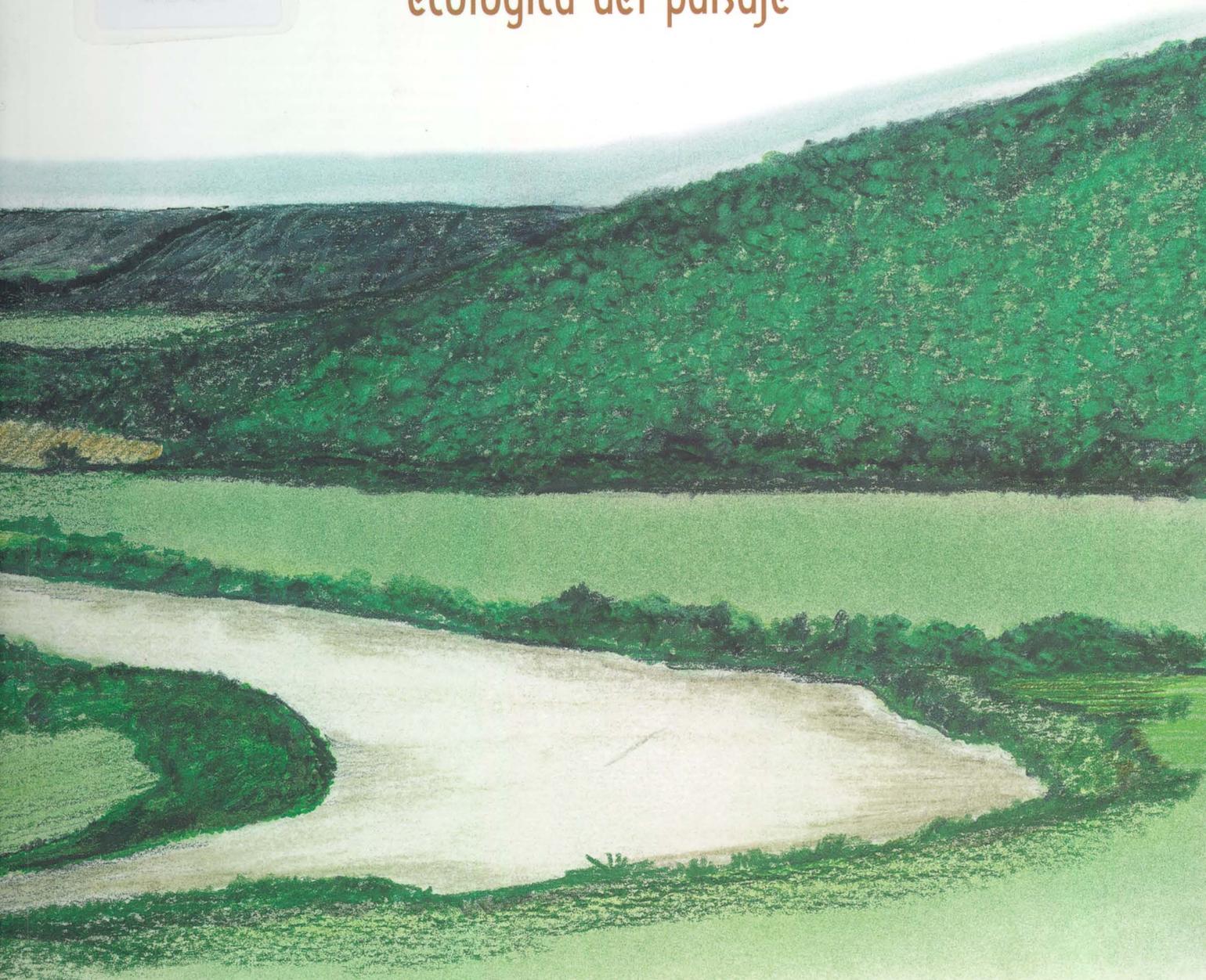


MAVDT
0064

Zonificación ecológica del paisaje



PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA

MAUOT - 0064

Zonificación ecológica del paisaje



PARQUES NACIONALES NATURALES DE COLOMBIA

Parques Nacionales Naturales de Colombia
Zonificación ecológica del paisaje
Colección Planeación del Manejo de los Parques Nacionales Naturales
ISBN 958-97771-4-7

Directora General

Parques Nacionales Naturales de Colombia
Julia Miranda Londoño

Subdirectores Técnicos - Supervisores

Técnicos del Proceso Planeación del Manejo

César Augusto Rey Ángel 2005

Luis Fernando Gómez 2004

Emilio Rodríguez 2002-2004

**Coordinadores del Grupo
de Planeación del Manejo**

Marco Pardo 2004-2005

Sandra Sguerra 2003-2004

Subdirectora Administrativa

Nuria Consuelo Villadiego Medina

Asesor de Comunicaciones

Luis Alfonso Cano Ramírez

Directora Ejecutiva

**Corporación para la Protección
Ambiental, Cultural y el Ordenamiento**

Territorial – Corpacot

Marysabel Rincón Pulido

**Coordinadora General Programa
de Fortalecimiento Institucional**

Diana Gaviria Quigley

**Coordinadora Temática del Proceso
de Planeación del Manejo Programa**

de Fortalecimiento Institucional

Betty Pedraza 2002-2003

Coordinación editorial

Marcela Galvis Hernández

Diana Gaviria Quigley

Autores

Helman Bermúdez

Maureen Irina Montenegro

Corrección de estilo

Mario Germán González

Diseño y diagramación

Clemencia Peña Trujillo

Beatriz Peña Trujillo

Ilustraciones

Tatiana López Maldonado

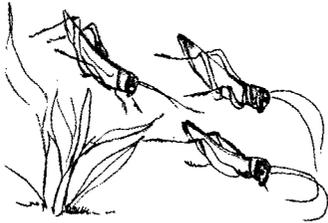
Impresión

Panamericana Formas e Impresos S.A.

Bogotá, Colombia

2005

Contenido



Prefacio	9
Presentación	13
Introducción	17
Capítulo 1	
Aspectos Conceptuales	21
Los conceptos de ecología del paisaje y paisaje.....	25
La jerarquía o escala del paisaje.....	29
Paisaje y ecosistema.....	35
Los factores formadores del paisaje.....	40
Componentes del paisaje.....	42
El paisaje y la actividad humana.....	48
El cambio del paisaje en el tiempo.....	52
Indicadores ecologicos del paisaje.....	54
Análisis del contexto paisajístico.....	55
<i>Representatividad</i>	56
<i>La conectividad del paisaje</i>	58
<i>La fragmentación del paisaje</i>	62
<i>Heterogeneidad y dinámica</i>	65
<i>Consideraciones espaciales para el diseño de área protegidas</i>	65

Capítulo 2

Proceso Metodológico para la zonificación, caracterización y evaluación ecológica del paisaje _____	71
Etapa preliminar_____	76
<i>Alcance de la caracterización ecológica</i> _____	77
<i>Presentación y análisis del proyecto con los actores claves</i> _____	79
<i>Identificación de los niveles o jerarquías de organización biológica para el análisis</i> _____	79
<i>Revisión de fuentes cartográficas e información pertinente y disponible</i> _____	79
<i>Definir la escala espacial y temporal del análisis</i> _____	80
<i>Elaboración del mapa preliminar de unidades del paisaje</i> _____	81
<i>Planeación de la etapa de recolección de datos en campo</i> _____	110
<i>Articulación de las fuentes de información a bases de datos</i> _____	111
Etapa de campo -diagnóstico de las unidades del paisaje-_____	112
<i>Los actores locales y el proceso de caracterización</i> _____	113
<i>Perfiles topográficos generales en los sitios de muestreo seleccionados</i> _____	113
Etapa final_____	118
<i>Procesamiento final de información</i> _____	118
<i>Análisis de la zonificación ecológica del paisaje</i> _____	120
Conclusiones _____	152
Bibliografía _____	155

Índice de figuras

- 26 Figura 1. El modelo de planificación del manejo en las áreas del SPNN y el aporte de la zonificación ecológica (adaptado de Ospina y Pardo, 2002)
- 27 Figura 2. Paisaje de la Sierra Nevada de Santa Marta (Modelo de elevación del terreno, grupo SIG, Unidad de Parques Nacionales Naturales, Bogotá D.C., 2004)
- 30 Figura 3. Esquema de una estructura jerárquica (Villa, A. 2003)
- 31 Figura 4. Jerarquías de organización biológica y sus relación con escalas geográficas (Tomado de TNC, 2000)
- 32 Figura 5. Escalas de trabajo y homogeneidad del paisaje
- 33 Figura 6. Tipos de resolución
- 39 Figura 7. Significado del paisaje (adaptado de Philipps A. 2002)
- 41 Figura 8. Factores formadores del paisaje y sus interrelaciones (Adaptado de Zonneveld, 1979 por Etter, 1991, citado por Villa, A. 2003)
- 43 Figura 9. Relación fenosistema (cobertura y geoforma) y el criptosistema (factores formadores del paisaje/ecosistemas) (Adaptado de Etter, 1991)
- 47 Figura 10. Esquema de los elementos estructural-funcionales del paisaje
- 51 Figura 11. Relación entre los tipos de paisaje-ecosistemas y el grado de intervención humana (adaptado de Villa, A. 2003)
- 58 Figura 12. Porosidad y conectividad de las matrices (tomado de Etter, 1991)
- 62 Figura 13. Funciones de los corredores (adaptado de Villa, A. 2003)

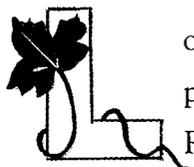
- 74 Figura 14. Los valores objeto de conservación relacionados con las unidades del paisaje o ecosistemas
- 74 Figura 15. La espacialización de las amenazas (presiones y efectos) a nivel de las unidades del paisaje o ecosistemas
- 78 Figura 16. Proceso metodológico general para la zonificación y caracterización ecológica y evaluación del contexto paisajístico
- 86 Figura 17. Sistema Jerárquico de clasificación de fisiográfica de los Paisajes (Andrade, 1994 citado por UPTC, 2005)
- 88 Figura 18. Esquema conceptual de los Factores Formadores de los Ecosistemas/paisajes terrestres adaptado de Romero, M. (2002)
- 93 Figura 19. Sistema de clasificación para análisis de componentes utilizado en el PNN Pisba (UPTC, 2005)
- 98 Figura 20. Esquema del procedimiento metodológico de integración de información para la obtención del mapa de paisaje/ecosistemas de los Andes. (Rodríguez, N. et al. 2004)
- 98 Figura 21. Esquema de la estructura leyenda del mapa de unidades/ecosistemas PNN Nevado del Huila. Tomado de Uaesppn, 2005 (c) ajustado del mapa de ecosistemas de los Andes (Rodríguez, N. et al. 2004)
- 104 Figura 22. Esquema general de la leyenda del mapa de unidades del paisaje del SFF Iguaque (Fandiño, M. 1996)
- 105 Figura 23. Esquema para la elaboración de la unidades ecológicas del paisaje/ecosistema marino a partir de la integración de la geomorfología, la cobertura y el uso actual.
- 107 Figura 24. Modelo DTM (elaborado por el PNN Gorgona) que ilustra los elementos para la definición de las unidades del paisaje marino del PNN Gorgona
- 107 Figura 25. Esquema que muestra los elementos para la delimitación de las unidades del paisaje marino
- 110 Figura 26. Ejemplo de un transecto y sitios de muestreo planificados para campo RNN Puinawai y Nukak. (Etter, et al, 2001)
- 121 Figura 27. Esquema de los elementos que conforman el análisis del componente paisajístico (Junta de Andalucía, 2002)
- 147 Figura 28. Etapas de un proceso de zonificación de áreas marinas protegidas y su identificación y delimitación en las posibles categorías de manejo (Invemar, et al. 2003)

Índice de tablas

- 38 Tabla 1. Niveles de organización biológica e indicadores jerárquicos para su análisis de condición
- 44 Tabla 2. Patrones estructurales básicos del paisaje (adaptado de Etter, 1991)
- 45 Tabla 3. Clasificación de los procesos ecológicos (adaptado de Etter, 1991)
- 46 Tabla 4. Relaciones de los procesos ecológicos con el paisaje (Adaptado de Etter, 1991, Zonneveld, 1989, Villa, 2003)
- 47 Tabla 5. Elementos estructurales-funcionales del paisaje (adaptado de Etter, 1991)
- 50 Tabla 6. Tipos de paisajes con relación a la actividad humana (adaptado de Etter, 1991)
- 53 Tabla 7. Tipos de cambio en el paisaje (adaptado de Etter, 1991)
- 54 Tabla 8. Descripción general de los indicadores pasivos y activos del paisaje (adaptado de Etter, 1991)
- 60 Tabla 9. Tipos de corredores ecológicos (Junta de Andalucía, 2002)
- 64 Tabla 10. Efectos de la fragmentación en paisajes y especies
- 81 Tabla 11. Escalas de análisis preliminar propuestas dependiendo del tamaño del área protegida
- 83 Tabla 12. Tipo de sensor remoto a utilizar según la escala de trabajo seleccionada
- 91 Tabla 13. Algunas de las unidades del paisaje del PNN Sanquianga ajustadas de IGAC, 1999

- 109 Tabla 14. Leyenda parcial mapa de unidades del paisaje del PNN Corales
- 122 Tabla 15. Procedimiento metodológico para el análisis del contexto paisajístico
- 125 Tabla 16. Procedimiento metodológico para el análisis del diseño del área
- 139 Tabla 17. Categorías y criterios para establecer el estado de conservación de un paisaje-ecosistema (Fonseca y Sarmiento, 2004)
- 140 Tabla 18. Resultados obtenidos del análisis estado de conservación en un área de la Macarena (Fonseca y Sarmiento, 2004)
- 142 Tabla 19. Resultados del análisis de la métrica para la totalidad del paisaje del PNN Pisba
- 143 Tabla 20. Resultados del análisis de la métrica para la cobertura vegetal por su génesis (UPTC, 2005)
- 143 Tabla 21. Ejemplo de resultado del análisis de la métrica en los tipos de cobertura vegetal en áreas naturales en el bioma de páramo
- 145 Tabla 22. Criterios para la clasificación de áreas prioritarias para preservación y restauración
- 148 Tabla 23. Valoración de las funciones de los ecosistemas y la clasificación del grado de importancia (Invemar, 2003)
- 151 Tabla 24. Zonas de manejo en el AMP según valoración de criterios de zonificación (Invemar, 2003)

Prefacio



Los planes de manejo de los parques son una herramienta fundamental para la planeación de las actividades orientadas a la conservación de la biodiversidad. Por esta razón, es motivo de orgullo para Parques Nacionales Naturales contar con planes de manejo de todas sus áreas, los cuales son el resultado del esfuerzo adelantado por los funcionarios durante los últimos cuatro años. Esta tarea fue desarrollada gracias al apoyo de varios proyectos de cooperación internacional, y muy especialmente del Programa de Fortalecimiento Institucional del Sistema de Parques Nacionales Naturales, financiado con recursos de la cooperación neerlandesa.

En la presente colección “Planeación del manejo de los Parques Nacionales Naturales”, se presentan los documentos que contienen los conceptos y metodologías que se utilizaron para realizar la planeación del manejo de los parques nacionales. Con su publicación se pretende documentar la amplia discusión que se promovió entre los funcionarios y contratistas de la Institución, dentro del proceso de elaboración de los planes de manejo y brindar elementos de juicio a los funcionarios de la Unidad de Parques para que continúen

mejorándolos constantemente en el futuro. Así mismo se espera que el proceso y los resultados puedan ser interesantes para otros planificadores del Sistema Nacional de Áreas Protegidas en Colombia y otros países.

Todos los libros fueron escritos por personas vinculadas a la Subdirección Técnica, encargadas de los temas que se presentan, o por otras personas que contaron con la supervisión directa de funcionarios de la Subdirección Técnica. Algunos requerirán un trabajo adicional en el futuro, a medida que la Institución aplique las metodologías y conceptos, y requiera actualizarlos. No obstante lo anterior, estos documentos constituyen un punto de partida, que, ante todo, contribuye a la preservación de la memoria institucional.

El primer documento, *Aspectos conceptuales de la planeación del manejo en Parques Nacionales*, aporta los elementos conceptuales y metodológicos para la construcción e implementación de los planes de manejo. Contiene las principales herramientas utilizadas para adelantar la elaboración de planes de manejo.

El segundo tomo, *Zonificación ecológica del paisaje*, brinda criterios técnicos para la delimitación y caracterización de los ecosistemas, así como elementos para el análisis de contexto paisajístico y zonificación del manejo de las áreas.

El tercer libro, *Elementos para la planeación de áreas trasladadas*, aporta elementos conceptuales y metodológicos para abordar la planeación del manejo de las áreas que comparten territorios con los resguardos indígenas, y, por ende, exige la articulación entre la autoridad ambiental y la autoridad indígena.

La guía de *Análisis de estado y amenaza* aporta los elementos para construir y definir el diagnóstico situacional desde el punto de vista biológico y ecológico, como insumo principal para la identificación de las estrategias de manejo más adecuadas.

