. *Fronteras indígenas de la civilización*. Siglo XXI Editores, México.

Rodríguez, Carlos y Van Der Hammen, María Clara. *Ocupación y utilización del espacio por indígenas y colonos en el bajo Caquetá*. En: Correa, Francois (Editor). *La selva humanizada*. ICAN-FEN-CEREC, Bogotá.S:F: Pp. 189-226.

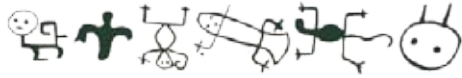
**25.12. Series o bases de datos simplificadas o refinadas (incluir como anexo los datos más significativos en el cálculo del indicador para cada una de las variables involucradas):**

**25.13. Representación gráfica:**

**Observaciones:**

**Elaborada por:** Instituto Sinchi.

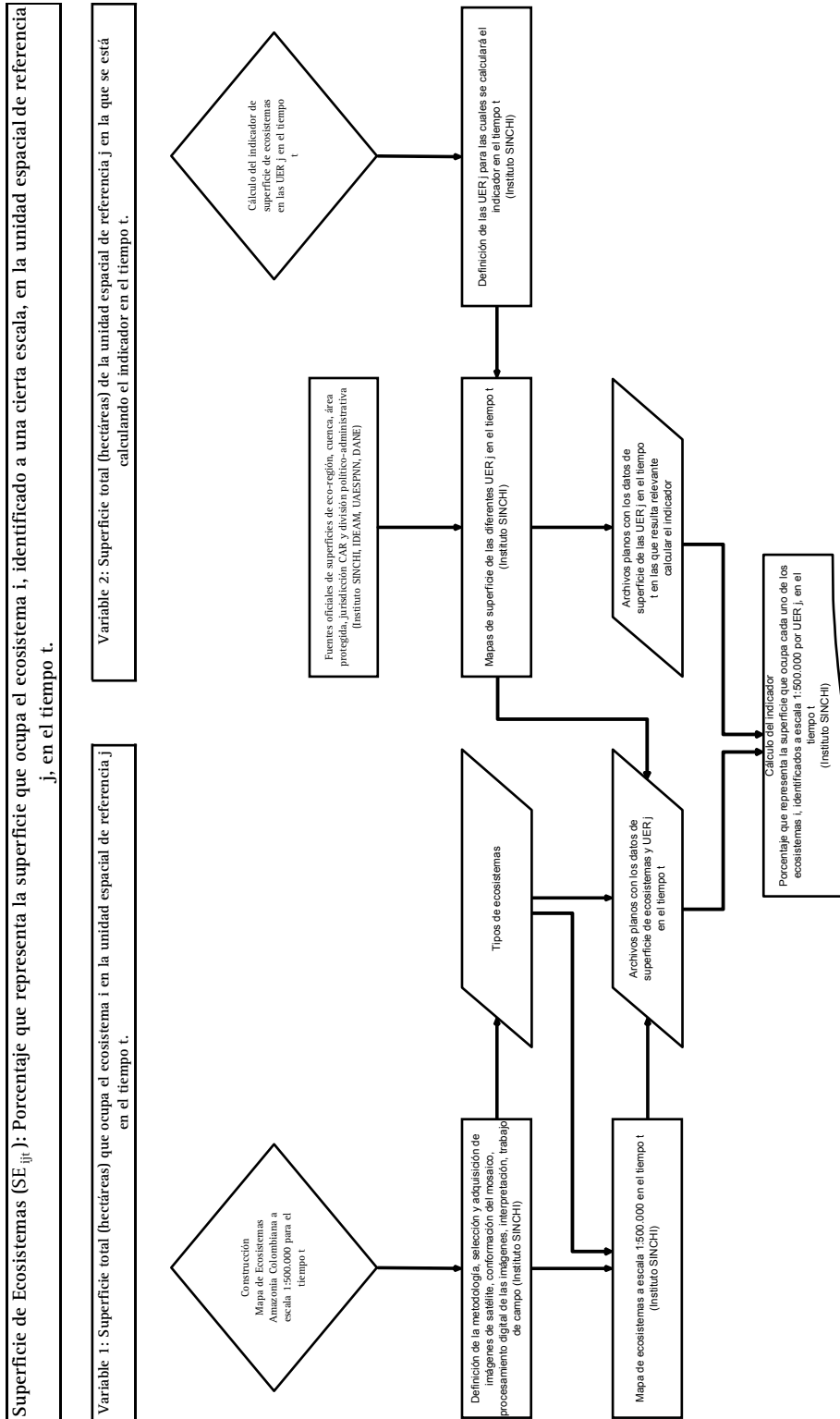




## Anexo 2.

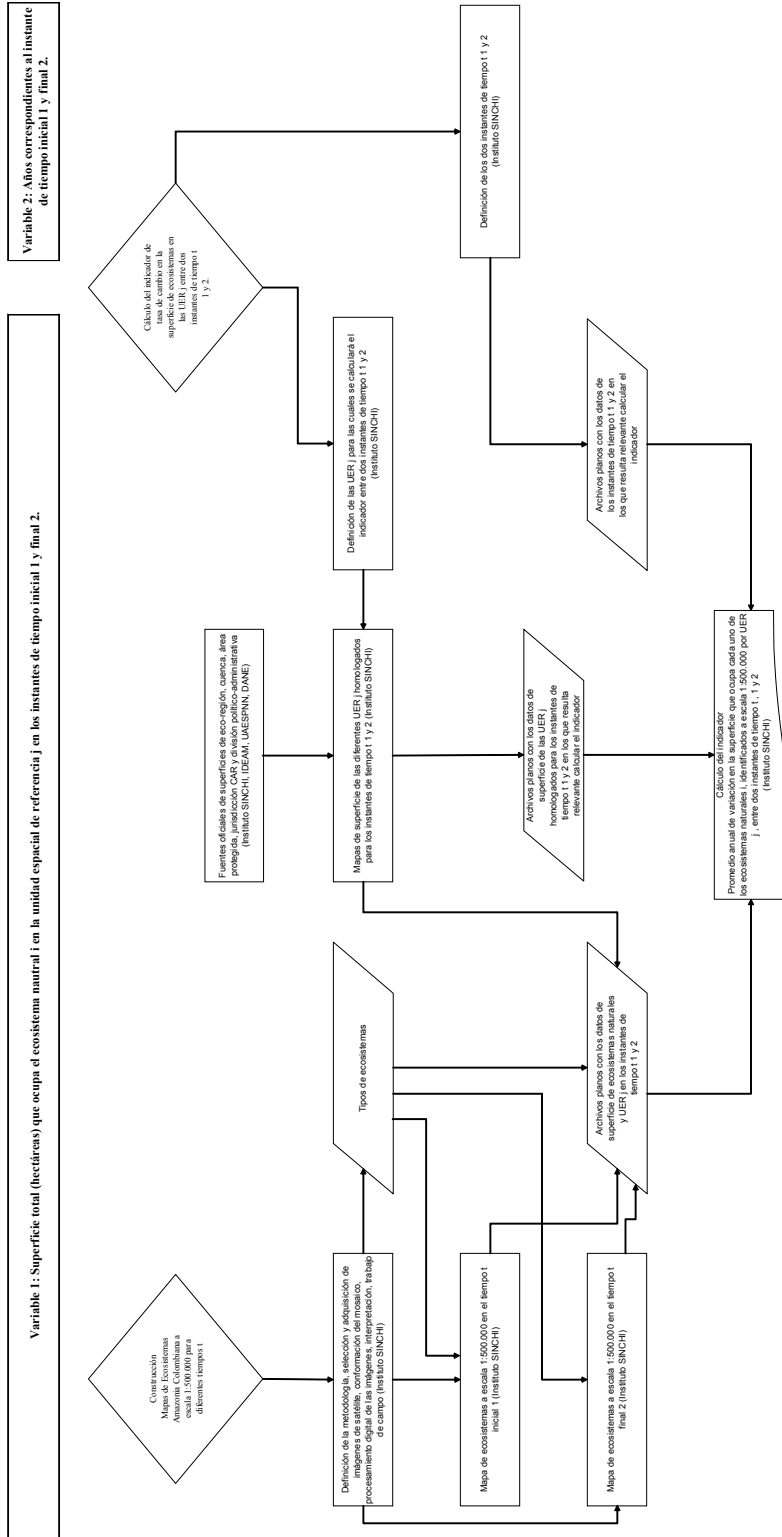
# Flujo de datos para los indicadores seleccionados

INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Superficie de ecosistemas

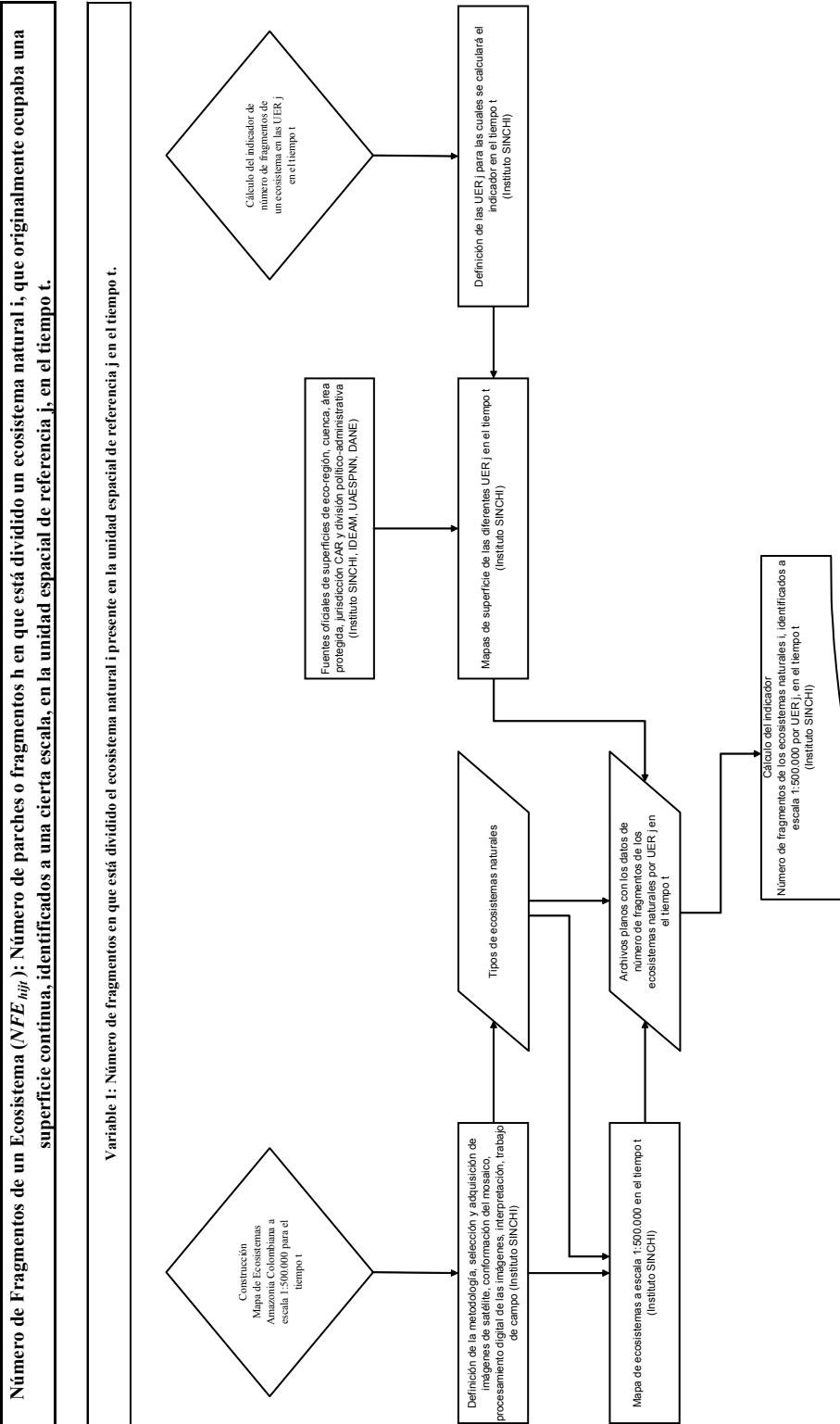


INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
 Programa Regional de Monitoreo Ambiental – Amazonia Colombiana  
 Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Tasa de cambio en la superficie de ecosistemas

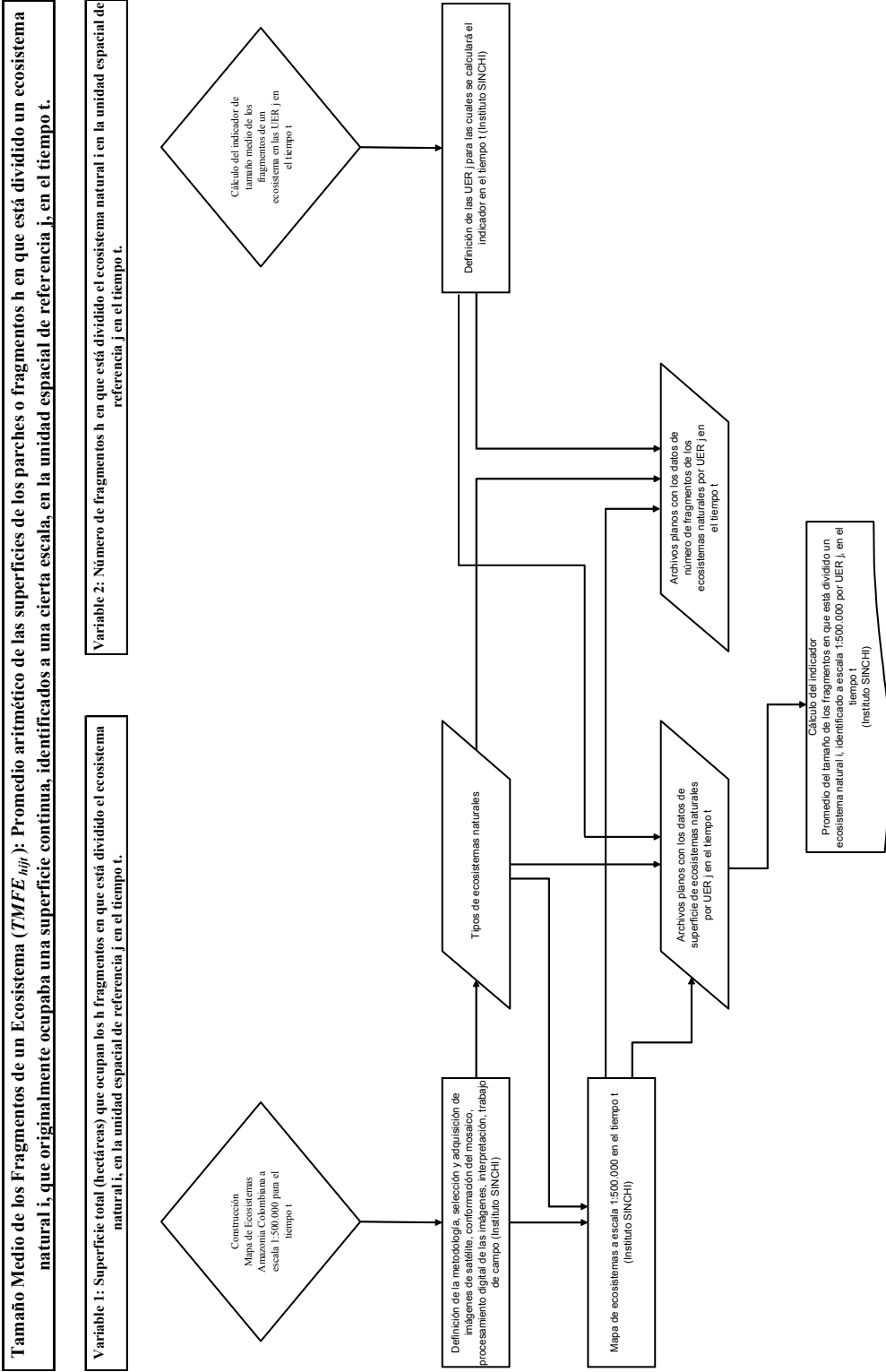
Tasa de Cambio en la Superficie de Ecosistemas (TSE<sub>[t1-t2]</sub>): Promedio anual de variación en la superficie que ocupa el ecosistema natural i, identificado a una cierta escala, en la unidad espacial de referencia j, entre dos instantes de tiempo t<sub>1</sub> y t<sub>2</sub>.



INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Número de Fragmentos de un ecosistema



INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
 Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
 Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Tamaño medio de los fragmentos de un ecosistema



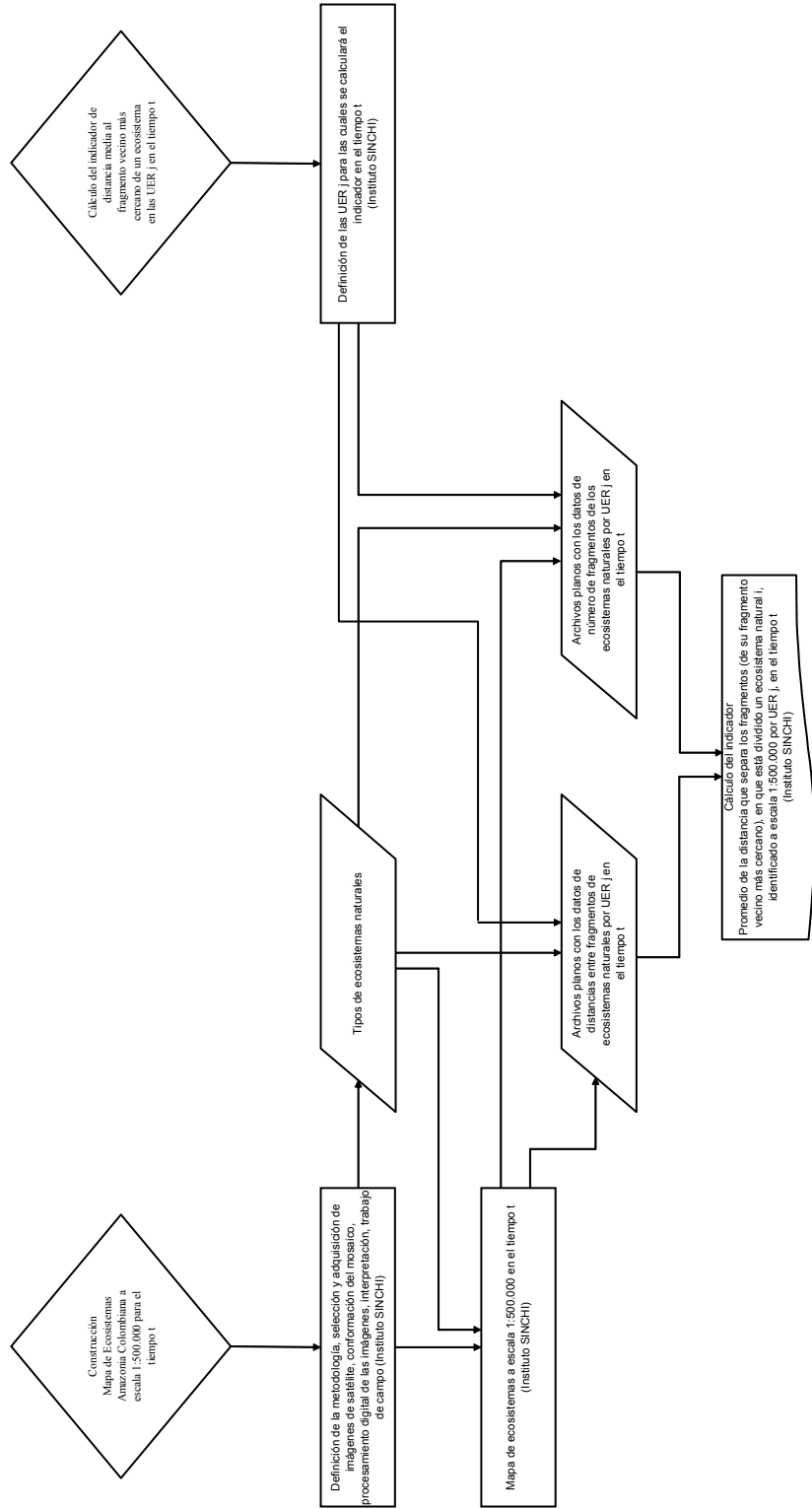
INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana

Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Distancia media al fragmento vecino más cercano

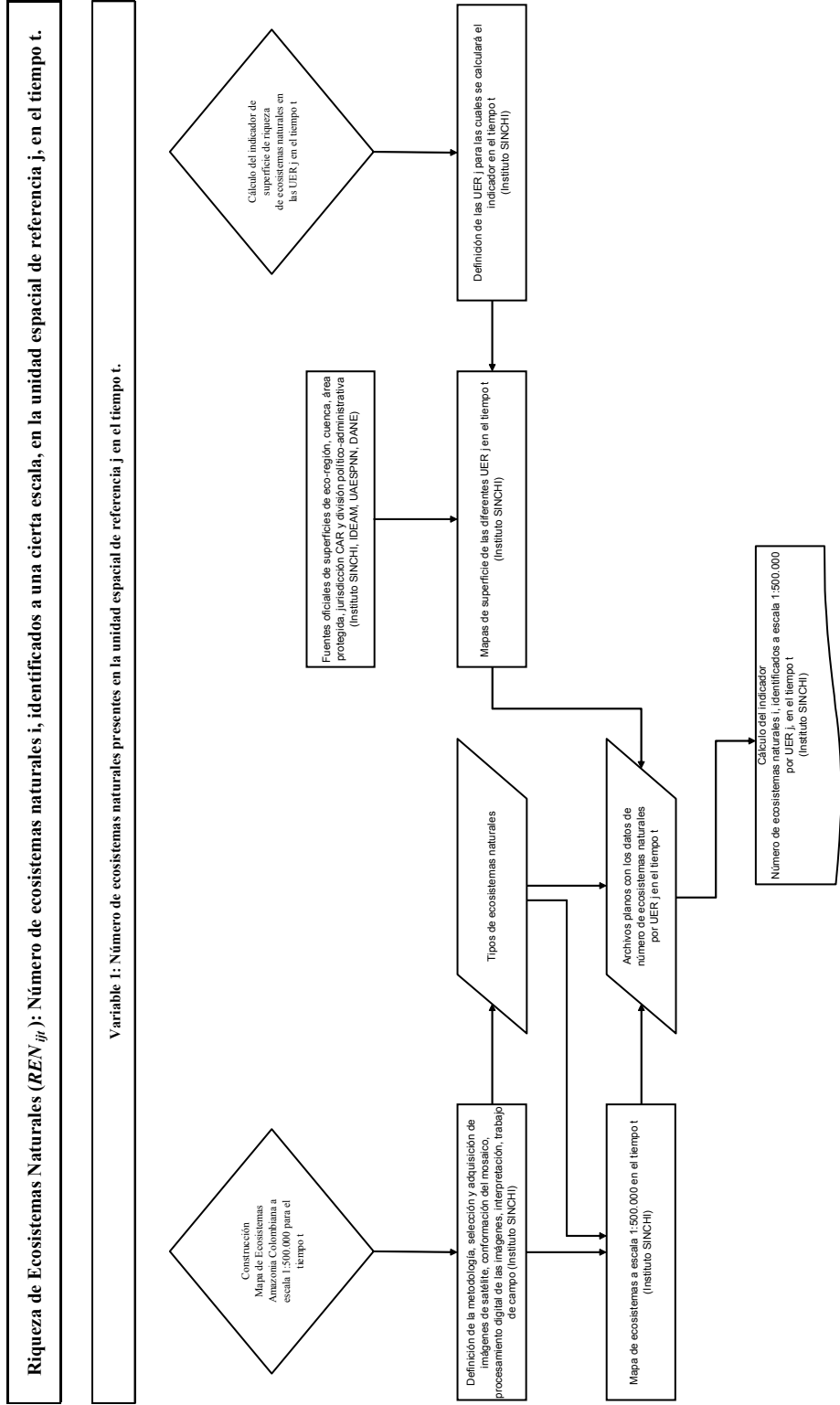
**Distancia media al fragmento vecino más cercano ( $DMFV_{ij(t)}$ ): Promedio aritmético de las distancias que separan los parches o fragmentos h (de su fragmento vecino más cercano), en que está dividido un ecosistema natural i, que originalmente ocupaba una superficie continua, identificados a una cierta escala, en la unidad espacial de referencia j, en el tiempo t.**

Variable 1: Distancia (metros) que separa el fragmento h (de su fragmento vecino más cercano), del ecosistema natural i en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.

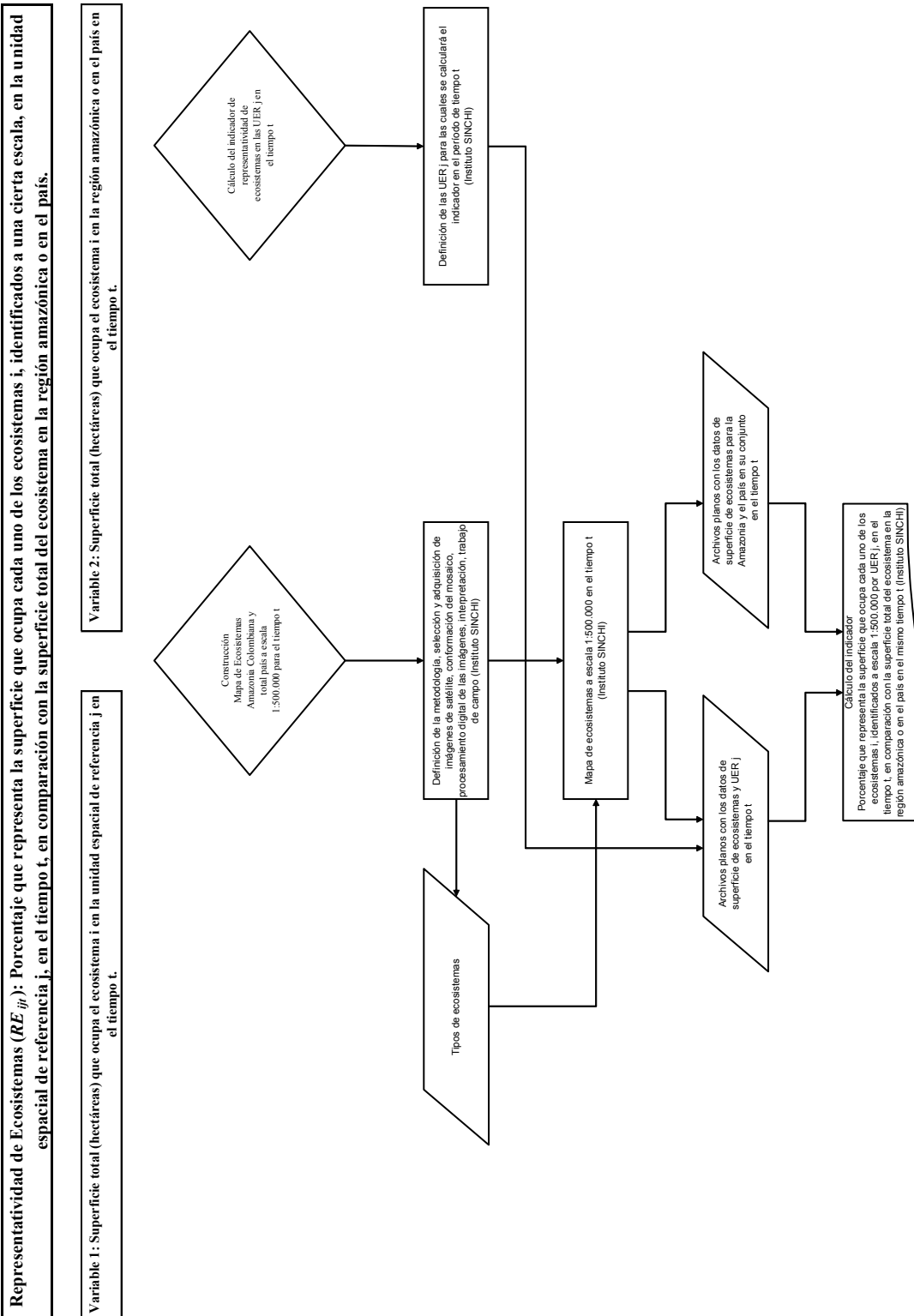
Variable 2: Número de fragmentos h en que está dividido el ecosistema natural i en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.



INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
 Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
 Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Riqueza de ecosistemas naturales