El documento *Hacia el análisis de integridad ecológica en Parques Nacionales Naturales*, avanza en la construcción de una línea base para la discusión sobre la viabilidad ecológica de las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales, teniendo en cuenta la combinación de criterios biológicos y ecológicos que permitan, en los próximos años, determinar la efectividad del manejo a largo plazo de las áreas.

La guía de *Caracterización de actores sociales* presenta una primera aproximación, de Parques Nacionales Naturales, al trabajo de descripción de los diferentes grupos humanos que tienen alguna relación con los parques naturales, aspecto fundamental para la gestión de la conservación.

El documento *Elementos para la participación de Parques Nacionales en los planes de ordenamiento y manejo de cuencas*, aporta elementos para realizar el trabajo correspondiente a las cuencas hidrográficas, promoviendo la participación social y la de las diferentes instituciones relacionadas, guardando plena armonía con lo dispuesto en los planes de manejo de las áreas protegidas.

La guía *Formulación de planes de investigación en Parques Nacionales Naturales* permite orientar el desarrollo de la investigación científica en la diversidad biológica que se encuentra en las áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales, con el fin de disminuir los vacíos de información identificados en la planeación del manejo. De igual forma,

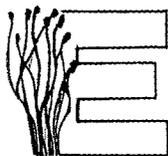
brinda los elementos metodológicos para la construcción de los planes de investigación de las áreas protegidas.

Sin duda esta colección resultará de enorme valor como herramienta de planeación y gestión de las áreas en los próximos años.

Julia Miranda Londoño
Directora
Parques Nacionales
Naturales de Colombia



Presentación



El Congreso Mundial de Parques realizado en el año 2003 en Durban (Sudáfrica) resalta, entre otros aspectos, la necesidad de establecer un sistema mundial de áreas protegidas conectadas con los paisajes terrestres y marinos circundantes. Manifiesta además, que la protección de la diversidad biológica no puede asegurarse de modo sostenible únicamente con base en áreas aisladas, ya que muchos de estos sistemas y especies coexisten con el desarrollo humano en entornos parcialmente transformados, que actualmente no gozan de una protección formalmente definida. Se propone como objetivo principal, un sistema que represente todos los socio-ecosistemas del mundo, porque *la protección a nivel de ecosistema es esencial para proteger a cada uno de los componentes de un ecosistema, a saber: especies, hábitat y paisajes* (IUCN, 2003).

Finalmente se destaca como una de las metas para el año 2015, que todas las áreas protegidas deberán estar conectadas en sistemas ecológicos / ambientales terrestres y marinos más amplios. En consecuencia la acción internacional debería orientarse a:

- ▶ Fomentar enfoques integrados para idear sistemas de áreas protegidas que cubran una gama completa de oportunidades de conservación *in situ* de especies y hábitat en todas las escalas, promoviendo vínculos entre áreas terrestres, costeras y marinas. Adicionalmente, cuando sea posible, hay que tomar en cuenta la importancia de la participación de todos los interesados directos para enfrentar este reto.

Cada autoridad debería restaurar los *procesos ecológicos* en zonas deterioradas, tanto en áreas protegidas como en los *paisajes circundantes*, para asegurar la integridad ecológica de las áreas protegidas.

- ▶ Las autoridades responsables del manejo de áreas protegidas y jurisdicciones adyacentes, en consulta con todos los grupos de interés pertinentes, deben considerar la posibilidad de aplicar, en la escala apropiada, medidas de zonificación al interior y alrededor de ellas, y estrategias de conectividad como redes, corredores ecológicos y corredores de circulación de agua dulce.

En Colombia, la Unidad de Parques Nacionales Naturales ha asumido, desde la *Política de Participación Social en la Conservación*, un enfoque de gestión centrado en nuevas formas de incorporar principios que entreguen herramientas para solucionar problemáticas derivadas de amenazas de origen humano sobre las áreas protegidas, provocando la pérdida de la biodiversidad, de los servicios ambientales y la degradación de valores naturales de significado cultural.

Una de las acciones estratégicas planteadas por esta Política, es la de intensificar las acciones de conservación y manejo de las áreas protegidas, a través de la planificación y el

ordenamiento territorial. Este ordenamiento se hace con base en el conocimiento que aporta la biología de la conservación, las expectativas de protección autónoma de sitios o áreas naturales de especial significado mítico para los pueblos tradicionales, y además en las demandas de bienes y servicios ambientales de la sociedad.

La Política establece que la planificación debe ser estratégica, y pretende ordenar la acción sobre las áreas naturales retroalimentándose con procesos continuos de análisis y diagnóstico; estas estrategias deben estar contenidas en los planes de manejo de los niveles nacional, regional y local, con instancias participativas. Los resultados del proceso se deberán manifestar en hechos de conservación evidentes en el *paisaje*.

Además, entre los principios que orientan la formulación de los planes de manejo se destaca la integridad de los espacios, bajo la consideración de que las áreas protegidas afectan y son afectadas por contextos mucho más amplios que las zonas declaradas legalmente como tales.

Haciendo caso a los anteriores argumentos, la Subdirección Técnica de la Unidad de Parques, con el apoyo del Programa de Fortalecimiento Institucional, financiado con recursos del Gobierno de Holanda, ha adelantado la construcción de conceptos y metodologías que facilitan el proceso de formulación de los planes de manejo en las áreas del Sistema de Parques Nacionales.

El componente *diagnóstico / descriptivo* de los planes de manejo brinda información sobre el estado, amenazas y oportunidades para la gestión sobre los valores objeto de conservación de las áreas (Ospina, M, 2003, Restrepo, 2003 y Pardo M. y Bermúdez H, 2003); también aporta elementos para determinar la integridad de sus ecosistemas (Montenegro, 2005). Esta infor-

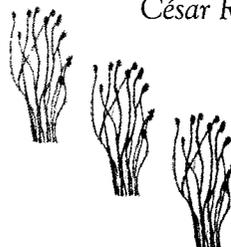
mación es el insumo para los análisis que dan forma a los componentes *ordenamiento / prospectivo, zonificación del manejo, y al plan estratégico de acción*. Todos estos componentes del plan de manejo apuntan al logro de los objetivos de conservación de las áreas.

En los escenarios internacional y nacional presentados anteriormente, se sustenta la necesidad de que las áreas del Sistema cuenten con diagnósticos biofísicos y socioculturales, espacial y temporalmente integrados en las áreas y sus zonas de influencia. De esta manera se podrá identificar el estado y las presiones internas y externas que, en algunos casos, han generado la degradación de ecosistemas y el aislamiento ecológico de las áreas.

Este documento presenta aspectos conceptuales y metodológicos de la caracterización ecológica del paisaje y los ecosistemas. La información registrada aquí es el resultado de los ejercicios de zonificación ecológica hechos durante el proceso de formulación de los planes de manejo en el año 2004.

Esta herramienta permite hacer un análisis biofísico y socio-cultural de las áreas, de acuerdo con los usos dados al paisaje, cuyos planteamientos ayudarán a comprender el estado y las presiones que se ciernen sobre los paisajes y ecosistemas, y a tener una visión integrada de esa realidad y su contexto, de tal manera que se puedan determinar acciones para el manejo.

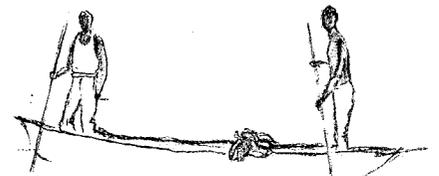
César Rey



Introducción



Desde el año 2001 la Subdirección Técnica orientó el proceso de formulación de los planes de manejo 2005-2009 para las Áreas del Sistema de Parques. Dentro del componente *descriptivo / diagnóstico* se enfatizó en la necesidad de que las áreas contaran con zonificaciones y caracterizaciones ecológicas integradas que arrojaran un diagnóstico de la realidad, y en las que se identificaran los ecosistemas y aproximaciones a su funcionamiento.



Esto facilita, de un lado determinar algunos valores objeto de conservación a nivel ecosistémico e identificar los bienes y servicios ambientales que las áreas ofrecen para asegurar el desarrollo humano. De otro lado, más allá de sus límites y con el fin de que las áreas protegidas no se conviertan en islas de conservación dentro de una matriz de transformación, las caracterizaciones ecológicas deben permitir la identificación de los aspectos humanos y los usos que sobre los ecosistemas pueden convertirse en amenazas para la conservación.

Señalados estos elementos, se pueden realizar las evaluaciones ecológicas que conduzcan a establecer la integridad del área protegida y brindar los elementos para la zonificaciones del manejo de las áreas.

Una de las aproximaciones metodológicas utilizadas en esta tarea ha sido el *análisis integrado del paisaje*, cuyas teorías han sido orientadas por la ecología del paisaje. La metodología ha sido aplicada en los últimos años en Colombia y en el mundo, en procesos de ordenamiento territorial, tanto para analizar el uso como la preservación de los recursos naturales. Este enfoque aborda el estudio del paisaje desde una lógica integral para diagnosticar, planificar y gestionar el uso de la tierra, buscando conocimiento que aporte a la conservación.

Algunas áreas del Sistema de Parques Nacionales ya han trabajado bajo este enfoque, cuyas experiencias hay que capitalizar y multiplicar a los parques que aun no han hecho un análisis integrado. Se trata de que gradualmente, mediante la identificación y alimentación de vacíos de información se obtenga un conocimiento integral que aporte al manejo efectivo de las áreas.

En el proceso de formulación de los planes de manejo se aplicaron las herramientas que ofrece la ecología del paisaje, y hubo la oportunidad de socializar y analizar conceptos bajo la mirada de las experiencias ya desarrolladas, y de algunas aproximaciones metodológicas realizadas para las áreas con la información existente. Por ello, las 48 áreas que participaron del proceso de formulación, cuentan de una u otra manera con aproximaciones integradas del paisaje, que han servido de base para el análisis de integridad ecológica, prospectiva y zonificación del manejo.

A continuación se presentan algunos aspectos conceptuales y metodológicos aportados por las experiencias antes señaladas, de manera que, a través de esta información se puedan brindar orientaciones en las zonificaciones y caracterizaciones ecológicas de las áreas del Sistema de Parques Nacionales.

Este documento consta de dos partes: la primera ofrece los elementos conceptuales fundamentales sobre caracterización ecológica y ecología del paisaje a partir de la literatura existente. Esta información se constituye en el soporte teórico para delimitar y caracterizar las unidades de paisaje y los elementos relacionados con el análisis de contexto paisajístico, indispensable en la evaluación de la integridad ecológica de las áreas protegidas.

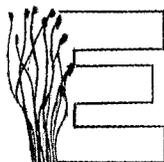
En la segunda parte se presentan los aspectos metodológicos para abordar la zonificación y caracterización ecológica del paisaje / ecosistema, y se dan elementos para evaluar el contexto paisajístico de acuerdo con el análisis de criterios sobre los componentes del paisaje; además se hacen ilustraciones con ejemplos a través de los casos de áreas protegidas que han aplicado el enfoque.

Pero el tema no se agota aquí. La ecología del paisaje y el análisis integrado del paisaje son disciplinas relativamente nuevas, por lo tanto se trata de un campo del conocimiento en construcción. Si bien no se pretende dar por sentadas las teorías expuestas aquí, es importante aclarar la utilidad de sus postulados en el manejo de las áreas, y los aportes que pueden hacer frente a los retos que tiene el país para insertar el tema de la conservación dentro de la realidad nacional, tal y como es visionado desde la *Política de Participación Social en la Conservación*, y responder a los retos que a nivel internacional se plasmaron en el Congreso de Parques en Durban.



Capítulo 1
Aspectos
conceptuales





Este capítulo presenta los aspectos conceptuales requeridos para abordar un análisis integrado del paisaje/ecosistemas. Se aclara que existen conceptos más avanzados disponibles en la literatura sobre el tema, pero estos solo serán pertinentes para quienes se adentren en procesos de análisis más complejos.

El modelo de planificación elaborado por la Subdirec-



ción Técnica, que está basado en el esquema *estado – presión – respuesta*, establece que los objetivos de conservación son el propósito misional de todas las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Alrededor de los valores objeto de conservación, que le dan soporte a los objetivos de conservación, se formula el análisis de estado, vulnerabilidad y amenazas del área protegida a fin de determinar

su nivel de riesgo. Este análisis contribuye a la formulación, implementación y seguimiento de estrategias de manejo para el logro de los objetivos de conservación¹.

De acuerdo con el modelo, el objetivo de la zonificación y caracterización ecológica es contar con información espacial y temporal de los sitios en los que se encuentran los valores objeto de conservación, su estado y las amenazas. La zonificación y caracterización ecológica también determina los elementos de vulnerabilidad y riesgo, especialmente de los ecosistemas, ayudando a de-

finir los objetivos de conservación -componente diagnóstico del plan de manejo-

El análisis también apoya el diseño de estrategias como la zonificación del manejo -componente de ordenamiento del plan de manejo-, la identificación de objetivos de gestión -componente estratégico del plan-, y contribuye a mantener o recuperar el estado de los valores de conservación del área.

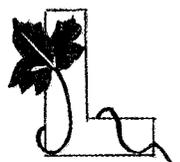
Una vez hecho el análisis espacial, se pueden definir indicadores de estado y presión; esto, a su vez aporta al monitoreo y a estructurar la información de tal manera

que pueda articularse a un Sistema de Información (ver Figura 1.)

La zonificación ecológica es el proceso de subdivisión de un territorio en unidades relativamente homogéneas, con características físicas (clima, suelos, geformas), biológicas (coberturas vegetales, fauna) y socioeconómicas (recursos de valor económico, presencia humana y sus actividades). La zonificación permite además evaluar esas unidades con relación al potencial de usos sostenibles para fines específicos de preservación (adaptado de Couto, 1994, citado en IGAC,1999).

¹ El modelo de planificación forma parte del documento Guía Técnica para la formulación de planes de manejo, elaborado por la SUT y que hace parte de una colección de documentos sobre el tema.

Los conceptos de ecología del paisaje y paisaje



La ecología del paisaje es el marco teórico para el estudio integrado del paisaje. Se fundamenta en los principios formulados por la “Teoría General de Sistemas” (TGS) (Von Bertalanffy, 1968). Entre ellos se destaca que *“el todo es más que la suma de las partes”*, es decir, la realidad de un paisaje debe concebirse y estudiarse de forma integral, no a

partir de la sumatoria de los elementos que le dan forma como los suelos, el clima, la cobertura vegetal, la litología o las actividades humanas.

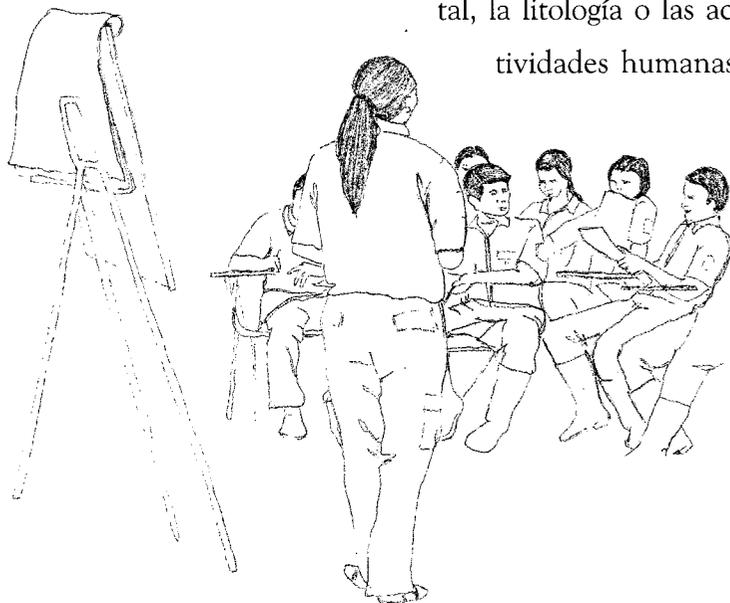
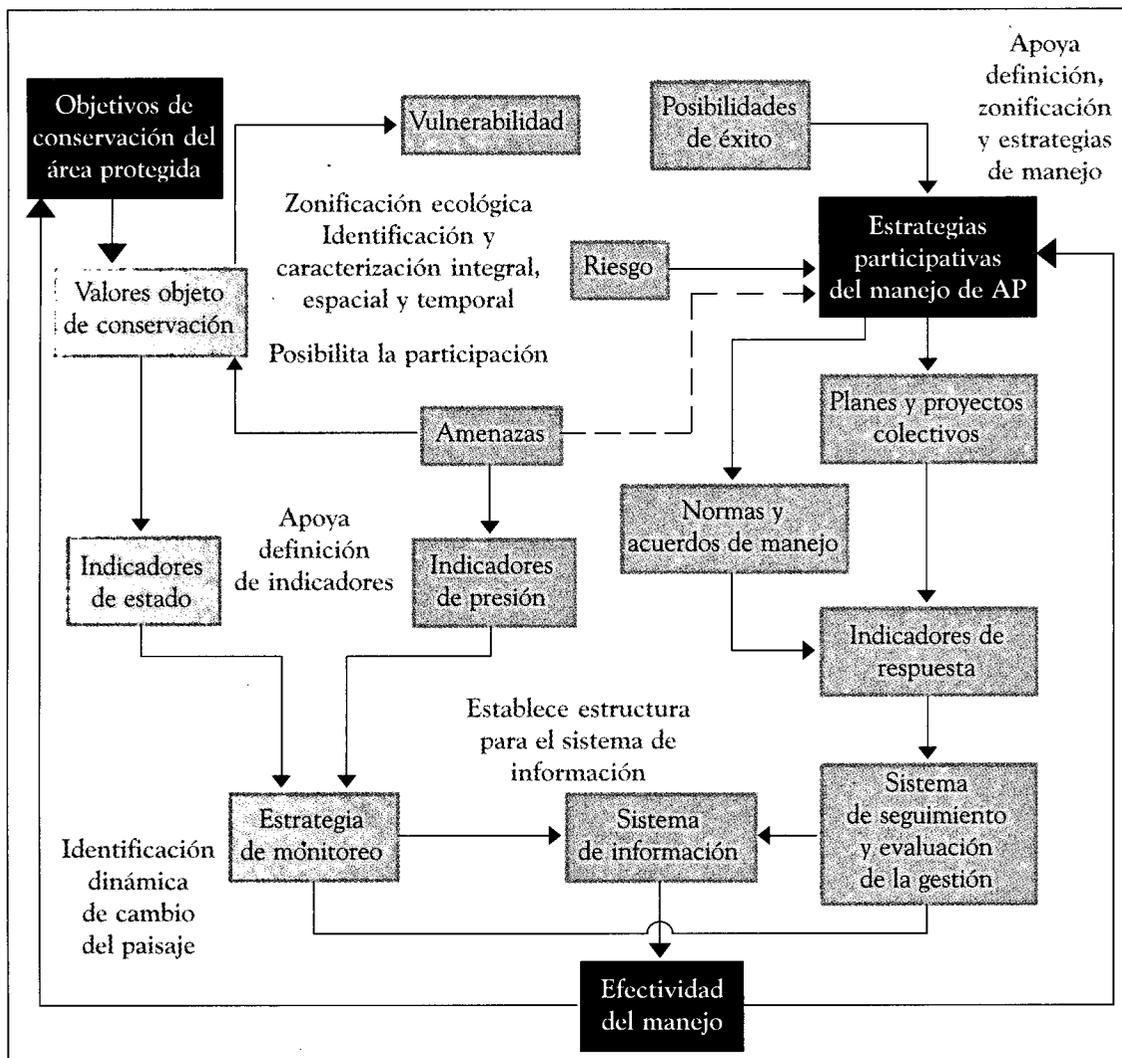


Figura 1

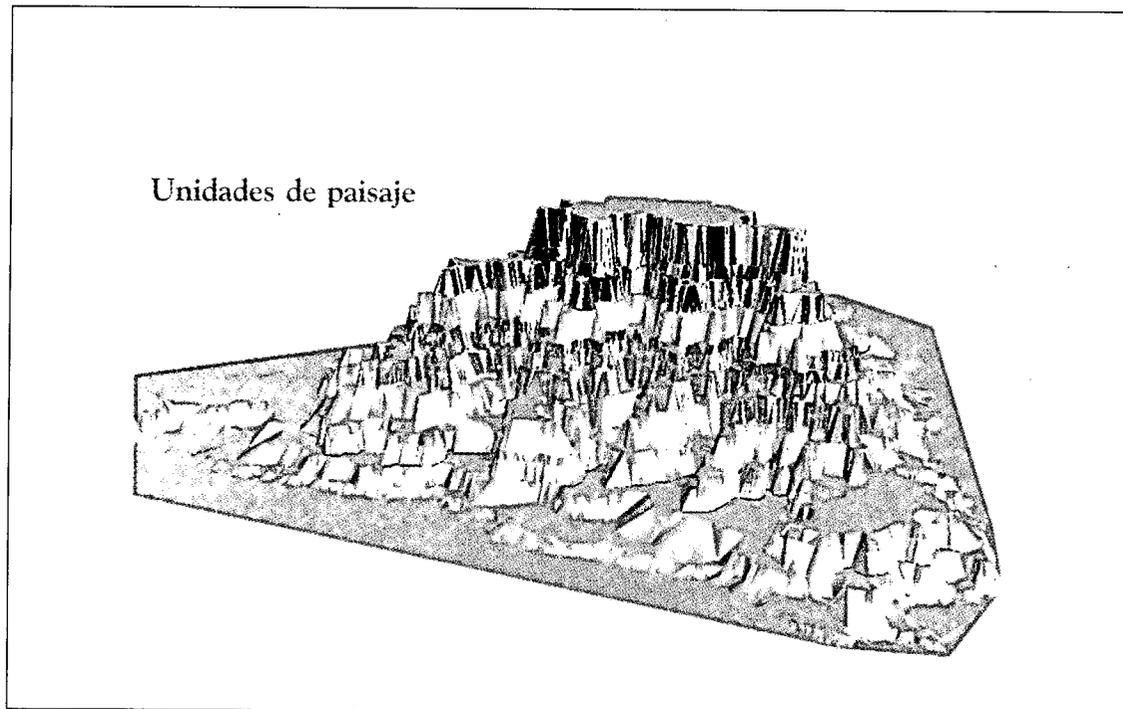
El modelo de planificación del manejo en las áreas del SPNN y el aporte de la zonificación ecológica (adaptado de Ospina y Pardo, 2002)



Desde esta perspectiva el paisaje se define como una porción de espacio geográfico, homogéneo en su fisonomía y composición, y estable en el tiempo, que resulta de la interacción compleja de clima, rocas, agua, suelos, flora, fauna y el ser humano; el paisaje es reconocible y diferenciable de otras porciones vecinas de acuerdo con la resolución de escala geográfica, y el tiempo (Ester, 1991) (Figura 2). Este concepto es muy similar al mencionado por Couto para zonificación ecológica.

Figura 2

Paisaje de la Sierra Nevada de Santa Marta (Modelo de elevación del Terreno, grupo SIG, Unidad de Parques Nacionales Naturales, Bogotá D.C., 2004)



Se puede decir que al hacer alusión a una porción de espacio geográfico, se hace referencia a un área dentro de un territorio que tiene características homogéneas o que en su forma y composición son similares. El patrón de estabilidad temporal se refiere a que las características de un paisaje son observables en un mo-

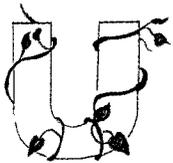
mento de tiempo determinado, en el que es posible realizar un análisis integral de las características biofísicas y humanas.

La unidad homogénea tiene aspectos que la diferencian de otras unidades adyacentes, igualmente homogéneas pero con características contrastantes en lo biofísico y humano.

En conclusión, no se trata de hacer análisis temáticos de información (v. gr. clima, geología, geomorfología, suelos, coberturas, usos, y otros) en forma aislada, sino que, identificando elementos visibles en el paisaje, homogéneos a primera vista, se puede delimitar esa homogeneidad y hacer análisis biofísicos y culturales de manera integrada.



La jerarquía o escala del paisaje



Un asunto importante que debe tenerse en cuenta en el análisis del paisaje es el de la jerarquía y la escala. Su importancia radica en lo siguiente:

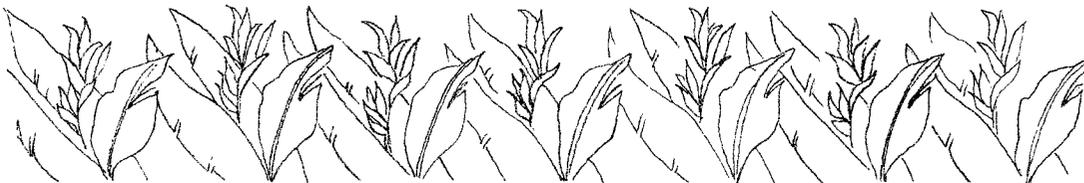
- El paisaje es sistémico, es decir, hace referencia al

conjunto de elementos interrelacionados (todos necesitan de todos para funcionar)

- El paisaje es holístico, es decir, se refiere a que el paisaje es todo lo que lo compone, para entenderlo es necesario mirar-

lo en conjunto, no por partes.

El paisaje se compone de unidades ordenadas en estructuras sistémicas de jerarquías (Figura 3) que son biológicas, y en escalas espaciales y/o temporales. Además, existen varios niveles o jerar-



quías de organización biológica relacionadas con escalas espaciales; cada jerarquía contiene una organización biológica que hace parte de una jerarquía más grande y así sucesivamente, pero

siempre guardando, en cada nivel, una estructura sistémica y ordenada.

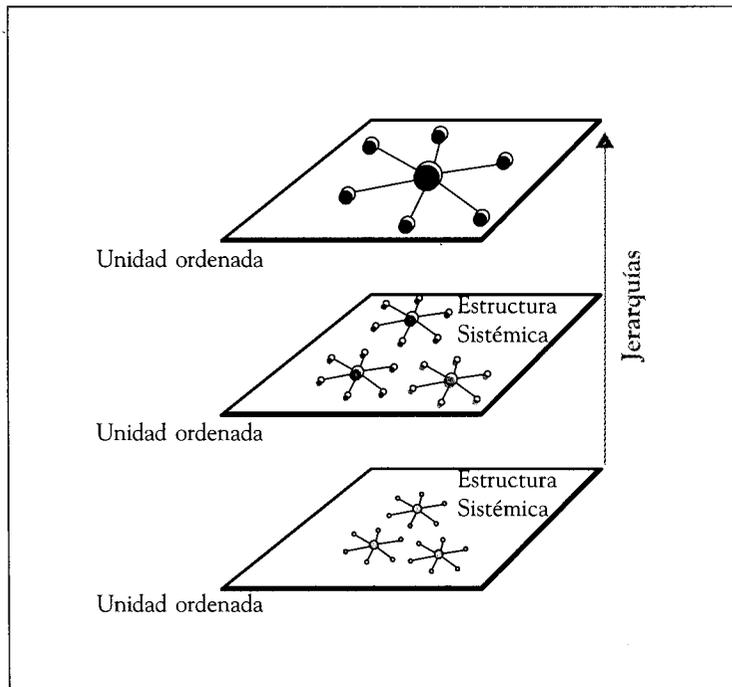
Yendo al detalle, para ilustrar el tema de los componentes del paisaje, las jerarquías o niveles de organiza-

ción biológica son agrupaciones de los componentes biológicos, de acuerdo con el grado de complejidad que tienen en relación con su composición, estructura y función. Así, a través de las jerarquías se pueden identificar individuos y poblaciones en las escalas más bajas, e ir escalando en las jerarquías hasta llegar a asociaciones más complejas como las comunidades y los ecosistemas.

Las jerarquías se ordenan de manera que agrupen unidades más funcionales con patrones definidos de composición, estructura y función y con la capacidad de interrelacionarse de la siguiente manera: (Primarck et al., 2001; TNC, 2000) (ver Figura 4):

Figura 3

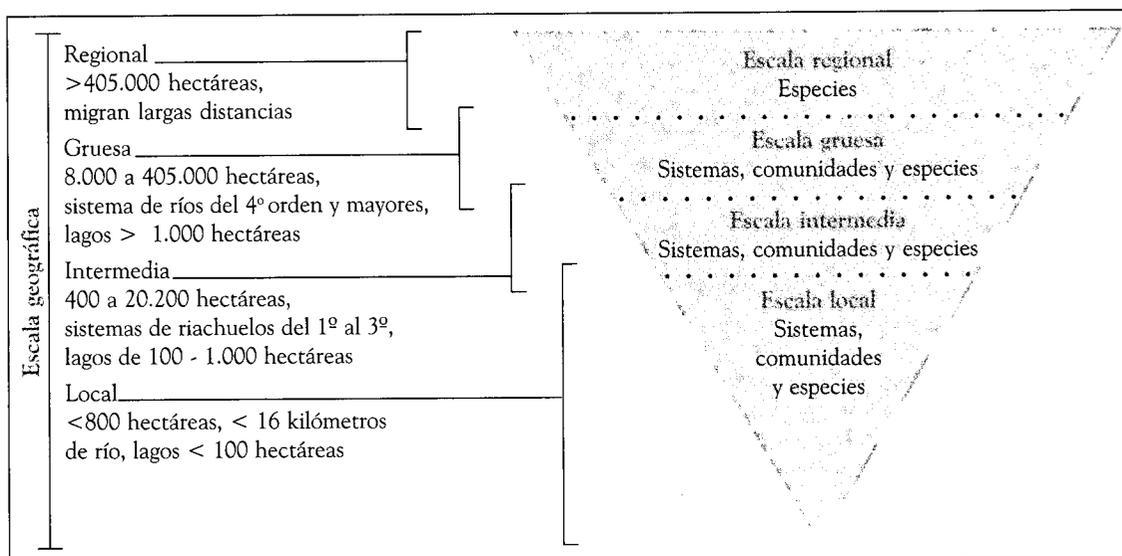
Esquema de una estructura jerárquica (Villa, A. 2003)



1. *Poblaciones* -grupos de individuos de la misma especie-.
2. *Comunidades y ecosistemas* -grupos de especies y comunidades, respectivamente organizados con base en parámetros de estructura y función-.
3. *Paisajes*, donde se hace evidente una mayor complejidad frente a la composición y las interacciones entre los tipos de ecosistemas, -comunidades y sus especies-. Aquí el efecto de las actividades humanas juega un papel importante en la definición de cada unidad.

Figura 4

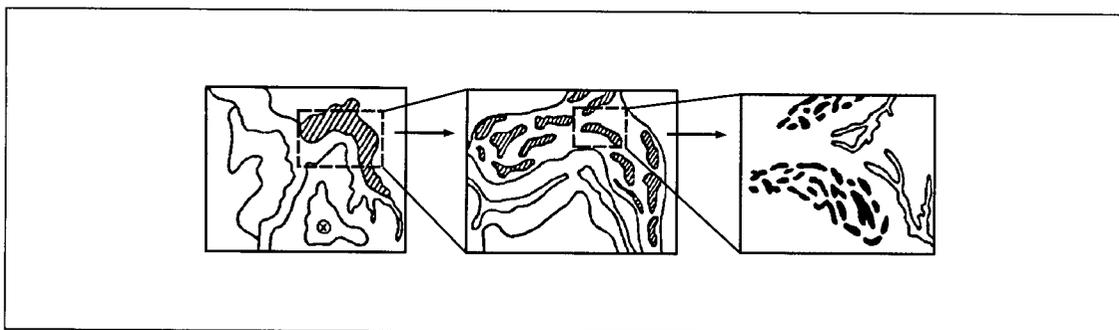
Jerarquías de organización biológica y su relación con escalas geográficas
(Tomado de TNC, 2000)



Por otra parte, la Figura 5 ejemplifica el tema de *análisis de escala en el paisaje*. El ejemplo muestra cómo, sobre una porción del territorio, se pueden realizar análisis desde una escala general –amplia– hasta una escala de mayor detalle.

Figura 5

Escalas de trabajo y homogeneidad del paisaje (Etter, 1991)

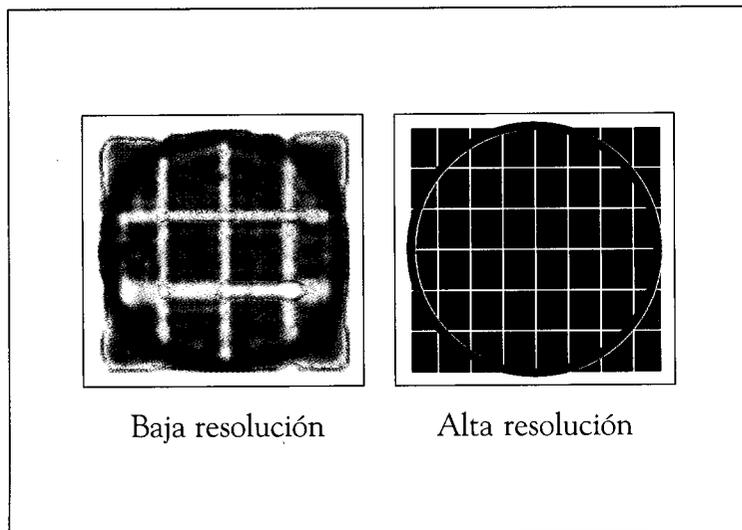


La escala determina el nivel de detalle o generalización que debe abordarse a la hora de identificar y analizar los componentes individuales o sistemas ecológicos complejos y sus interrelaciones en un área determinada (Kay, 1993). La escala se puede determinar en términos espaciales o geográficos y en términos temporales; estos niveles de abordaje, combinados, determinan el grado de profundidad en el que suceden patrones, características o tendencias de cada sistema ecológico.