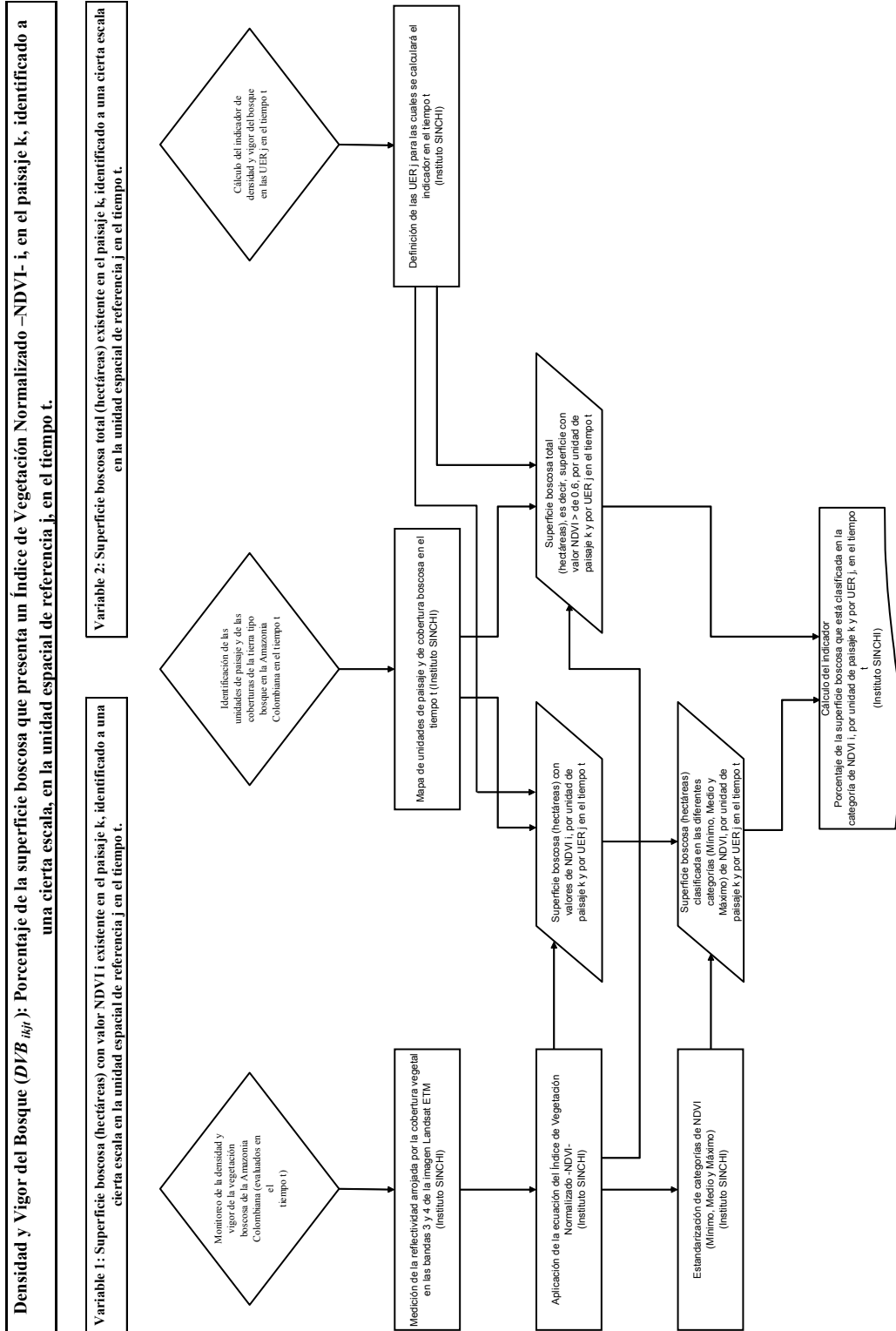


INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Representatividad de ecosistemas





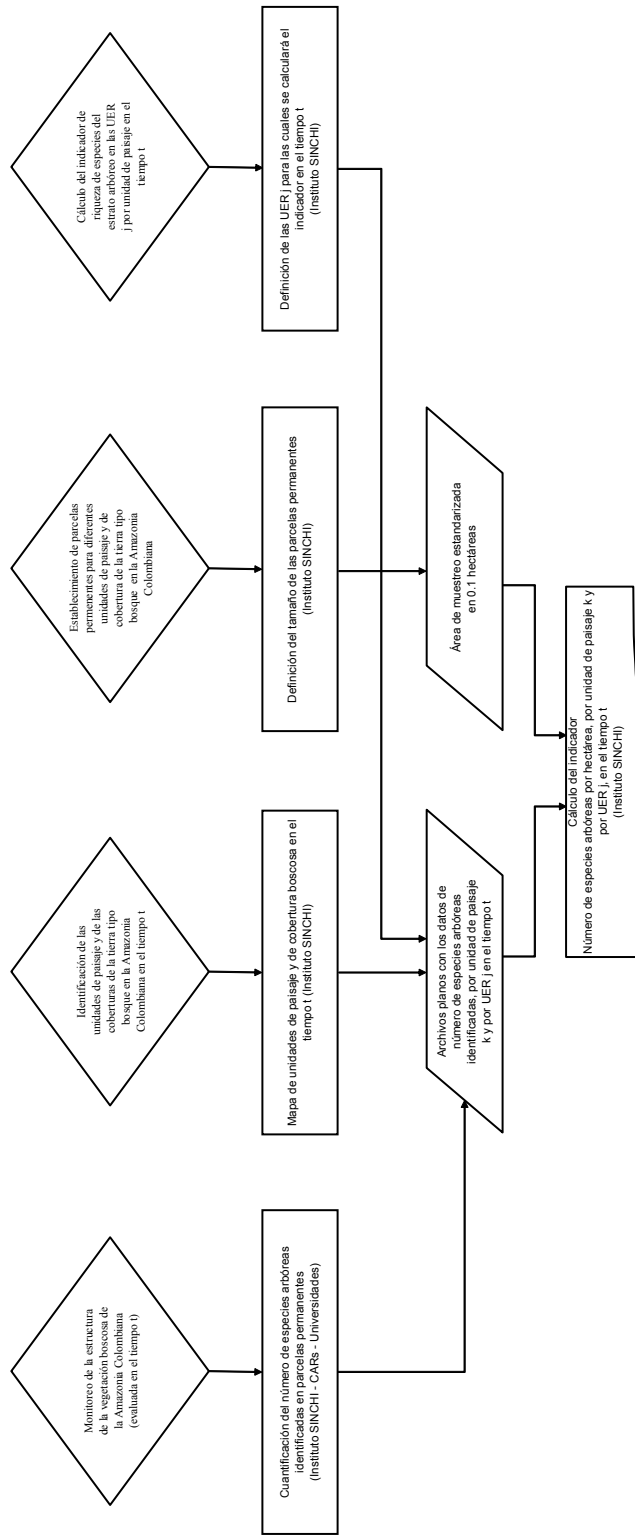
INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
 Programa Regional de Monitoreo Ambiental – Amazonia Colombiana  
 Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Densidad y vigor del bosque



INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Riqueza de especies del estrato arbóreo

**Riqueza de Especies del Estrato Arbóreo (REEA<sub>ij</sub>): Número de especies vegetales de características arbóreas que, por unidad de superficie, se encuentran presentes en el paisaje k, identificado a una cierta escala, en la unidad espacial de referencia j, en el tiempo t.**

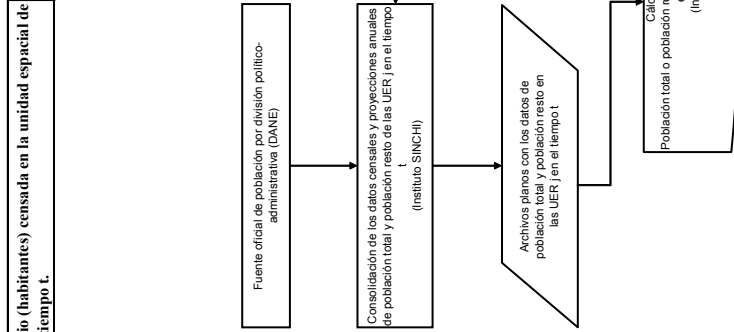
**Variable 1: Número de especies arbóreas presentes en la unidad de paisaje k en la unidad espacial de referencia j en el tiempo t.**



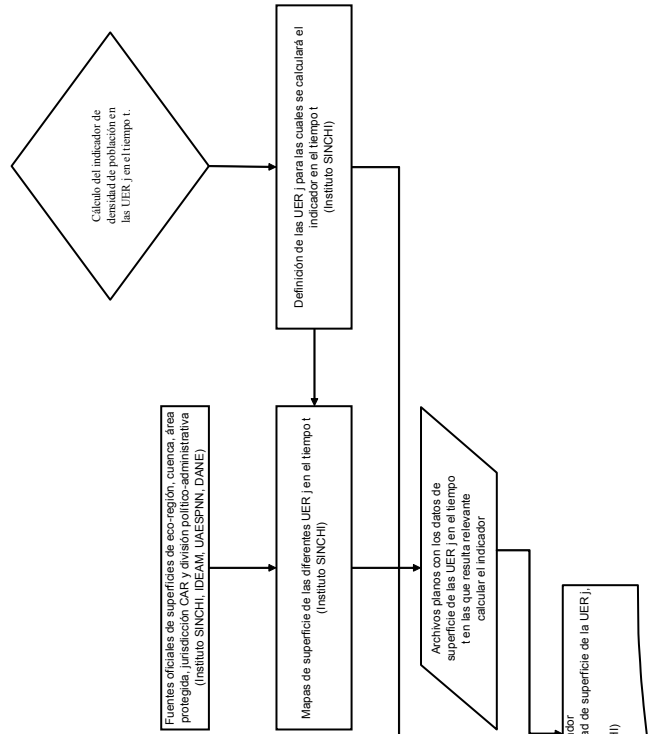
INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
 Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
 Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Densidad de población

**Densidad de Población ( $DP_{jt}$ ): Número de habitantes (total o resto) por unidad de superficie, en la unidad espacial de referencia  $j$ , en el tiempo  $t$ .**

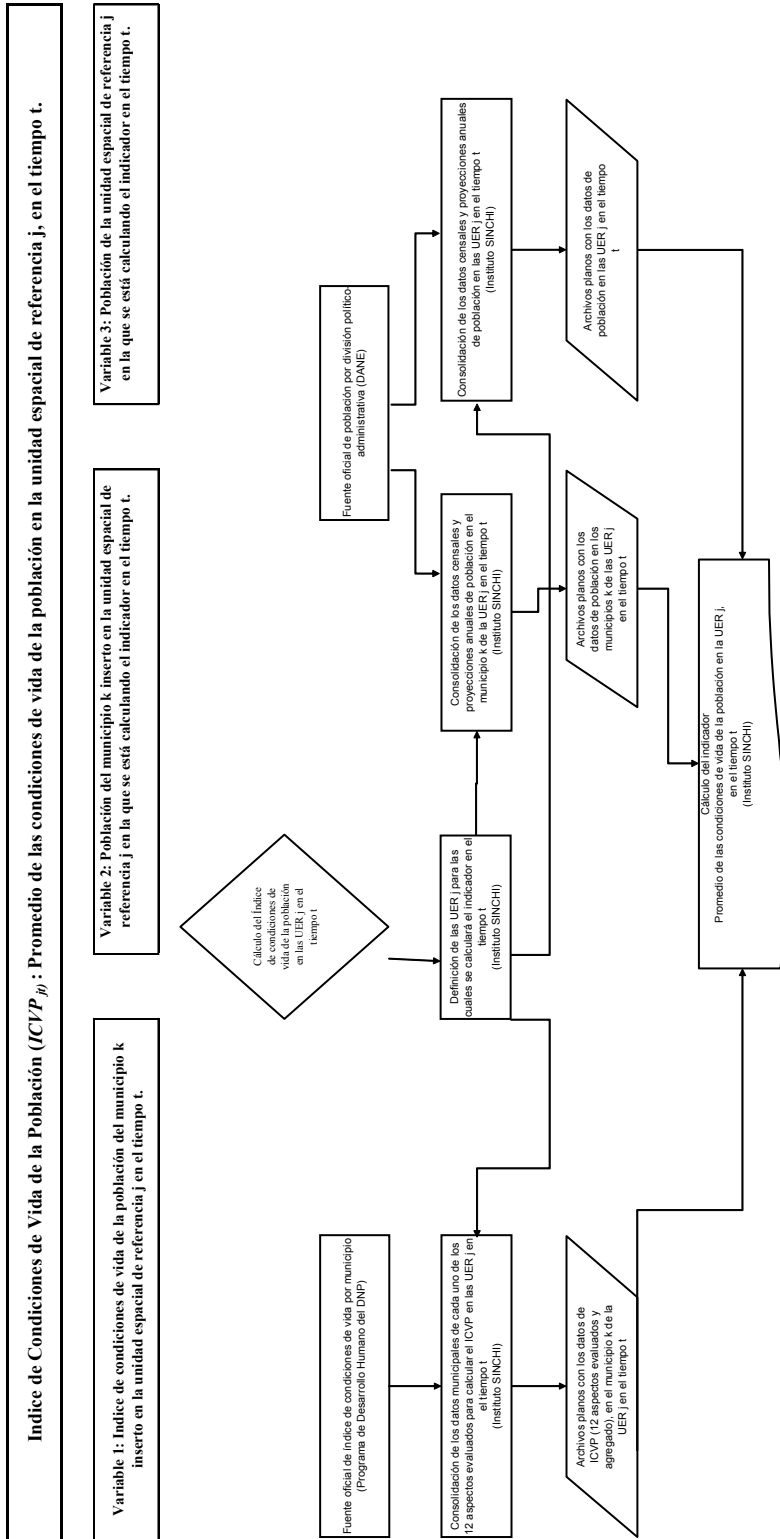
**Variable 1: Población total o población resto del municipio (habitantes) censada en la unidad espacial de referencia  $j$  en el tiempo  $t$ .**



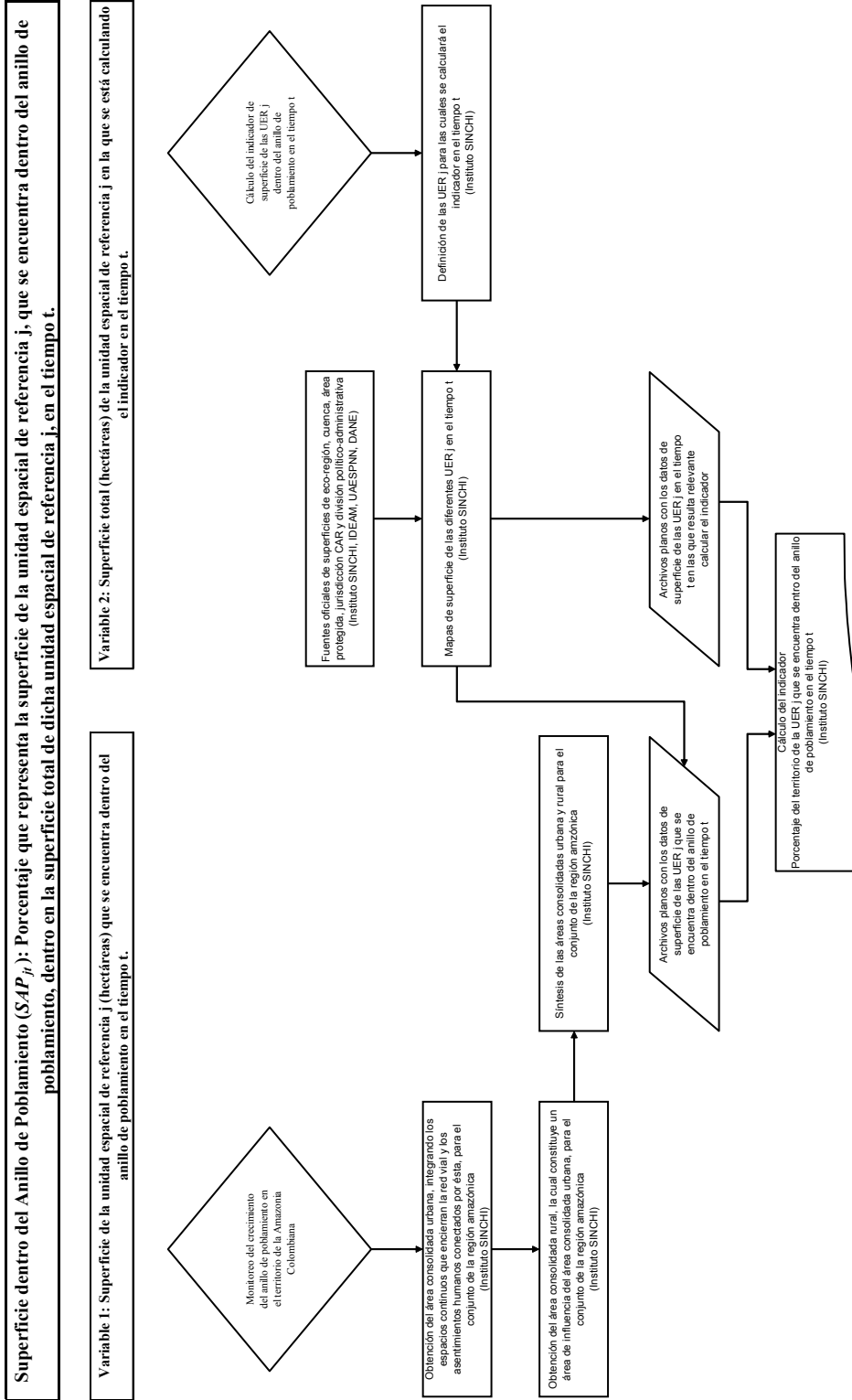
**Variable 2: Superficie total (hectáreas) de la unidad espacial de referencia  $j$  en la que se está calculando el indicador en el tiempo  $t$ .**



INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
Flujo de datos para el poblamiento del Índice de condiciones de vida de la población



INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
 Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
 Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Superficie dentro del anillo de poblamiento

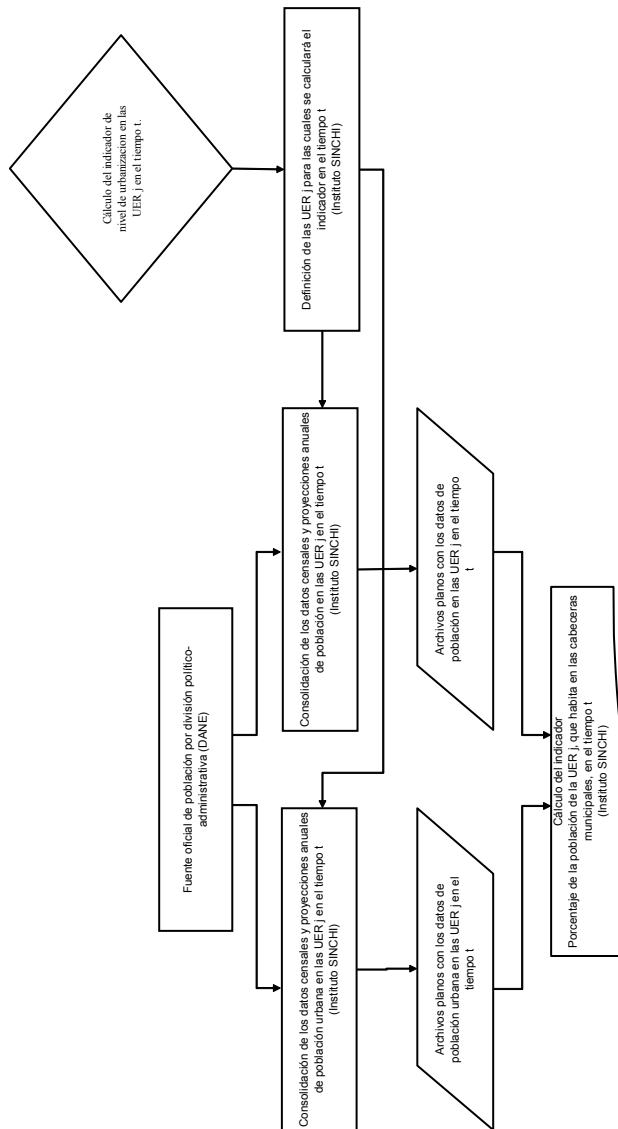


INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Nivel de urbanización

**Nivel de Urbanización ( $NU_{jt}$ ): Porcentaje de la población de la unidad espacial de referencia  $j$ , que habita en las cabeceras municipales ubicadas al interior de dicha UER, en el tiempo  $t$ .**