La escala geográfica o espacial determina zonas o coberturas dentro del mapa, en donde es evidente la presencia de jerarquías o niveles de organización biológica. Esta escala se mide de acuerdo con la resolución o unidad de menor tamaño identificable dentro de un mapa. En otras palabras, entre más pequeño sea el elemento que se quie-

re identificar en un mapa, mayor debe ser la resolución para poder observarlo en detalle. Como ejemplo, tomemos un círculo. Si la resolución de la fotografía es baja, los bordes de la figura geométrica se verán segmentados como si el contorno fuera formado por líneas horizontales y verticales, esto se debe al gran tamaño de la cuadrícula o pixel. Pero si la resolución es mayor, el tamaño de las cuadrículas que forman la figura es más pequeño, y se necesitan más cuadrículas para darle forma, el resultado es una apariencia más nítida. (Figura 6).

Figura 6
Tipos de resolución



Por otra parte, la escala temporal permite conocer y monitorear el estado y transformación de cualquier jerarquía o nivel de organización biológica en el tiempo, ya sean cambios diarios, estacionales, anuales, e incluso evolutivos (p.ej. sucesión natural, migraciones, ciclo de vida). La escala temporal se define cuando se conocen los tiempos en que suceden los procesos ecológicos y los impactos sobre los sistemas ecológicos², cuando son afectados por amenazas naturales o antrópicas.

² Entiéndase por sistema ecológico los niveles de organización biológica que incluyan comunidades, ecosistemas o paisajes.

Paisaje y ecosistema



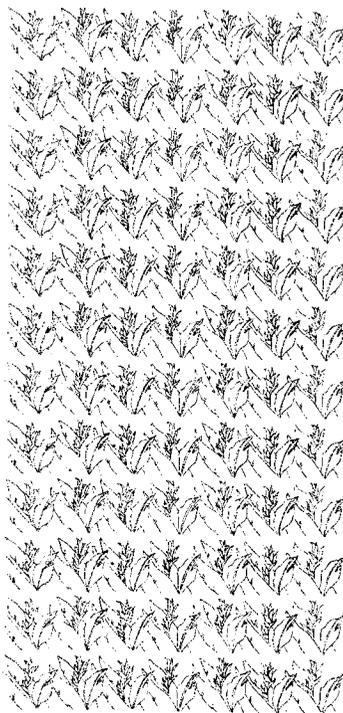
Fandiño, (1997) establece que la contribución más importante de la Ecología del Paisaje es la comprensión

del ecosistema como una unidad mapeable. La caracterización de un paisaje y sus componentes (ecosiste-

mas) necesita considerar todos los elementos posibles o factores en interacción, en un espacio y tiempo concre-

to, con sus variaciones espaciales. Esta argumentación establece que al delimitar unas *unidades del paisaje*, ellas pueden corresponder a ecosistemas. Entendemos ecosistema como “un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente, que interactúan como una unidad funcional” (IAvH, 2000).

Desarrollando un poco más el enfoque de paisaje como un conjunto compuesto por ecosistemas y estos, a su vez, por niveles de organización biológica inferior, el paisaje sería un nivel jerárquico superior al del ecosistema. Para sustentar el anterior argumento veamos lo



siguiente: *la biodiversidad abarca desde la variabilidad genética en una especie, hasta el conjunto de formas de vida -la biota- de una región determinada del globo. Conceptualmente su amplitud, riqueza y complejidad no son fáciles de aprehender, de ahí la necesidad de definir niveles de biodiversidad* (IAvH, 1997). Ver Figura 4 y Tabla 1.

De acuerdo con los niveles o jerarquías de organización biológica, el paisaje estaría en un nivel de organización regional y estaría compuesto por tipos de ecosistemas. En una escala superior al paisaje se encuentran, entonces, las unidades biogeográficas y los grandes biomas o grandes ecosistemas.

Como se ha mencionado, igual que en el análisis del paisaje, un ecosistema lleva implícita la dimensión espacial, de ahí que la diversidad de ecosistemas identificables en un territorio dependa de la escala espacial que se analice. Entre más general sea el análisis -menor escala-, menor será la cantidad de ecosistemas identificables y mayor su nivel de complejidad. El nivel de complejidad comprende los patrones de heterogeneidad que resultan de asociar ecosistemas más específicos (iAvH, 1997).

En relación con el concepto de “paisaje” vale la pena mencionar que la Convención Europea del Paisaje (ELC) lo define como “un



área, tal como es percibida por las personas, cuyo carácter es el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos” (Concejo de Europa, 2000, citado por Phillips, A. 2002). En este aspecto, el paisaje es mucho más que una serie de atributos puramente físicos: el aspecto visual del paisaje es solo la cara exterior de las complejas interacciones humanas y naturales (Figura 7). Además, en muchas partes del mundo el paisaje puede tener importantes valores espirituales asociados a las comunidades. Además, el paisaje incluye no solo ambientes terrestres (*landscape*, término en inglés) sino también los costeros y marinos (*seascapes*, término en inglés).

Tabla 1

Niveles de organización biológica e indicadores jerárquicos para su análisis de condición

Nivel de organización biológica	Atributo		
	Composición	Estructura	Función
Paisaje	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Identidad, distribución, diversidad, riqueza y proporción de tipos de parches a través del paisaje. ▶ Cantidad total de hábitat interior en unidad de paisaje. ▶ Perímetro total de fragmentos y efecto borde. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Índice de diversidad de tamaños de fragmentos o parches de hábitat. ▶ Distribución de frecuencia de fragmentos. ▶ Relación perímetro / área, efecto borde / zona interior. ▶ Dimensión fractal e índices de forma del parche. ▶ Índices de fragmentación, densidad de parches y distancia entre ellos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Índices de persistencia y perturbación de unidades de paisaje (control de erosión, capacidad limpiadora de agua, suelo y aire, control de plagas). ▶ Relaciones tróficas entre hábitat. ▶ Tasa de transferencia de nutrientes, energía y materia entre diferentes comunidades y unidades del paisaje (p.ej. capacidad de producción de O₂ y retención de CO₂).
Ecosistema/ Comunidad	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Identidad, frecuencia, diversidad, riqueza y abundancia de ecosistemas, comunidades y especies en diversos hábitat ▶ Diversidad de tamaños y edades de especies en una comunidad 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Fisionomía, densidad de comunidades y diversidad horizontal ▶ Dimensión espacial de elementos estructurales y parches ▶ Distribución de frecuencia de tamaños de fragmentos 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Identificación de funciones ecológicas: frugivoría, dispersión de semillas, polinización, herbivoría, depredación, producción primaria. ▶ Tasa de reciclaje de nutrientes. ▶ Intensidad, frecuencia y variabilidad de disturbios.
Especie/ Población	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Presencia / ausencia, abundancia absoluta y relativa de las especies. ▶ Identidad, diversidad, frecuencia, riqueza y abundancia de especies en diversos hábitat. ▶ Proporción de especies endémicas, amenazadas y en peligro. ▶ Relación de especies exóticas y nativas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Distribución y dispersión de especies en la región. ▶ Estructura de sexos y edades. ▶ Distribución de frecuencias de estados serales. ▶ Patrones de abundancia. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Procesos demográficos (tasas de natalidad, mortalidad, reclutamiento y migración, fecundidad, fertilidad). ▶ Vulnerabilidad.
Individuo/ genes	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Diversidad de alelos. ▶ Presencia / ausencia de alelos raros 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Heterocigosis. ▶ Polimorfismo fenotípico. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Tasa de intercambio genético entre poblaciones. ▶ Síntomas de deriva genética. ▶ Proporción por endo / exogamia.

Figura 7

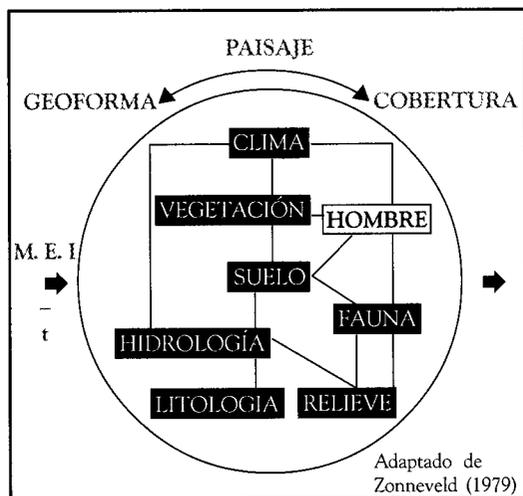
Significado del paisaje (adaptado de Philipps A. 2002)

PAISAJE	=	Naturaleza	MÁS	Gente
PAISAJE	=	El Pasado	MÁS	El Presente
PAISAJE	=	Atributos Físicos (Escenario, Naturaleza, Herencia histórica)	MÁS	Valores asociados (sociales y culturales)



Figura 8

Factores formadores del paisaje y sus interrelaciones (Adaptado de Zonneveld, 1979 por Etter, 1991, citado por Villa, A. 2003)



El paisaje / ecosistemas, tiene dos grandes características en su formación: se llaman el *fenosistema* y el *criptosistema* (González, B., 1981) (Figura 5).

El *fenosistema* agrupa todos los patrones visibles del paisaje (geoforma, cobertura

Estos dos conceptos son fundamentales, ya que el análisis de un paisaje se inicia identificando y delimitando sus unidades a partir de las características externas visibles, es decir el *fenosistema*.

Las unidades del paisaje se componen de dos partes: la

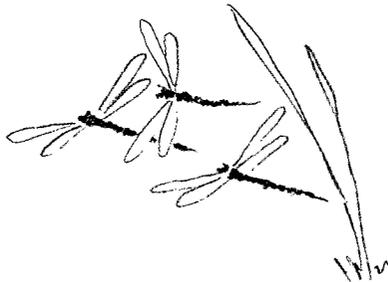
vegetal y uso de la tierra); el *criptosistema* se refiere a las características y procesos del paisaje que no son visibles (v. gr. ciclos de nutrientes, régimen hidrológico, erosión, sedimentación, entre otros).

geoforma y *la cobertura*. La primera, se refiere a la forma de la superficie terrestre, es decir el relieve, la longitud e inclinación de la pendiente y el tipo y densidad de los valles por donde drena el agua. La cobertura hace referencia al recubrimiento de la superficie terrestre, tanto natural como cultural: fisonomía y composición de la cobertura vegetal (formas de vida dominantes, sus maneras de asociación y estratificación); cobertura animal para el caso de los corales en los paisajes marinos; coberturas culturales (cultivos, edificaciones, infraestructura, otras) y coberturas naturales no bióticas (hielo, agua, rocas, suelos desnudos, otras). Figura 9.

Componentes del paisaje



Para conocer el paisaje integralmente es necesario aproximarse a él en función de tres aspectos: *la estructura, el funcionamiento y la temporalidad.*



- ▶ La Estructura estudia las relaciones espaciales y las configuraciones de los ecosistemas de acuerdo con la composición y distribución de energía, materia y especies. En otras palabras, es la arquitectura del paisaje (ver Tabla 2).
- ▶ El Funcionamiento estudia las interacciones entre los factores formadores del paisaje y los elementos del paisaje, las intensidades y direcciones de los flujos de energía, materia y especies (ver Tablas 3 a 5).
- ▶ El Cambio o Temporalidad estudia los patrones de cambio en las dinámicas del paisaje a través del tiempo, es decir, cómo se comportan la estructura y el funcionamiento en el tiempo. (ver Tabla 7).

Figura 9

Relación fenosistema (cobertura y geoforma) y el criptosistema (factores formadores del paisaje / ecosistemas) (Adaptado de Etter, 1991)

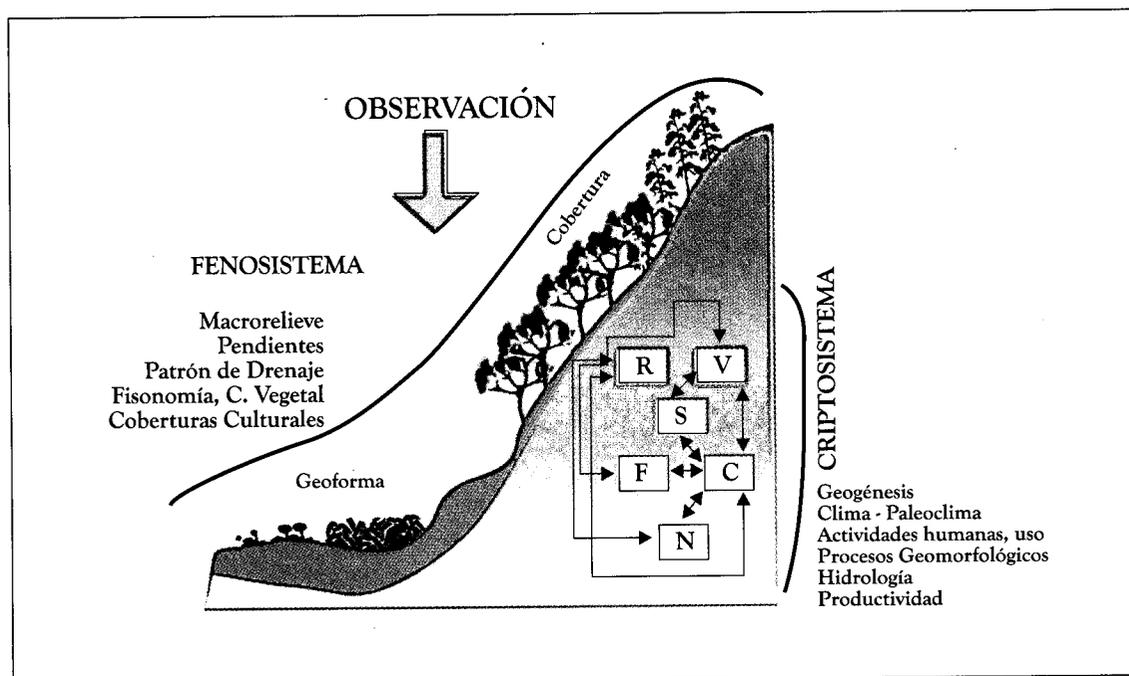


Tabla 2

Patrones estructurales básicos del paisaje (adaptado de Etter, 1991)

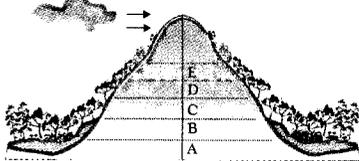
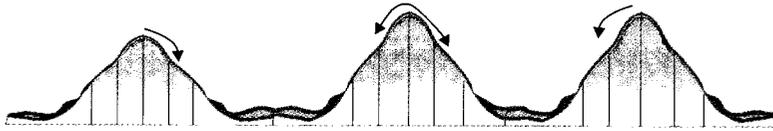
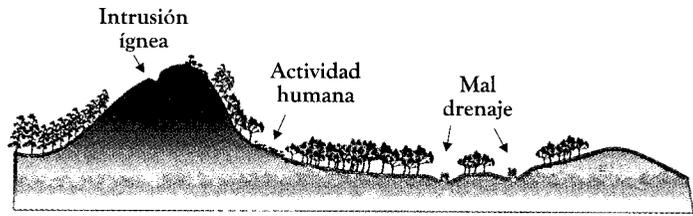
Patrón Estructural	Descripción
<p>Patrón Estructural Equipotencial (La posición de la tierra)</p>	<p>Determinada por la posición geo-astronómica y/o altitudinal del planeta (variaciones latitudinales y altitudinales).</p> <p>La Posición de las regiones en los diferentes puntos del globo y la altura del relieve establecen las condiciones climáticas y determinan las características de zonalidad.</p>
<p style="text-align: center;">Zonación Altitudinal</p> 	<p style="text-align: center;">Zonación Latitudinal</p> 
<p>Patrón estructural vectorial (La Gravedad)</p>	<p>Está determinado por la dirección de las corrientes de materia y energía, e influido por la fuerza de gravedad que condiciona movimientos de intercambio.</p>
	
<p>Patrón estructural Celular (El Suelo)</p>	<p>Interrupciones o discontinuidades en las características generales del paisaje, principalmente en el sustrato. Los cambios en litología (rocas), topografía y el suelo son ocasionados por condiciones naturales o intervención humana.</p>
	

Tabla 3

Clasificación de los Procesos Ecológicos (adaptado de Etter, 1991)

Proceso Ecológico	Descripción
Climáticos	Se presentan en niveles jerárquicos superiores. Hacen parte de los fenómenos globales que determinan la estructura y funcionamiento del paisaje. Determina el grado de alteración en las rocas, disección de geoformas, tipo de actividades de la vegetación, los animales y el hombre. Variables: precipitación, temperatura, brillo solar, evaporación, humedad, vientos, entre otras
Geológicos	Procesos de naturaleza endógena (internos de la tierra). Actúan desde los niveles jerárquicos superiores determinando las condiciones generales del relieve, materiales parentales (rocas). Interactúan con los procesos climáticos determinando variaciones que se manifiestan en el tipo de relieve y el grado de transformación de los materiales. Tipos: volcanismo, sismicidad, diagénesis, el metamorfismo, acreción, subducción y diapirismo de lodos.
Geomorfológicos	Están condicionados por procesos climáticos y geológicos. Responsables del modelado superficial de la corteza terrestre y de la velocidad con que esta se transforma. Sus manifestaciones se pueden observar en diferentes escalas espaciales: regional (macrorrelieve), local (mesorrelieve) y lo puntual (microrrelieve). Ej. Meteorización, erosión, sedimentación, remoción en masa.
Hidrológicos	Están relacionados con los procesos geomorfológicos. Dependen de los materiales y relieves generados por los procesos endógenos y climáticos. Se representan en las características de almacenamiento y naturaleza de las aguas superficiales y subterráneas. Ej. Disolución, suspensión, condición de drenaje, capacidad y recarga de acuíferos.
Pedológicos	Determinados por las procesos climáticos, geológicos e hidrológicos. Son procesos locales, actúan condicionados por procesos de mayor jerarquía y en espacios y lapsos de tiempo relativamente menores. Estos procesos están representados en fenómenos como la adición, traslocación, transformación y pérdida de materiales en el suelo; se conocen con nombres como lixiviación, podsolización, ferralitización, salinización, gleización y otros.
Oceanográficos	Procesos marinos relacionados con la dinámica de las aguas oceánicas influenciada por el régimen climático, especialmente el comportamiento del viento que juega un papel primordial en la formación de las corrientes y el oleaje. Aspectos como la temperatura y salinidad del agua determinan también esta dinámica.
Bióticos	Procesos de origen animal y vegetal. Están condicionados por procesos climáticos, geológicos y geomorfológicos; operan en escalas espaciales y temporales menores pero pueden influir en el desarrollo o velocidad de procesos de mayor escala espacial y temporal (p.e geomorfológicos). En estos procesos están la actividad de las plantas y animales como agentes transformadores del paisaje y se manifiestan a través de la cobertura como indicador visible. Ej. Producción y acumulación de biomasa, alimentación, nidación, reproducción y migración.
Culturales	Son los mayores modificadores de la estructura y funcionamiento del paisaje. Están determinados por las actividades humanas y condicionados por las características climáticas, geológicas y geomorfológicas de una región. La intensidad y velocidad de los cambios producidos son significativamente mayores, hasta el punto de acelerar o retardar la acción de los procesos naturales. Ejemplos: fertilización, mecanización, quemas, deforestación, forestación, mercadeo, construcción y cultivos, entre otras.