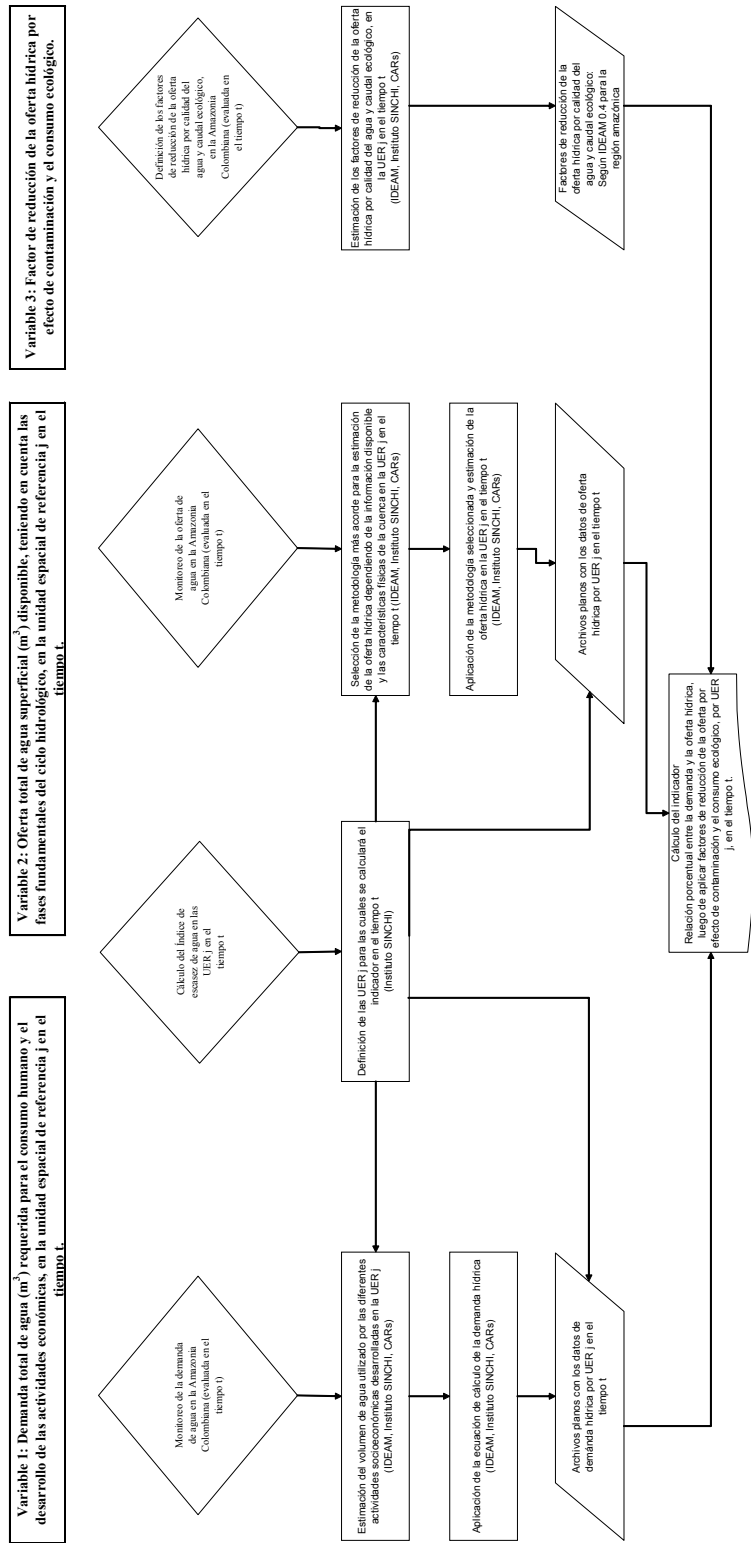
Variable 1: Población urbana (habitantes) en la unidad espacial de referencia  $j$  en el tiempo  $t$ .

Variable 2: Población total (habitantes) en la unidad espacial de referencia  $j$  en el tiempo  $t$ .

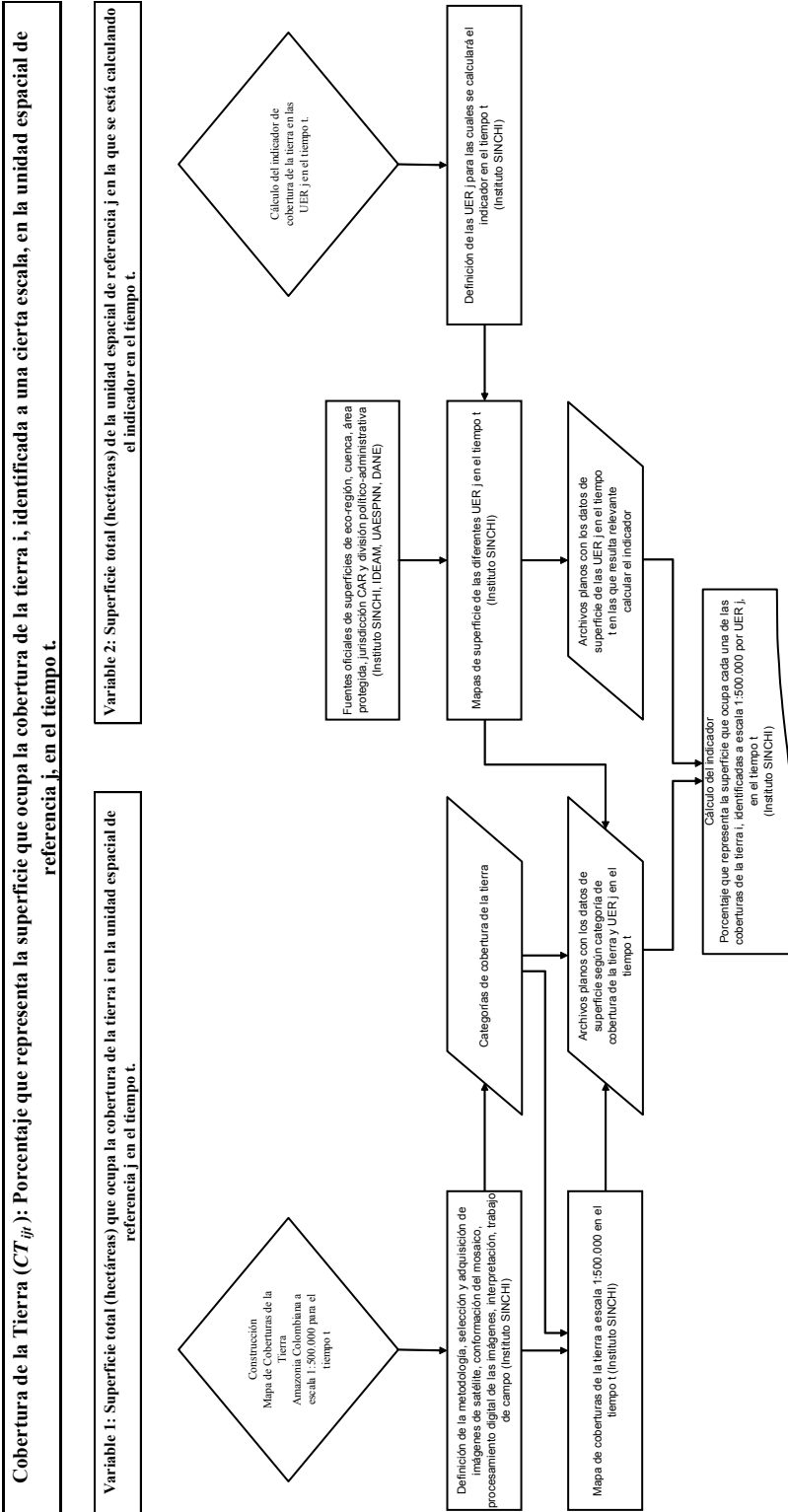


INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
 Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
 Flujo de datos para el poblamiento del índice de escasez de agua

**Índice de escasez de agua (IESt): Relación porcentual existente entre la demanda de agua, del conjunto de actividades sociales y económicas, y la oferta hídrica disponible, luego de aplicar factores de reducción por calidad de agua y caudal ecológico, calculada en la unidad espacial de referencia j, en el tiempo t.**



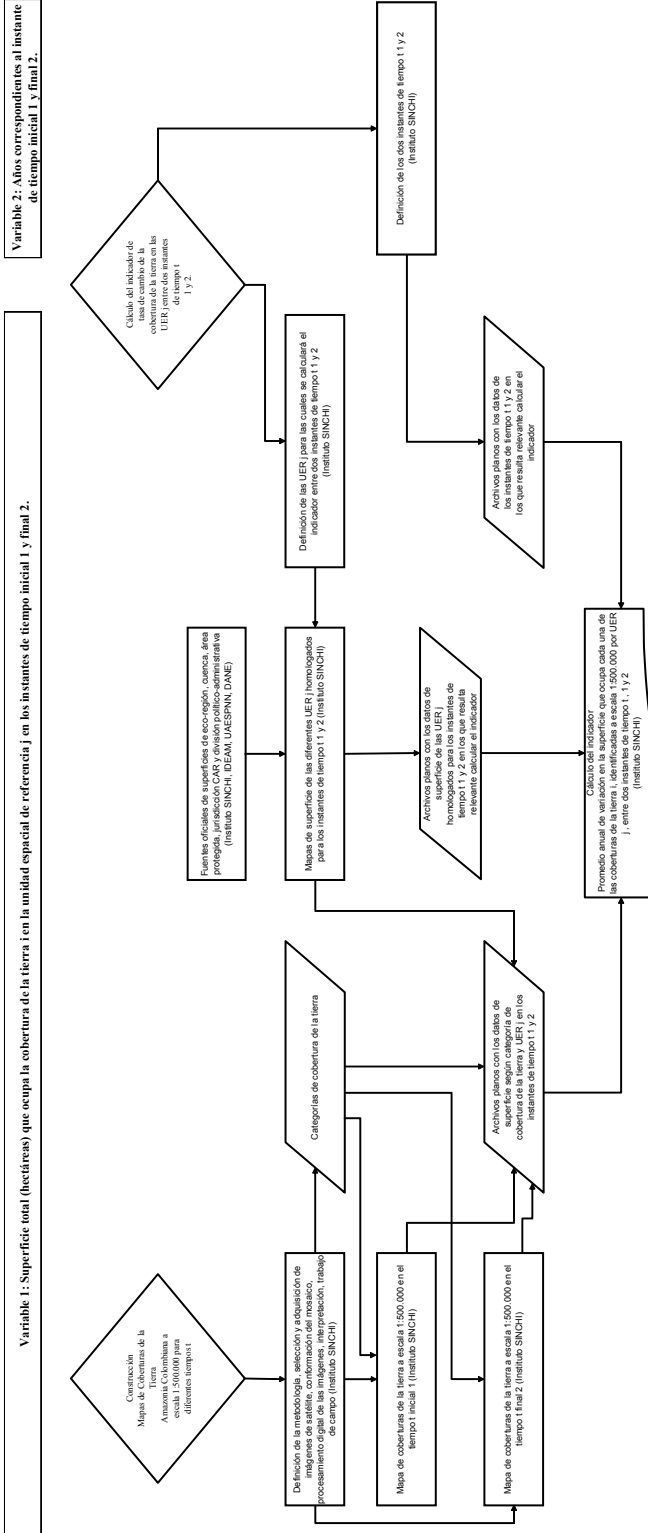
INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Cobertura de la tierra



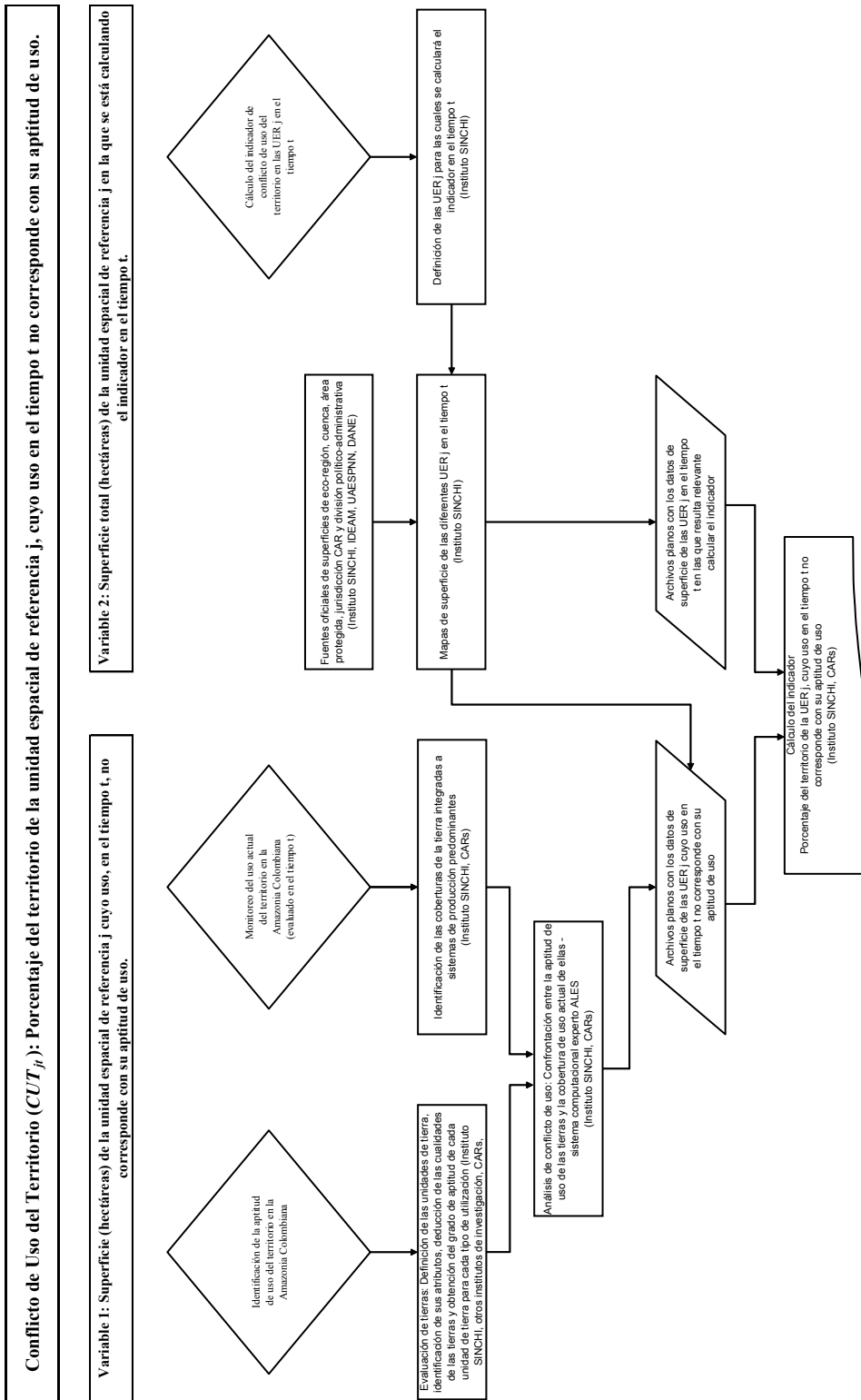


INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
 Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
 Elijo de datos para el poblamiento del indicador de Tasa de cambio en la cobertura de la tierra

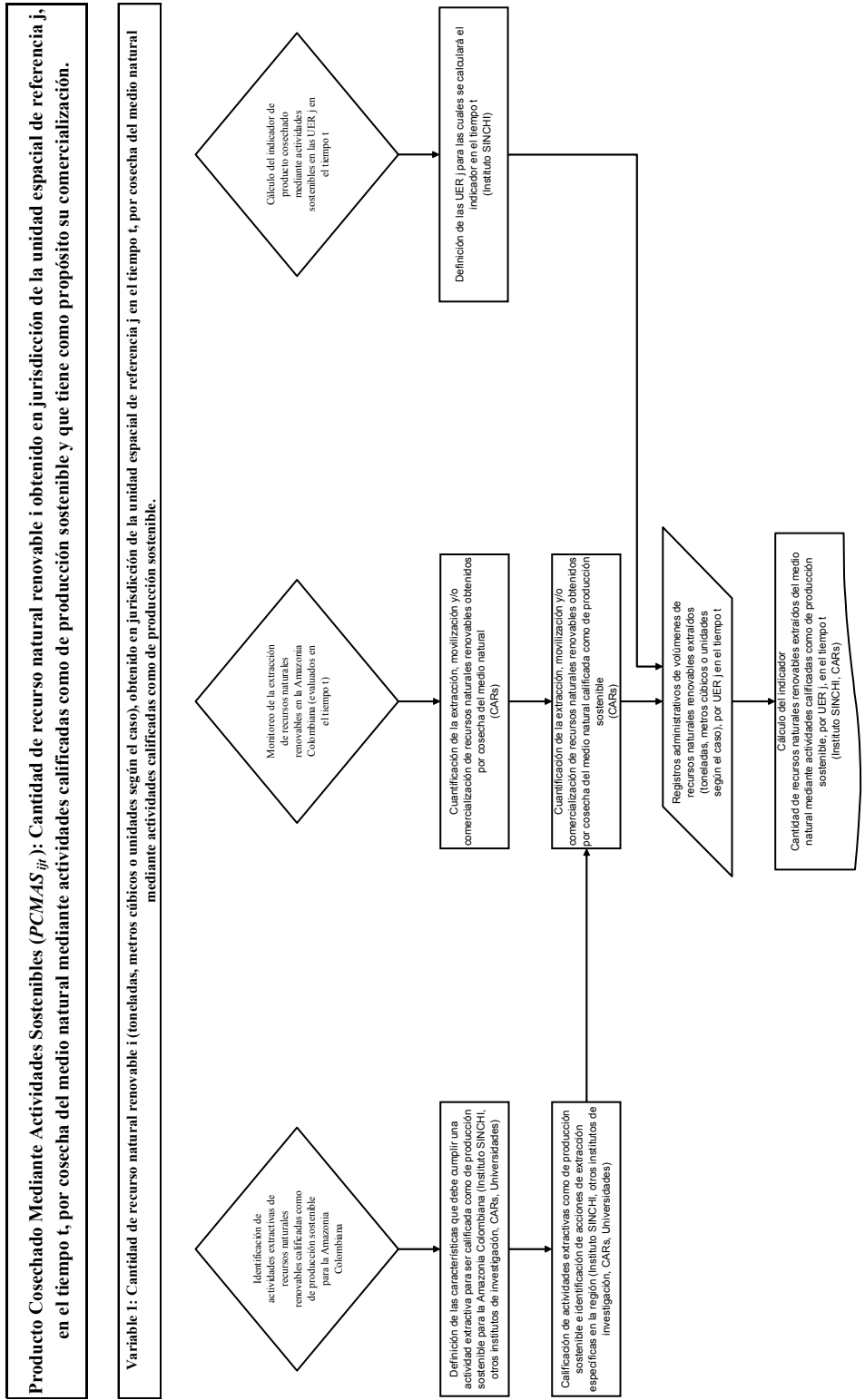
**Tasa de Cambio en la Cobertura de la Tierra (TCT<sub>ij,t2</sub>): Promedio anual de variación en la superficie que ocupa la cobertura de la tierra i, identificada a una cierta escala, en la unidad espacial de referencia j, entre dos instantes de tiempo t<sub>1</sub> y t<sub>2</sub>.**



INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Conflicto de uso del territorio



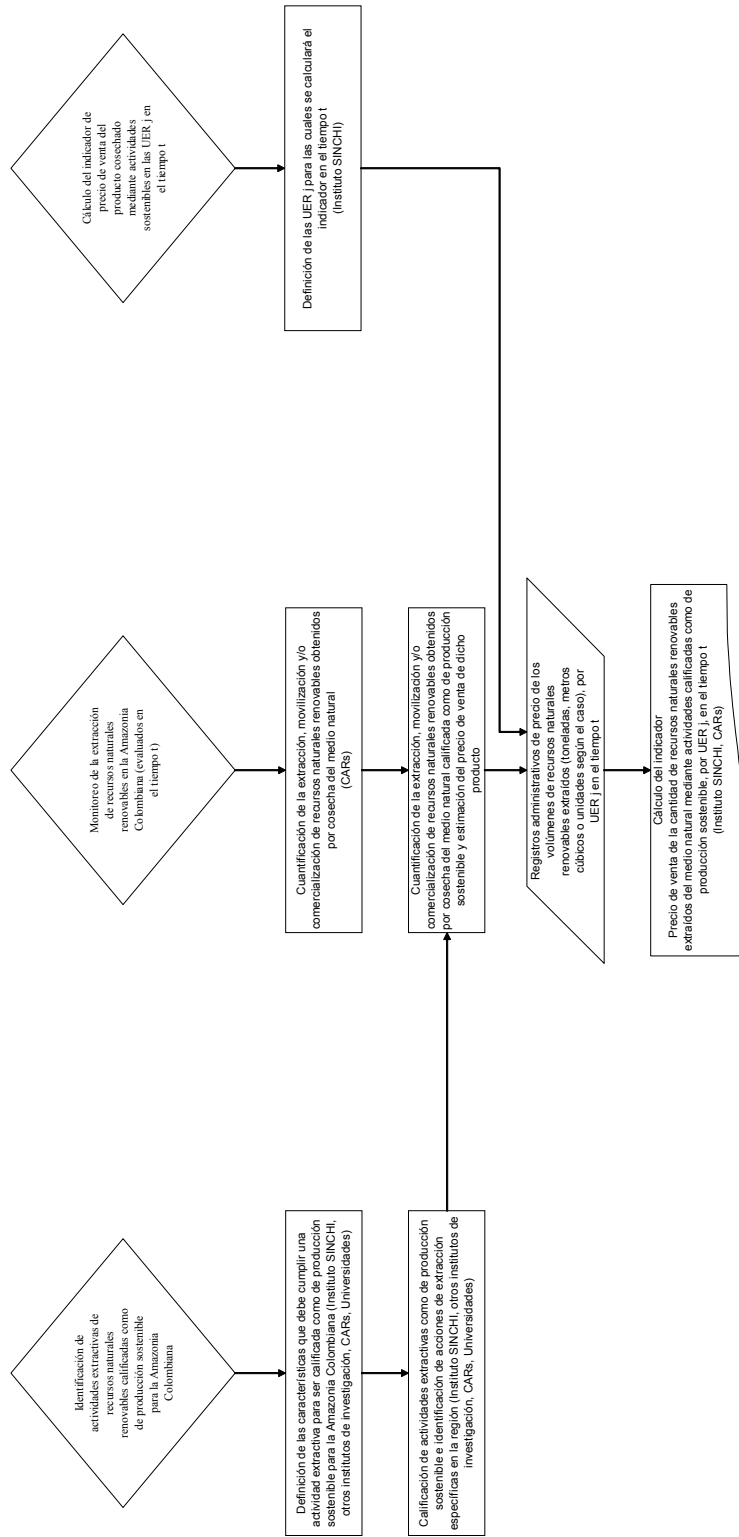
INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
 Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
 Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Producto cosechado mediante actividades sostenibles