Tabla 4

Relaciones de los proceso ecológicos con el paisaje (Adaptado de Etter, 1991, Zonneveld, 1989, Villa, 2003)

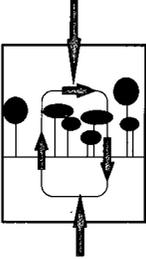
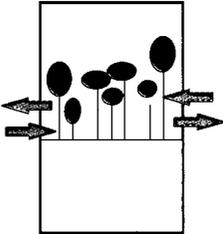
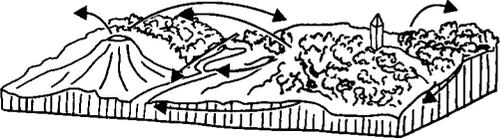
Relaciones	Descripción
<p>Relaciones Topológicas (Heterogeneidad vertical)</p>	<p>Los procesos ecológicos que se dan dentro de una unidad del paisaje (reciclaje de nutrientes, acumulación de biomasa, algunos procesos de evolución de suelos, otros), generan relaciones entre los factores formadores.</p>
	
<p>Relaciones Corológicas (Heterogeneidad Horizontal)</p>	<p>Los procesos ecológicos que se dan entre unidades del paisaje (erosión, sedimentación, locomoción, otros). Estas relaciones son responsables, en gran medida, de la transformación de los paisajes ya que se relacionan con la exportación de materia y flujos de energía entre los ecosistemas.</p>
	

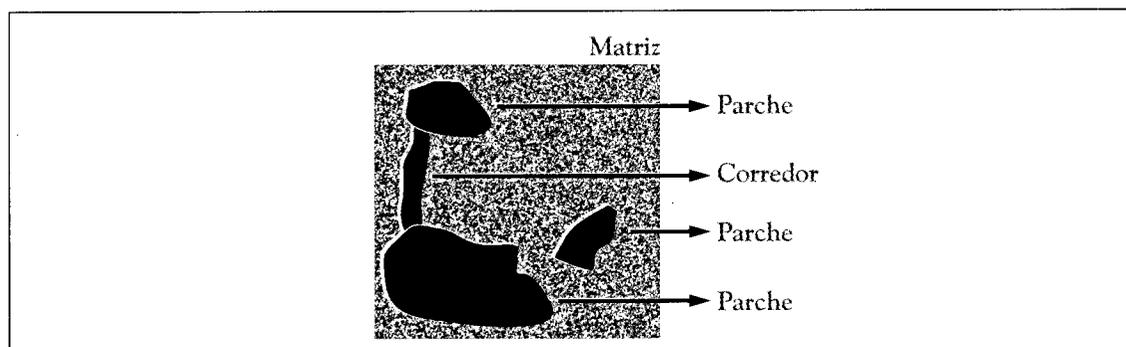
Tabla 5

Elementos estructurales-funcionales del paisaje (adaptado de Etter, 1991)

Elemento	Descripción
Matriz	Es el elemento más extenso e interconectado de un paisaje y la unidad dominante en su funcionamiento. Ejerce el mayor grado de control sobre la dinámica del paisaje. Figura 10
Parches	Son superficies irregulares de tamaño variable, diferentes de lo que los rodea e internamente mantienen un grado de homogeneidad. Están inmersos en una matriz de características contrastantes en su fisonomía y composición. Sus propiedades dependen del tamaño, forma y patrón de heterogeneidad. Tipos de parches: perturbación, remanente, recursos ambientales, parches introducidos. Figura 10
Corredores	Son franjas o bandas angostas y alargadas, de forma y dirección variables que atraviesan una matriz, y tienen condiciones fisonómicas y de composición bien diferentes de ella. Unen o separan elementos dentro de una matriz geográfica. Los corredores naturales están relacionados con redes de drenaje, vías de migración animal o con condiciones particulares del suelo por diferencias litológicas (fallas o contactos) o hidrológicas. Los corredores culturales se reconocen por características relacionadas con infraestructura y actividades de transporte, límites de propiedad. Figura 10

Figura 10

Esquema de los elementos estructural-funcionales del paisaje



El paisaje y la actividad humana

Los humanos se articulan espacial y funcionalmente a la base biofísica de los ecosistemas mediante los recursos que utiliza y el mundo simbólico que crea alrededor de estos. Los efectos de las actividades humanas sobre el paisaje dependen de la tecnología, las for-



mas de uso, la densidad poblacional y la estructura social (sistemas de producción, extracción y asentamiento)³ (Etter, 1991).

Desde el enfoque de la ecología del paisaje, se reconoce a las actividades desarrolladas por el hombre como uno de los factores relevantes en la forma-

³ En la actualidad, al interior de la Unidad de Parques se está usando el concepto de “sistemas de alteridad”, aproximadamente equivalentes a los sistemas de producción, ver (Camargo, 2004).

ción de los paisajes culturales. De acuerdo con ello existen cinco tipos de paisajes relacionados con el tipo, grado e intensidad de la actividad humana en una porción del espacio geográfico (Forman y Gordon, 1986). Estos paisajes son: naturales o silvestres, manejados, cultivados o agroecosistemas, suburbanos y urbanos (ver Tabla 6).

La caracterización y cartografía de la cobertura vegetal actual en cualquier espacio, requiere tener en cuenta las actividades de origen hu-

mano directamente ligadas con el concepto de uso del paisaje, que es un atributo o factor formador de la cobertura vegetal. En la Figura 11 se observa la relación que existe entre los tipos de paisajes / ecosistemas y el grado



de intervención humana en la naturaleza.

La posibilidad de integrar de manera adecuada la información socio - económica en el análisis de uso del paisaje en áreas rurales, requiere de una base especial que facilite delimitar y caracterizar los agroecosistemas, los sistemas de producción y los sistemas de extracción. Para este fin resulta imprescindible un análisis espacio - temporal de unidades de paisaje con énfasis en la cobertura vegetal (natural y antropogénica) ya que es a través de este aspecto que se materializan las formas de uso.

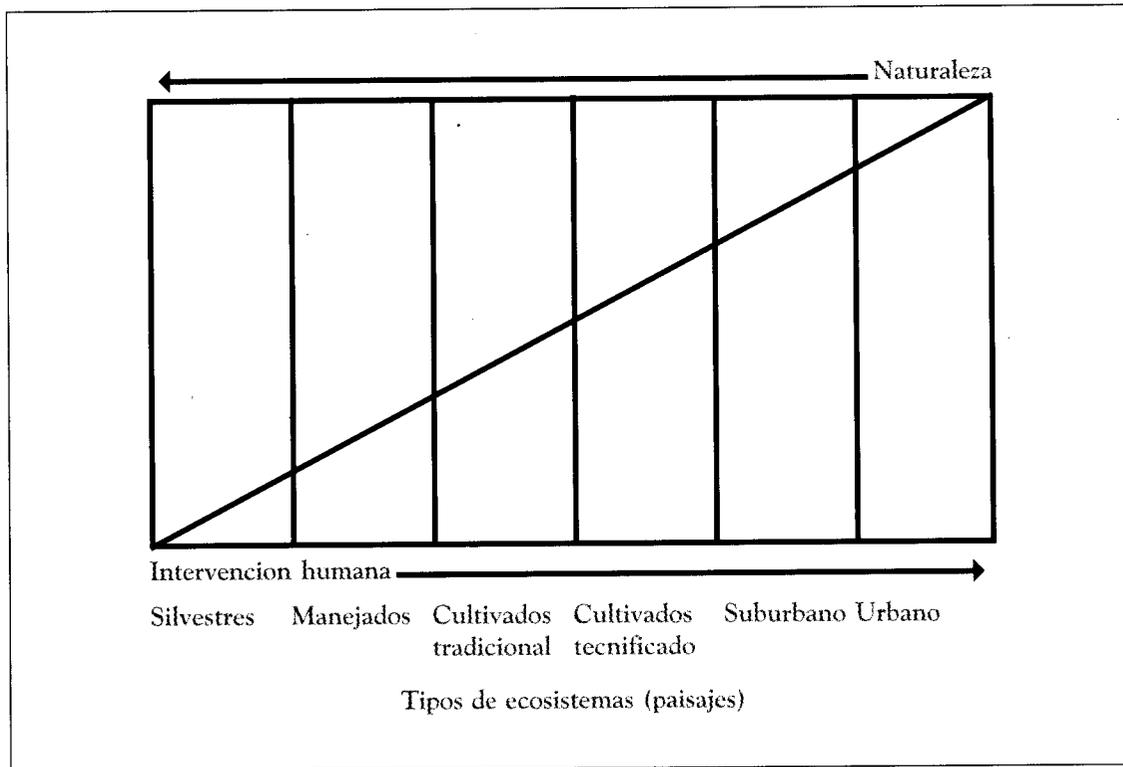
Tabla 6

Tipos de paisajes con relación a la actividad humana (adaptado de Etter, 1991)

Tipos de paisaje	Descripción
Naturales o silvestres	Relacionados con sistemas de conservación o de no intervención humana. No están presentes los procesos culturales o su actividad no es ecológicamente significativa. La matriz es altamente interconectada, rodea una serie de elementos en forma de parches y corredores pero en baja densidad. La mayoría de los corredores son drenajes, poseen altos niveles de biomasa, una productividad neta baja y la diversidad biológica está en su máxima expresión.
Manejados	Relacionados con sistemas extractivos extensivos, en los que se afecta la composición pero no el funcionamiento básico del ecosistema silvestre. La matriz se mantiene como elemento muy extenso pero menos interconectado que en el anterior; disminuye la biodiversidad de la matriz porque dominan especies aprovechables por la selección que los humanos realizan de ella. Aparecen corredores lineales de sistemas de comunicación (vías de extracción, caminos) y se incrementan el número de parches.
Cultivados o agroecosistemas	Dominan los paisajes con sistemas de producción agrícola, pecuaria, plantaciones forestales o mixtas; predominan las actividades agropecuarias y el reemplazo de las especies nativas; se presentan en mosaico con aglomeraciones de viviendas y parches de paisajes manejados. Dominan elementos de tipo parche y corredor, la matriz original disminuye hasta reducirse a parches aislados. La complejidad del sistema de corredores se incrementa por la proliferación de vías de comunicación, canales, cercas vivas y otros. Disminuye la cantidad de parches de perturbación y se incrementan los parches introducidos (cultivados), la producción neta tiende a maximizarse junto con la cantidad de entradas al sistema como fertilizantes; en consecuencia la biodiversidad disminuye en forma notoria y hay un incremento en la pérdida de nutrientes.
Suburbanos	Sistemas de asentamiento, de producción agrícola, pecuarios y mixtos. Se presenta un mosaico de parches heterogéneos de conjuntos residenciales, cultivos, vegetación seminatural manejada y vegetación natural. Se desarrollan alrededor y en conexión con centros urbanos; se incrementan los corredores lineales y la complejidad de las redes de corredores. Se minimiza el área de la matriz y su conectividad, y la parcelación del paisaje llega a su máximo.
Urbanos	Sistemas de asentamiento de alta concentración de población y servicios. La matriz es de construcciones urbanas con algunos parches dispersos de vegetación manejada. Dominan los corredores lineales formados por las calles y los parches formados por agrupaciones de edificaciones y parques.

Figura 11

Relación entre los tipos de paisaje-ecosistemas y el grado de intervención humana
(adaptado de Villa, A. 2003)



El cambio del paisaje en el tiempo

Un paisaje es un sistema con equilibrio dinámico cuya estabilidad depende de su resistencia o capacidad de contrarrestar los efectos de inestabilidad (*capacidad homeostática*), y de la capacidad para volver al equilibrio una vez que ha sido perturbado (*resiliencia*).

El cambio del paisaje se refiere a la variación que sufre su estructura, composición y

funcionamiento en un lapso de tiempo determinado; está directamente relacionado con el cambio de estado de una o más de sus variables, y

se pueden diferenciar básicamente dos tipos de cambio en función de su repercusión sobre el sistema: *cíclicos* y *unidireccionales* (ver Tabla 7).

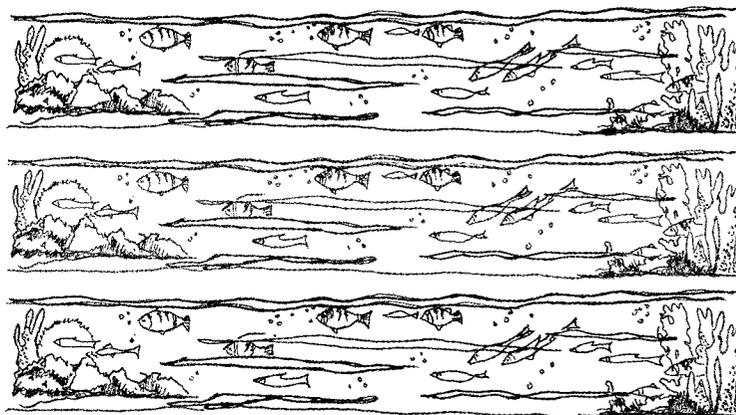


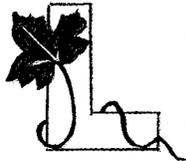
Tabla 7

Tipos de cambio en el paisaje (adaptado de Etter, 1991)

Tipo de cambio	Descripción
Cambios cíclicos	Cambios en los que el sistema es alterado y vuelve a un estado igual o muy similar en virtud de fenómenos naturales. Dependiendo de su duración pueden ser en ciclos estacionales, anuales, multianuales o milenarios.
Cambios unidireccionales	El sistema alcanza niveles progresivos de estabilidad que no implican volver al estado original, a menos que ocurran perturbaciones en el sistema. De acuerdo con su duración pueden ser cambios sucesionales de hasta cientos de años (sucesiones vegetales, primarias o secundarias, sucesiones de uso de la tierra) y cambios evolutivos de miles a millones de años (evolución de la biota, geomorfológica del paisaje).



Indicadores ecológicos del paisaje



Los indicadores ecológicos son aquellos que se ven en un paisaje y con los que están altamente relacionados y que determinan el estado del paisaje. Los indicadores ecológicos son aquellos que permiten deducir o detectar los procesos que no se ven, con los que están altamente relacionados y que determinan el estado del paisaje.