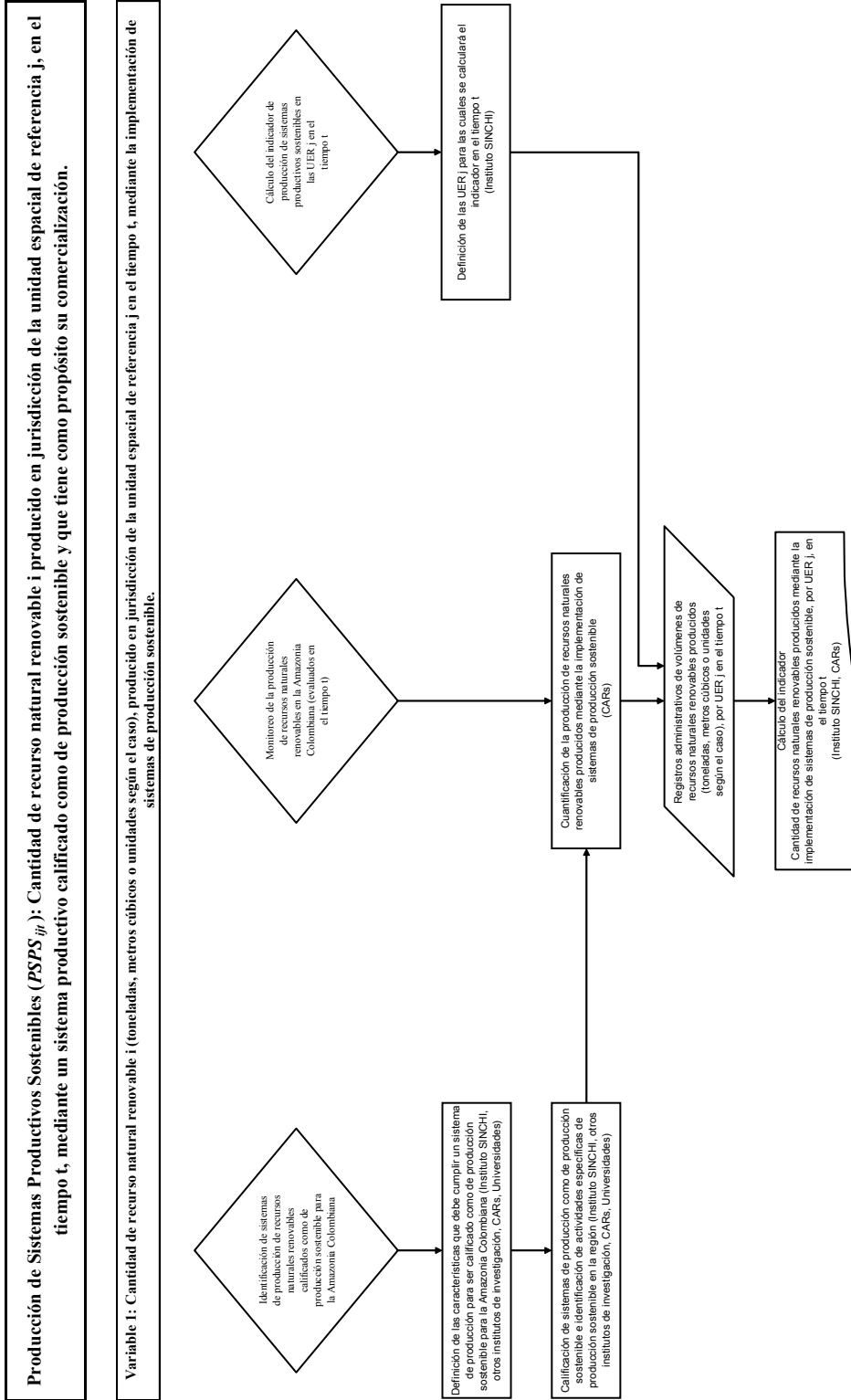
INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Precio del producto cosechado mediante actividades sostenibles

**Precio del Producto Cosechado Mediante Actividades Sostenibles (PCMAS<sub>ij</sub>): Precio de venta (o en su defecto el precio estimado), del recurso natural renovable i obtenido en jurisdicción de la unidad espacial de referencia j, en el tiempo t, por cosecha del medio natural mediante actividades calificadas como de producción sostenible y que tiene como propósito su comercialización.**

**Variable 1: Precio del recurso natural renovable i (\$), obtenido en jurisdicción de la unidad espacial de referencia j en el tiempo t, por cosecha del medio natural mediante actividades calificadas como de producción sostenible.**



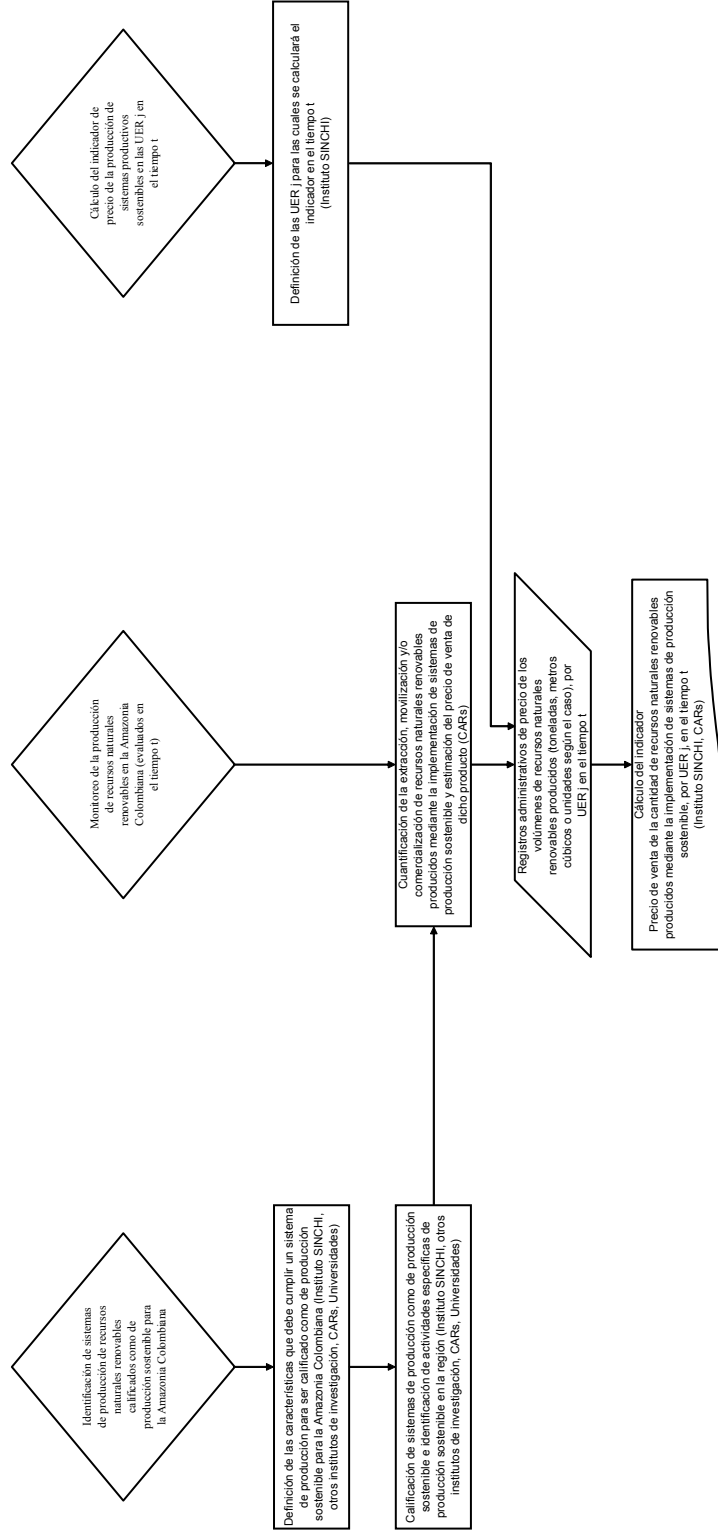
INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
 Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
 Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Producción de sistemas productivos sostenibles



INSTITUTO AMAZONICO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS SINCHI  
Programa Regional de Monitoreo Ambiental - Amazonia Colombiana  
Flujo de datos para el poblamiento del indicador de Precio de la producción de sistemas productivos sostenibles

**Precio de la Producción de Sistemas Productivos Sostenibles (PPSPS<sub>ijt</sub>): Precio de venta (o en su defecto el precio estimado), del recurso natural renovable i producido en jurisdicción de la unidad espacial de referencia j, en el tiempo t, mediante un sistema productivo calificado como de producción sostenible y que tiene como propósito su comercialización.**

**Variable 1: Precio del recurso natural renovable i (\$), producido en jurisdicción de la unidad espacial de referencia j en el tiempo t, mediante la implementación de sistemas de producción sostenible.**



con el apoyo de:



*Embajada del Reino  
de los Países Bajos*

Programa de Apoyo  
a la Gestión Ambiental en Colombia

**Contacto:**

Grupo Coordinador SIAT-AC  
Instituto Sinchi  
Calle 20 No. 5-44 PBX: 444 20 60 Bogotá, D.C.  
umurcia@sinchi.org.co  
<http://siatac.siac.net.co>