Tabla 8

Descripción general de los indicadores pasivos y activos del paisaje (adaptado de Etter, 1991)

Tipo de indicador	Descripción
Indicadores Pasivos	<p>Geoformas y aspectos físicos del paisaje que permiten deducir procesos como:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Litológicos (rocas): densidad del drenaje y la rigidez del modelado del paisaje. ▶ Morfodinámica actual de procesos: erosión, sedimentación y remoción en masa mediante identificación de formas de relieve (cárcavas, surcos, nichos de desprendimiento, acumulaciones de masas de tierra con formas específicas). ▶ Condiciones hidrológicas o de permeabilidad, a través de la interpretación de tonos, texturas y localización relativa de objetos del paisaje en imágenes de fotografía aérea.
Indicadores Activos o bioindicadores	<p>Relacionados con organismos vivos de los que se deducen características ambientales que determinan la supervivencia. La cobertura vegetal es el principal bioindicador, y es la base sobre la que se estudian los atributos de los individuos, comunidades, grupos fitosociológicos y otros. La fauna es una indicadora muy sensible de las condiciones ambientales.</p>

Análisis del contexto paisajístico

Desde una mirada más ecológica, asociada a las figuras de ordenamiento, las áreas protegidas funcionan a partir de las relaciones y procesos entre el área y su entorno; por ejemplo, dinámicas naturales como la emigración e inmigración de poblaciones naturales y el intercambio de energía y materia, se suceden más allá de los límites de las áreas pro-

tegidas (Chávez, 2002). En escalas mayores, variables sociales, económicas e incluso político-administrativas



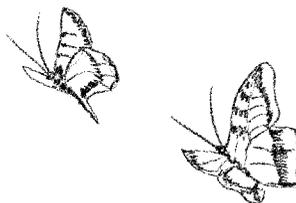
pueden afectar las dinámicas de los ecosistemas y la viabilidad de las áreas protegidas para mantener sus valores

objeto de conservación. Para establecer los límites de un área protegida debe analizarse el contexto en el que se encuentra, porque de ello depende su funcionalidad y los procesos ecológicos. En este aspecto el contexto paisajístico debe contemplar la disponibilidad de hábitat y recursos para la supervivencia de los valores objeto de conservación en el largo plazo (Poiani & Richter, 2000).

La delimitación y caracterización de las unidades de paisaje a partir del estudio de la geoforma y las coberturas, conlleva a la identificación y descripción iniciales de los elementos de conectividad y fragmentación que contribuyan al análisis del contexto paisajístico de los valores objeto de conservación.

A partir de esta línea base, es posible analizar la presencia de corredores y áreas con las condiciones ecológicas necesarias para el intercambio y flujo de los procesos ecológicos que mantengan la integridad del sistema. Algunos trabajos adelantados a nivel nacional dan fe de la importancia que estos criterios están tomando para la

evaluación de las áreas protegidas existentes y la creación de nuevas áreas (Fandiño-Lozano, 1996; Franco et al; Van Wyngaarden & M. Fandiño - Lozano, 2002). Un análisis de contexto paisajístico se sustenta en el uso



de los criterios que a continuación se describen.

Representatividad

La representatividad responde a interrogantes sobre el rango o variación de ecosistemas, distritos biogeográficos,

paisajes u otros sistemas ecológicos contemplados en un área o territorio mayor determinado y aclara dudas sobre la extensión de cada ecosistema y la presencia de hábitat adecuados para asegurar la sobrevivencia de los valores objeto de conservación (Junta de Andalucía, 2002; Matallana et al., 2002; Restrepo, 2003).

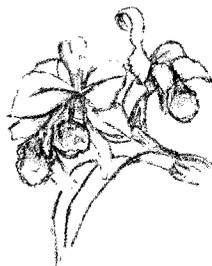
Sin embargo, el término representatividad puede confundirse con el concepto de representación. Representación es la contribución que cada componente biológico o ecológico hace a la conformación de un sistema ecológico completo, espacio protegido o figura de ordenamiento. Para entender mejor el térmi-

no, pensemos en el porcentaje de los ecosistemas del país que corresponde a bosque seco tropical o a páramo.

Por otra parte, la representatividad define cuánto de ese bosque seco tropical representado en el país, está actualmente incluido en áreas protegidas. Siempre en la valoración se requiere establecer la escala comparativa de referencia (p.ej. nivel nacional, regional o local).

La UICN y la WWF establecieron que la meta mundial de representatividad de biomas en áreas protegidas para el año 2000 debía tender al 10%, cifra que a la fecha ha sido superada, alcanzando un 11,5% a nivel mundial. Sin embargo, este

criterio debe ser visto no solamente a la luz de la contribución de ecosistemas dentro de áreas protegidas, sino en combinación con otros criterios que permitan estimar la viabilidad ecológica de dichos ecosistemas.



La representatividad puede ser vista de dos maneras: 1. la representatividad topológica es la proporción de un ecosistema o comunidad destinada a ser protegida como un todo para mantener la organización de ele-

mentos y relaciones. Como insumos importantes para este análisis, que han sido utilizados en la formulación de los planes básicos de manejo, están el mapa de ecosistemas de Andrés Etter (Instituto Humboldt, 2003) y el de participación nacional de biomas y ecosistemas desarrollado por Germán Corzo en la Unidad de Parques Nacionales Naturales (Corzo, 2004).

La representatividad corológica, por su parte, es una medida de la extensión de patrones corológicos formados por una combinación específica de ecosistemas / comunidades representados en un sistema de áreas protegidas. Ejemplos de este tipo de

representatividad se calcula- ron en el SFF Iguaque y PNN Nevados (Fandiño-Lozano, 1996; Van Wyngaarden & M. Fandiño - Lozano, 2002).

La conectividad del paisaje

La conectividad es una cualidad del paisaje que indica cómo responden los procesos o flujos ecológicos

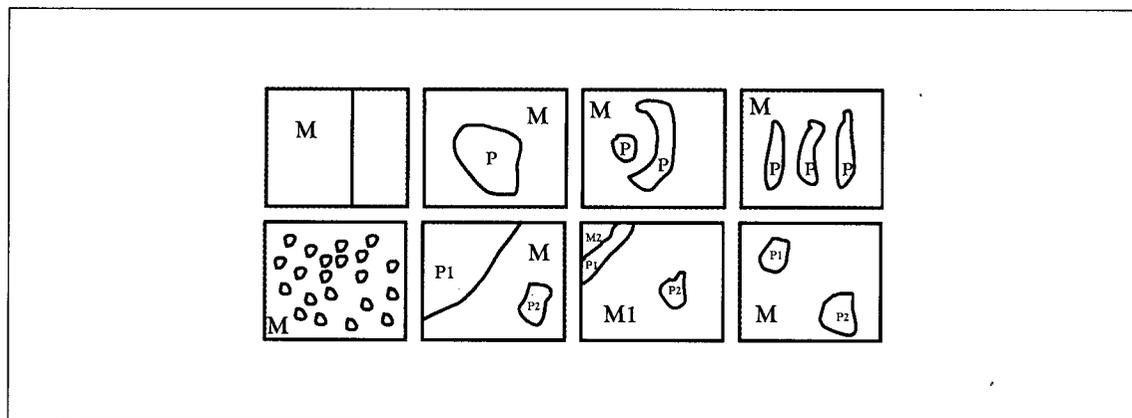
de materiales (p.ej. movi- mientos migratorios, disper- sión de semillas, propágulos o esporas, polinización, flu- jos de nutrientes) e indivi- duos entre ecosistemas, co- munitades, especies o po- blaciones (ver Figura 12).

Este concepto integra las nociones de corredor y ba- rrrera, y depende de los as- pectos físicos (i.e. viento,

corrientes de agua) o es- tructurales del paisaje. En el caso de las especies y pobla- ciones considera su tamaño, comportamiento y movi- mientos diarios o estaciona- les, los movimientos de disper- sión juvenil, las migra- ciones o los movimientos para escapar de perturba- ciones (Chávez, 2002; Jun- ta de Andalucía, 2002).

Figura 12

Porosidad y conectividad de las matrices (tomado de Etter, 1991)



La conectividad se establece a partir de corredores en cualquier tipo de espacio, lineal o no, cuyo objetivo es mantener la continuidad del paisaje y minimizar o eliminar los efectos negativos a su estructura por fragmentación. Una característica clave de los corredores ecológicos es que la intensidad de los flujos de materia y energía es mayor que en el resto del territorio. Los corredores resultan del funcionamiento natural

del paisaje (p.ej. corrientes de agua), o por la influencia humana (p.ej. corredores de conservación) (Junta de Andalucía, 2002).

Los corredores ecológicos se entienden de diferentes maneras (ver Figura 13): como un elemento del paisaje lineal o alargado, muy distinto de las unidades vecinas (concepto estructural); como una ruta preferente de dispersión o migración en la que una especie encuentra protección para realizar sus desplaza-

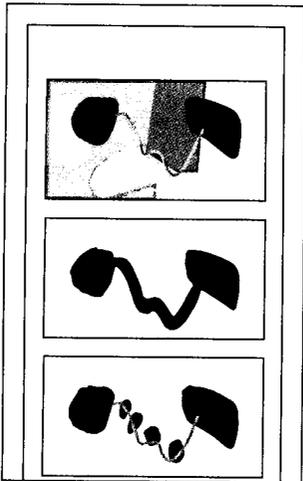
mientos (concepto funcional); como una unidad que desempeña una función de hábitat para especies, o como espacios naturales con algún tipo de protección legal, por su valor o por su función conectiva, y definidos para evitar el aislamiento de los espacios naturales protegidos (concepto legal o de gestión) (Junta de Andalucía, 2002). En la Tabla 9, se presenta una relación de los tipos de corredores de acuerdo con su origen y estructura.



Tabla 9

Tipos de corredores ecológicos (Junta de Andalucía, 2002)

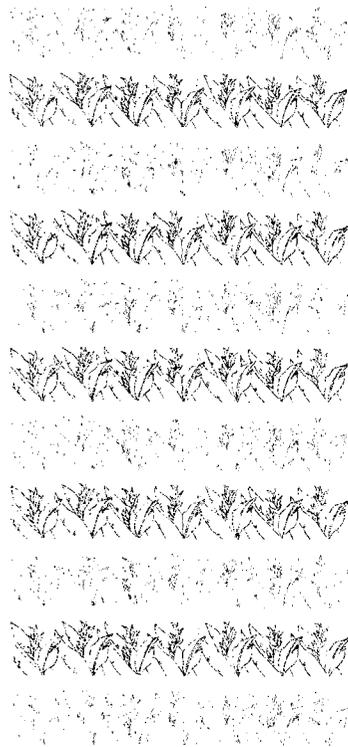
Tipos de corredor	Descripción
Corredor de ribera	Son sistemas de refugio para distintas especies, en los que se puede asegurar la conservación de ecosistemas acuáticos y la conectividad fluvial. Su estructura y funcionamiento pueden ser distintos en diferentes tramos del río, o en distintos tipos de río, de acuerdo con las propiedades de alta fluctuación o distribución localizada, superficie reducida e importancia para los flujos de los ecosistemas acuáticos.
Corredores lineales	Dependen de las relaciones espaciales entre coberturas vecinas, en las que su función amortiguadora suaviza la tensión que hay entre los lados de la frontera. Algunos elementos lineales pueden ser flujos eólicos, lineales de vegetación, tapias de piedra, vías pecuarias, o tipos de cobertura como la vegetación natural y cultivada.
Corredor amplio	Son paisajes bien conservados, de buen tamaño. Las relaciones múltiples espaciales de un paisaje pueden favorecer a las especies que utilizan más de un hábitat.
Puntos de paso o corredores discontinuos	Son series de fragmentos de hábitat con poca distancia entre ellos, que se encuentran dispuestos de forma que muchas especies puedan realizar movimientos cortos entre los fragmentos y desplazarse a través de la matriz. Algunos puntos de paso pueden ser acuáticos (p.ej. lagunas, charcas), o forestales (p.ej. bosques pequeños, árboles aislados, y manchas dispersas de matorral).



La conectividad puede calcularse a partir de la proporción total de ríos en un territorio, por tipos o categorías de ríos y riberas o corredores forestales, o distinguiendo entre los tramos incluidos en la red que atraviesan algún espacio protegido y zonas no protegidas. Por su parte, los puntos de paso pueden evaluarse a través del desarrollo de modelos de rutas de migración o dispersión de especies, basándose en información previa sobre los requerimientos de hábitat de ciertas especies focales, seleccionadas por su importancia o representatividad (Junta de Andalucía, 2002).

En ambientes acuáticos,

(i.e. ríos, caños), la conectividad solo se da generalmente aguas abajo, a menos que las especies tengan la habilidad de nadar contra la corriente. Por ejemplo, en el primer caso hay flujo constante de nutrientes en la co-



riente de agua entrante a un lago; en el segundo caso, un río actúa como corredor para el salmón cuando se desplaza aguas arriba para desovar.

Por otra parte, los ecosistemas marinos son concebidos como enormes espacios conectados, donde las especies pueden moverse y dispersarse libremente, gracias a la presencia de corrientes marinas. En estos sistemas la prioridad de gestión debe centrarse en el control de actividades de explotación de poblaciones en el área de distribución, y en la conservación de puntos críticos de paso (p.ej. zonas de alimentación de ballenas; zonas de reproducción de tortugas) (Vreugdenhi, 2003).

La fragmentación del paisaje

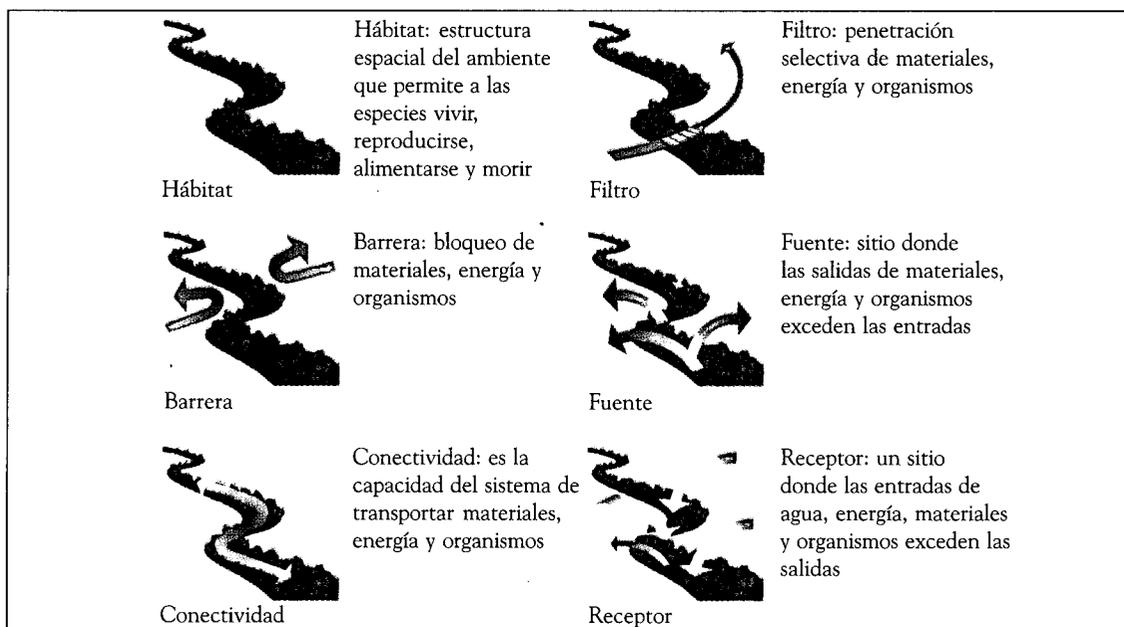
La fragmentación y la conectividad son conceptos opuestos en el contexto de la ecología del paisaje, pero hacen parte integral de las relaciones que hay entre

corredores y barreras. Las barreras pueden ser naturales, originadas en el funcionamiento y estructura natural del paisaje (p.ej. alineaciones montañosas, grandes ríos), o por la influencia humana (e.g actividades agro-

pecuarias intensiva, vías de transporte). En este último caso, las barreras producen la interrupción de los flujos ecológicos por la ruptura de la continuidad del hábitat, dando lugar a la fragmentación del paisaje.

Figura 13

Funciones de los corredores (adaptado de Villa, A. 2003)



La fragmentación ha sido definida por Forman (citado en Junta de Andalucía, 2002), como un proceso dinámico en el cual un hábitat queda reducido a fragmentos o islas pequeñas, más o menos conectadas entre sí, dentro de una matriz de hábitat diferentes al original. Algunos de los efectos producidos tanto en el paisaje como en las especies asociadas a éste se explican en la Tabla 10 (Junta de Andalucía, 2002; Restrepo, 2003):

La fragmentación opera en diferentes escalas para distintas especies y distintos hábitat: un paisaje fragmentado para una especie puede no serlo para otra con más capacidad de dispersión o re-

querimientos de hábitat menos exigentes (Junta de Andalucía, 2002). Por ejemplo, para aves como el cóndor de los Andes, la fragmentación del bosque andino no representa barreras tan drásticas, como puede representarlo



para algunas ranas endémicas de este ecosistema. Sin embargo, la funcionalidad de cada fragmento dependerá de las características y grado de conectividad con el paisaje que lo rodea, así como del tamaño y forma. Al respec-

to, algunos autores han anotado que sistemas naturales con menos del 60% de hábitat natural presentan problemas en su funcionalidad (Junta de Andalucía, 2002).

La fragmentación se puede medir a partir del número de fragmentos, su tamaño y la distancia entre ellos; sin embargo la fragmentación no es la misma en niveles de organización biológica inferiores, como por ejemplo especies pequeñas y sus hábitat. Regresando al ejemplo del cóndor de los Andes, la fragmentación del bosque andino no representa barreras tan drásticas, como si puede representarlo para la rana endémica de este ecosistema.

Tabla 10

Efectos de la fragmentación en paisajes y especies

Efectos de la fragmentación sobre el paisaje	Efectos de la fragmentación sobre las poblaciones de vida silvestre
Disminución de la superficie del hábitat y / o pérdida de hábitat específicos. Los procesos de fragmentación involucran la pérdida de las cubiertas naturales por usos antrópicos del territorio (p.ej. urbanísticos, industriales, infraestructura, agricultura).	Cuando disminuye la disponibilidad de superficie del hábitat, se produce una pérdida en el tamaño de las poblaciones que lo ocupan.
Reducción del tamaño de los fragmentos por la división en trazos de menor tamaño de superficies más o menos amplias. A medida que aumenta la pérdida de superficie del hábitat, disminuye la conectividad y se hace más intenso el efecto borde.	La reducción de los fragmentos produce un aumento en la relación área – perímetro, lo que a su vez aumenta la permeabilidad de los fragmentos a los efectos de los hábitat periféricos (p.ej. inmigración de especies exóticas)
Aislamiento de los fragmentos en el paisaje provocado por la destrucción de superficies naturales y el aumento de la distancia entre los trozos de hábitat natural.	El aislamiento de los fragmentos y el consecuente aumento de la distancia entre ellos, dificulta el intercambio de individuos y la progresiva desaparición de las especies acantonadas en los fragmentos. Este fenómeno permite que sólo las especies más resistentes o generalistas logren mantenerse, mientras las más sensibles quedan relegadas a los fragmentos de mayor tamaño.



Heterogeneidad y dinámica

La heterogeneidad del paisaje está relacionada con la conservación de los procesos ecológicos que se desarrollan en su interior, y especialmente con la distribución de la biodiversidad. Esto equivale a la riqueza de usos de suelo y tipos de vegetación que coexisten en una unidad de paisaje, y a su grado de complejidad.

En general, la diversidad de especies es mayor en los paisajes más heterogéneos, porque la coexistencia entre diferentes usos del territorio por especies, supone una mayor riqueza y complejidad de ecosistemas y permite la coexistencia de grupos que

explotan nichos diferentes. En consecuencia hay una mayor diversidad global (Junta de Andalucía, 2002).

Para entender la heterogeneidad y dinámica de los ecosistemas hay que reconocer que estos son sistemas abiertos, poco estables y mantienen comunidades que también son dinámicas, con intercambio permanente de materia y energía e influenciadas por alteraciones externas que afectan su estructura y funcionamiento (Chávez, 2002).

La heterogeneidad, visible en el tiempo y el espacio, se expresa en una mayor diversidad de tipos de hábitat y oferta ambiental para la vida silvestre. Esto tiene que ver

con procesos ecológicos (i.e. tasas de colonización y extinción) e intensidad y persistencia de las perturbaciones que los afectan (Chávez, 2002; Kay, 1993). Pero la heterogeneidad del paisaje no es inmune a la fragmentación; un paisaje muy heterogéneo y equitativamente distribuido pero altamente fragmentado, necesariamente ve disminuida la riqueza de especies.

Consideraciones espaciales para el diseño de áreas protegidas

Varias de las estrategias de conservación *in situ* conocidas, concluyen que es necesario proteger espacios sufi-

cientemente extensos para mantener la diversidad de especies, genes y características de los sistemas naturales (Poiani & Richter, 2000; TNC, 2000). Sin embargo, la delimitación de áreas para la conservación generalmente no puede incluir todos los ecosistemas o paisajes que se desearían proteger. En este sentido, la configuración espacial del área protegida dada por la designación de sus límites debe ser evaluada juiciosamente, ya que ésta determina la probabilidad de que el área se vea afectada en mayor o menor grado por el efecto borde. El efecto borde se define como el resultado de la interacción entre dos ecosistemas

cuando sus fronteras son muy abruptas. Algunos de los impactos producidos por el efecto borde (Chávez, 2002; Junta de Andalucía, 2002), son:



- ▶ **Efectos físicos.** Cambios en las condiciones ambientales al interior del área por modificaciones en el microclima, variaciones de la insolación y efectos del viento, lluvias o heladas, entre otros.
- ▶ **Efectos biológicos directos.** Cambios en los componentes biológicos de los sistemas naturales, de manera que, si bien algunas pueden verse afectadas negativamente, otras pueden verse favorecidas dando lugar a especies características de zonas de transición.
- ▶ **Efectos biológicos indirectos.** Cambios en la composición y estructura del área y la dinámica de las interacciones entre especies en las proximidades del borde. Por ejemplo, más biomasa producto de la incidencia de la luz, atrae herbívoros e insectos y aumenta el número de aves nidificantes, que a su vez, atraen depredadores y parásitos.

ésta contiene (Junta de Andalucía, 2002; TNC, 2000).

Sin embargo, para especies como las migratorias que tienen grandes requerimientos de hábitat, no siempre es posible proteger todo su rango de distribución. En este sentido, la prioridad se centrará en conservar sectores que representen importancia en términos de su ciclo de vida, como por ejemplo, sitios de descanso en rutas migratorias, puntos de alimentación o reproducción, o corredores estrechos sujetos a fuertes intervenciones.

Forma

La forma del área es un indicador clave a la hora de analizar el efecto borde. Por

ejemplo, áreas de forma alargada y delgada tienen proporcionalmente mayor perímetro que aquellas que tienen formas cuadradas o redondeadas; esto significa que las áreas con un diseño cercano al circular tienen menor susceptibilidad a ser afectados por perturbaciones externas, ya que el área expuesta (perímetro) es menor que si el área tuviese otra forma. Aún así, el uso de este descriptor debe ir acompañado del análisis de los otros analizados, ya que si el área no posee un tamaño adecuado, no es garantía de que los procesos que se dan en su interior no se sigan dando.

Una manera de combinar los descriptores TAMAÑO

en términos de su *superficie* y FORMA en razón a su *perímetro* estará dado por la fórmula:

$$\text{Índice Área - Perímetro} = \sqrt{\text{área} / \text{perímetro}}$$

Así, un área redondeada, tendrá un índice equivalente al 0,316, y por tanto un menor efecto borde. Cualquier valor menor a este implicará una mayor susceptibilidad al efecto borde.

El gradiente altitudinal y características del paisaje como cuencas o límites de otras figuras de ordenamiento, pueden ayudar en la selección de límites para demarcar un área protegida; sin embargo, cuando algunos de los límites, sean

arcifinios o no, presentan numerosos pliegues durante su representación en cartografía (p.ej. cotas en terrenos muy escarpados, cursos de ríos), pueden influir negativamente en el cálculo de la relación *área* – *perímetro* y en consecuencia sobreestimar el efecto borde.

En estos casos, es conveniente tener en cuenta que el análisis de efecto borde debe considerar paralelamente el estado de los ecosistemas no solo al interior sino fuera del área protegida, ya que la continuidad de una matriz o corredores bien conservados disminuirá los efectos del cambio brusco entre los límites político-ad-

ministrativos definidos para el área.

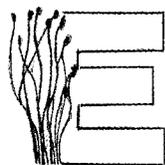
Gradiente altitudinal

El gradiente altitudinal, especialmente en áreas protegidas localizadas en zonas con relieve, juega un papel determinante en la distribución y diversidad de los ecosistemas y especies, y en los flujos corológicos y topológicos entre sistemas. En otras palabras, en un gradiente altitudinal determinado se distribuyen ecosistemas y asociaciones de fauna y/o flora que establecen tanto relaciones entre aquellas que ocupan una misma cota, como con aquellas de cotas vecinas. Un ejemplo de esto, se observa en la relación entre

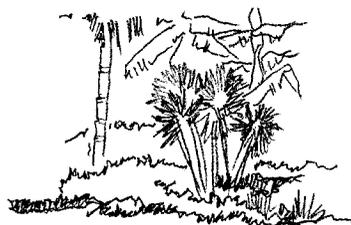
el páramo y el bosque alto andino, donde el primero actúa como principal proveedor de agua del segundo, estableciéndose así relaciones o flujos corológicos que garantizan la permanencia y funcionamiento de ecosistemas en razón de mosaicos inter-dependientes. En términos de especies de fauna, procesos como la migración no solo se establecen en rangos latitudinales sino altitudinales. El gradiente altitudinal en este sentido, debe ser considerado a la hora de definir áreas a fin de garantizar la conservación de sitios de reproducción y alimentación (p. ej. sitios de desove de bocachico, área de alimentación del cóndor).

Capítulo 2
Proceso metodológico
para la zonificación, caracterización
y evaluación ecológica del paisaje





En el capítulo anterior se mencionó que la zonificación ecológica de un área protegida permite delimitar espacial y temporalmente las unidades del paisaje o ecosistemas, y además apoya la definición de valores objeto de conservación (Figura 14) y amenazas (Figura 15), para, finalmente establecer los objetivos de conservación.



En este capítulo se presentan los siguientes aspectos: el esquema metodológico general requerido para realizar una zonificación ecológica del paisaje, ilustrando en cada paso algunos ejemplos de aplicaciones realizadas en Parques Nacionales. Posteriormente, a partir del resultado de la zonificación ecológica, se propone el esquema metodológico para analizar el

contexto paisajístico; y finalmente se presentan algunos ejemplos de análisis a nivel de paisaje que ayudan a la toma de decisiones de manejo.

Figura 14

Los valores objeto de conservación relacionados con las unidades del paisaje o ecosistemas

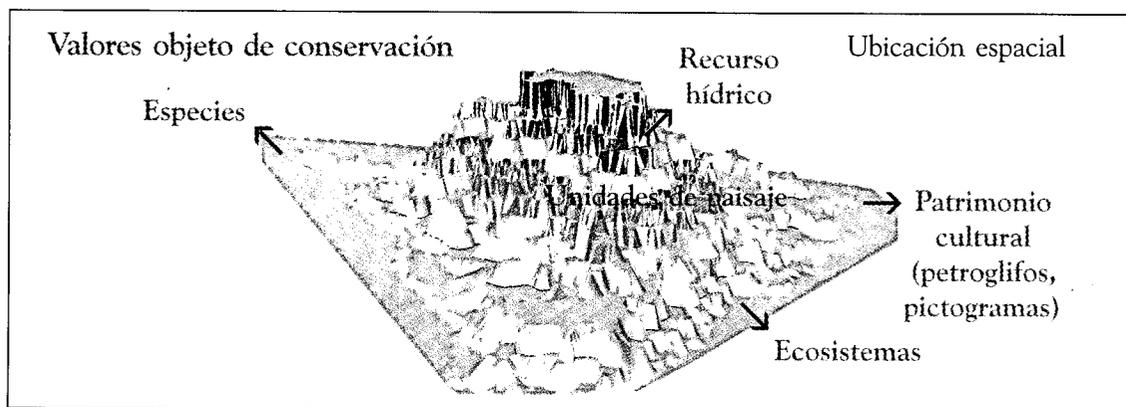
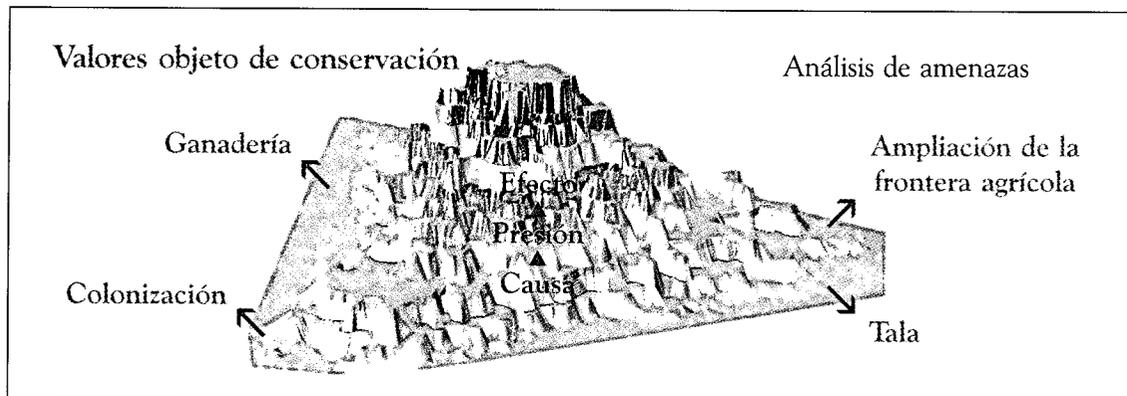
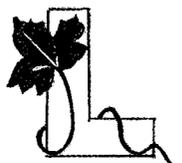


Figura 15

La espacialización de las amenazas (presiones y efectos) a nivel de las unidades del paisaje o ecosistemas



Etapa preliminar



a etapa preliminar comprende las actividades

relacionadas con la socialización y posible reformulación o realización de ajustes a la propuesta técnica hecha en el nivel local con los actores directamente implicados; también involucra la preparación del material requerido y de

apoyo a la etapa de interpretación de imágenes de sensores remotos

previa a la fase de campo. Esta etapa se realiza en oficina, labo-



ratorio, centros de documentación e instituciones.

Se elabora un modelo -con mapas y esquemas- hipotético preliminar del área, delimitando y caracterizando unidades de paisaje con base en la información disponible y el conocimiento previo de los funcionarios y otros actores sociales e institucionales involucrados en el manejo del área protegida.

Esta etapa esta conformada por los pasos o subprocesos que se presentan a continuación:

Alcance de la caracterización ecológica

Se define el objetivo y alcance de la caracterización y zonificación ecológica, es decir, paisajes / ecosistemas que se pretenden caracterizar y escala cartográfica del

análisis. La definición incluirá toda el área o solo un sector de esta, y la zona amortiguadora. Es necesario prever los recursos técnicos y financieros que se requieren, las prioridades de conocimiento que aporten al manejo, y las posibilidades de ejecución del estudio de campo, teniendo en cuenta el estado de las relaciones con los actores sociales.

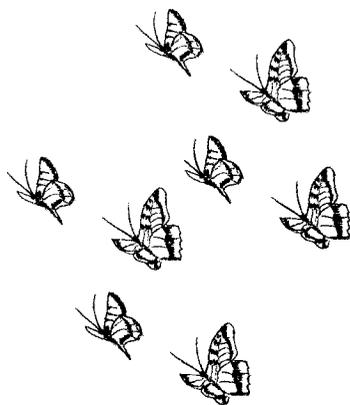
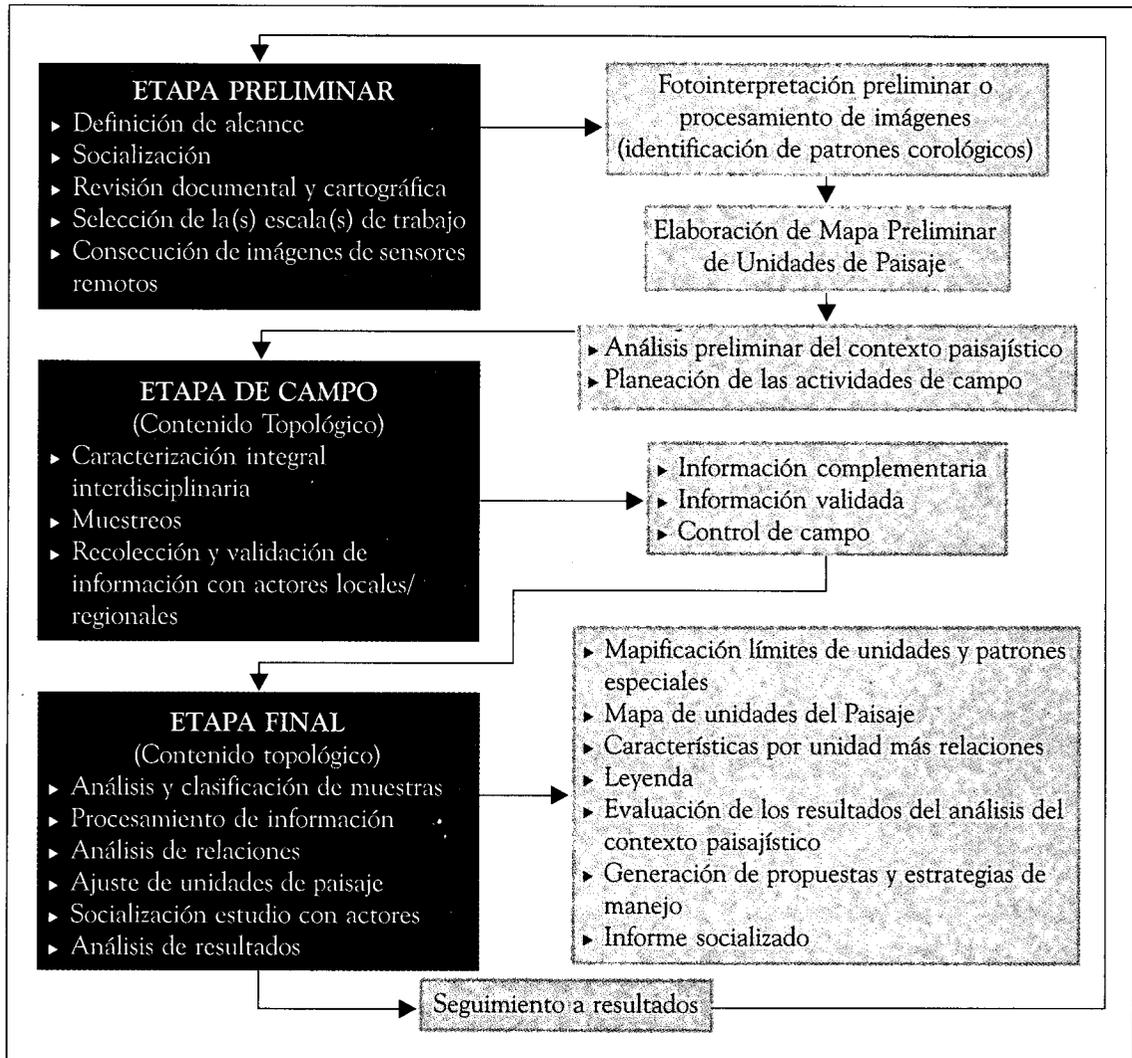


Figura 16

Proceso metodológico general para la zonificación y caracterización ecológica y evaluación del contexto paisajístico



Presentación y análisis del proyecto con los actores claves

Esta etapa es importante para definir los apoyos financieros y logísticos, además de la posibilidad para realizar el estudio de campo con la participación de algunos de los actores, principalmente las comunidades; esto aportará a la creación de ambientes de trabajo propicios y el fortalecimiento de relaciones con las comunidades, además de la posibilidad de crear procesos de educación.



Identificación de los niveles o jerarquías de organización biológica para el análisis

Esta etapa se define de acuerdo con el alcance del estudio y los requerimientos específicos de Información sobre cada componente biológico y ecológico necesario para cumplir con los objetivos.

Revisión de fuentes cartográficas e información pertinente y disponible

Se debe recolectar información sobre cartografía básica (topografía, hidrografía, infraestructura, asentamientos), cartografía temática (biomas, clima, geología, litología), geomorfología, suelos, vegetación, uso de la tierra, población, zonificación ecológica existente y zonificación de amenazas naturales (movimientos en masa, inundaciones, incendios, sismicidad, tsunamis y vulcanismo).

A la información anterior deben sumarse los registros de clima, hidrología, biota, distritos biogeográficos, censos y la información bibliográfica ge-

neral y específica (estudios de suelos, geología, vegetación, comercialización de productos derivados de la biodiversidad, tenencia de la tierra, Información sobre sistemas de uso: productivos, extractivos y asentamientos, etc.), e información histórica de la región relativa ocupación humana y evolución geológica y paleontológica para interpretaciones biogeográficas.

Definir la escala espacial y temporal del análisis

El nivel de análisis que se elija está directamente relacionado con la escala de trabajo; por lo general, la escala tiene que ver con el tamaño del área de estudio, la resolu-

ción cartográfica disponible o las prioridades de manejo del área. Igualmente se debe realizar el estudio con la información actualizada. No obstante se debe considerar la información de periodos anteriores para elaborar análisis de evolución multitemporal que sirvan para los análisis prospectivos o de tendencias de la situación de los elementos ambientales del área (biofísicos y socioculturales).

La definición de la escala debe ser cuidadosa, porque puede tenderse a subestimar o sobrestimar los elementos del paisaje. Lo anterior se debe a la sensibilidad de los sensores para la captura de información, a la subjetividad del investigador u otras

circunstancias referentes a las fuentes de información y el tratamiento que se haya dado a los mapas, imágenes de satélite o fotos aéreas.

Se aclara que la información sobre ríos, caminos y otros elementos que soporten el análisis de conectividad se detectan mejor en escalas mayores, situación que permite identificar su densidad y distribución espacial en función de sus dimensiones y su estructura física (Junta de Andalucía, 2002). La Tabla 11 presenta una propuesta de las escalas preliminares de análisis para las áreas del sistema, no olvidando que este proceso debe ir mejorando la resolución de análisis con el tiempo.

Tabla 11

Escalas de análisis preliminar propuestas dependiendo del tamaño del área protegida

Escala de trabajo	Nivel de la caracterización ecológica y/o Tamaño del Área protegida (AP)
De 1:250.00 a 1:100.00	Zonificación ecológica exploratoria o preliminar para áreas protegidas (AP) mayores a 80.000 Has.
De 1:100.000 a 1:50.000	Zonificación ecológica general o para estudios de AP entre 60.000 y 80.000 hectáreas.
De 1:50.000 a 1:25.000	Zonificación Ecológica semidetallada, o para estudios de AP entre 20.000 a 60.000 hectáreas.
1:10.000 o mayor	Zonificación Ecológica detallada, o para estudios de AP iguales o menores a 20.000 hectáreas.

Elaboración del mapa preliminar de unidades del paisaje

Cuando hay disponibilidad de mapas adecuados en la escala y actualizados en cobertura vegetal, que integren características biofísicas (suelo, geomorfología, hidrología, clima), además de usos y estado de interven-

ción humana, pueden ser utilizados como base para caracterizar los ecosistemas y la estratificación inicial de los muestreos. En caso de no existir esta fuente, a partir del análisis de sensores remotos se debe elaborar una estratificación integrada del territorio, basada en un análisis de la geoforma y de la

cobertura vegetal en la escala definida en este numeral (Küchler y Zonneveld 1988, citado por Etter, 2001).

El producto de este trabajo es el mapa preliminar de unidades del paisaje. Se trata de un modelo espacial de la diversidad ecosistémica del área de estudio, y es el

marco básico de referencia espacial sobre el que se registrará la toma de información de campo y la información secundaria.

Sobre la construcción del mapa de unidades de paisaje/ ecosistemas, se puede consultar a Villareal, et al. 2004.

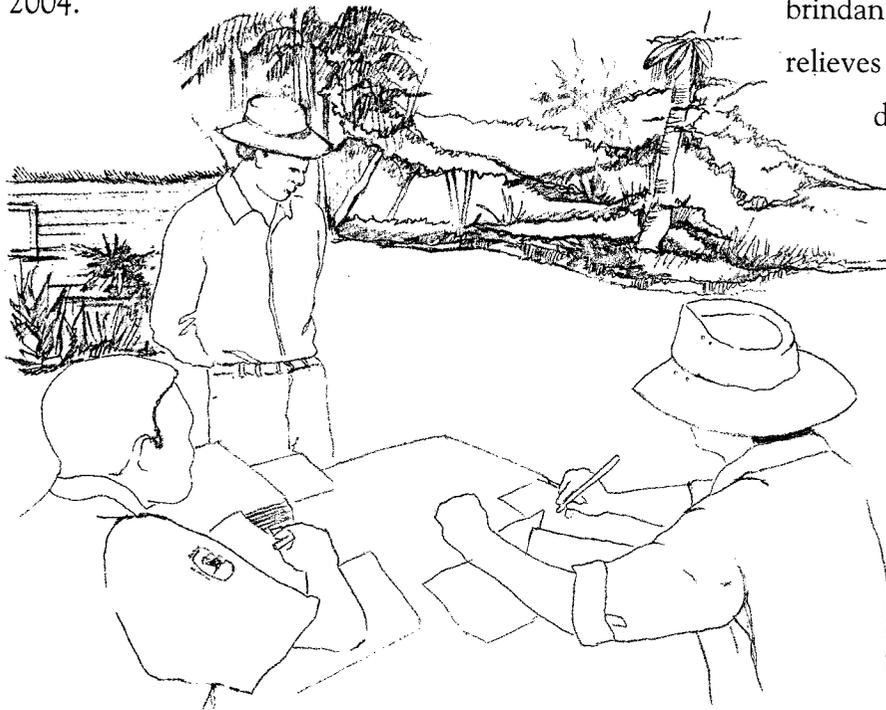
Interpretación de imágenes de sensores remotos

La selección del tipo de imágenes depende de los objetivos del trabajo, de la extensión del área de interés y de la escala de representación cartográfica definida para el estudio, la cual

está directamente relacionada con la intensidad del muestreo en campo (Villareal, et. al, 2004) (ver Tabla 12). Los productos de sensores remotos incluyen las fotografías aéreas, las imágenes de satélite y de radar.

Las fotografías aéreas brindan información sobre:

relieves / geoformas, forma de las pendientes, condiciones de drenaje / tipo de textura, sistemas de drenaje, cobertura natural / estructura de la vegetación, usos de la tierra y presencia de erosión. Las imágenes de satélite

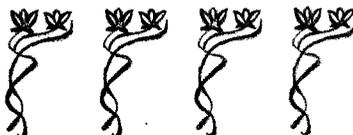


dan información sobre diferencias en la radiación / calor reflejado por la vegetación y sobre diferencias en cultivos y momentos de la producción agrícola. Las imágenes radargramétricas ofrecen información sobre las características internas del terreno y sobre la estructura interna de la vegetación.

Tabla 12

Tipo de sensor remoto a utilizar según la escala de trabajo seleccionada

Escala de trabajo	Tipo de sensor remoto a utilizar
De 1:250.00 a 1:100.00	Cartografía base y perfiles topográficos, imágenes de satélite (Landsat), radar y fotografías aéreas.
De 1:100.000 a 1:50.000	Cartografía base y perfiles topográficos, imágenes de satélite, imágenes de radar y fotografías aéreas de pequeña escala (1:60.000 a 1:100.000).
De 1:50.000 a 1:25.000	Cartografía base y perfiles topográficos, imágenes de satélite para delimitación de unidades generales de paisaje, y para analizar aspectos temporales de cambio. Se hace uso intensivo de fotografías aéreas (1:20.000-1:40.000). Igualmente se están usando imágenes Íkonos.
1:10.000 o mayor	Para este fin se utilizan fotografías aéreas de gran escala (1:2.000 a 1:10.000) y como marco de referencia imágenes TM ampliadas a 1:50.000. Igualmente se están usando imágenes Íkonos que brindan resolución de esta escala (ver plan de manejo PNN Tayrona).



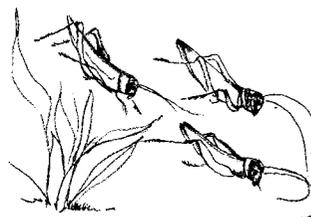
Fotointerpretación de sensores remotos

Esta es la etapa en la que se realiza la interpretación de sensores remotos como imágenes de satélite, radar o fotografías aéreas. Aquí se identifican los aspectos visibles del paisaje (fenosistema): geoformas y coberturas, y se puede realizar una zonificación preliminar de unidades del paisaje. Una descripción detallada de este

análisis se presenta en la zonificación de unidades del paisaje en las áreas protegidas del Área de Manejo Especial de la Macarena, descrito en (Fonseca, C. 2004). Adicionalmente, como apoyo al tema se sugiere revisar el manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad en (Villareal, et al. 2004), en y los documentos de (Romero, M. et al, 2001 y 2002).

Elaboración del mapa de unidades del paisaje

El procedimiento para la elaboración del mapa de zonificación ecológica del paisaje se describe a continuación, a través de ejemplos presentados en las aplicaciones realizadas en los PNN Sanquianga, PNN Pisba, PNN Nevado del Huila, SFF Iguaque y PNN Corales del Rosario.



Ejemplo 1. **Unidades del Paisaje** **del PNN Sanquianga**

El PNN Sanquianga ha hecho uso de la información contenida en la zonificación ecológica del Pacífico (IGAC, 1999)¹. En este estudio se aplica el análisis fisiográfico, técnica desarrollada por el IGAC, que tiene como objetivo producir un sistema de clasificación del terreno multicategorico, en el que se involucra la mayoría de los elementos ambientales comprometidos en la génesis (origen, evolu-

ción, composición) de las geoformas.

Etimológicamente la fisiografía se refiere a la “*descripción de las producciones de la naturaleza*”, entendiéndose por naturaleza el conjunto, orden y disposición de todas las entidades que componen el universo. Por consiguiente, la fisiografía no solo describe los aspectos relativos a la litosfera (relieve, materiales y edad) como lo hace la geomorfología, sino también a aquellos relativos al agua, los seres vivos y el clima (Villota, H. 1992).

El método de clasificación establece un sistema de categorías jerarquizadas, que van de lo general a lo particular. Las categorías aplicables a un área dependen de la escala de trabajo relacionada. De acuerdo con ello las categorías fisiográficas son cinco: provincia fisiográfica, unidad climática, gran paisaje fisiográfico, paisaje fisiográfico, subpaisaje fisiográfico (ver Figura 17).

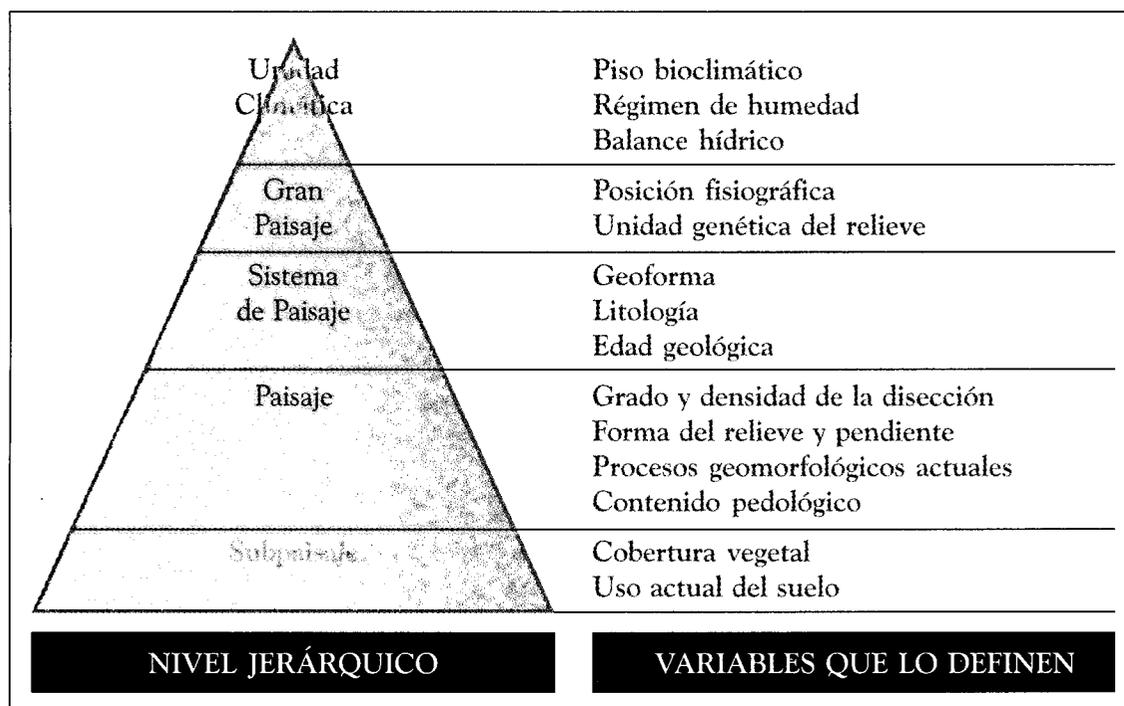
La Figura 17 muestra esquemáticamente cómo se integra la fisiografía con las coberturas y el uso para

¹ La mayoría de las áreas protegidas localizadas en el Chocó Biogeográfico utilizaron la información de zonificación ecológica del Pacífico, en escala 1:100.000, como base para realizar sus zonificaciones ecológicas del paisaje (Sanquianga, Farallones, Tatamá, Utría, Orquídeas y Kartíos). (ver los planes de manejo 2005-2009).

constituir las unidades del paisaje o ecosistemas. Todas, en conjunto, se constituyen en los elementos que componen el paisaje terrestre. Es importante aclarar que aquí los factores, como lo menciona la teoría ecológica del paisaje, están integrados y que la construcción del mapa de unidades del paisaje no resulta de una superposición de las temáticas sino de su integración, lo cual responde a los elementos visibles en la realidad (delimitando las geoformas y las coberturas homogéneas).

Figura 17

Sistema jerárquico de clasificación de fisiografía de los paisajes (Andrade, 1994 citado por UPTC, 2005).



En la zonificación ecológica, de acuerdo con la fisiografía, se describen primero las provincias fisiográficas, ya que en ellas prevalecen una o más unidades climáticas. Estas provincias están constituidas por conjuntos de unidades genéticas del relieve -grandes paisajes fisiográficos- con relaciones de parentesco de tipo geológico (litológico y estructural), topográfico (macrorrelieve) y espacial (disposición de la unidad en el contexto medioambiental) (ver Villota, 1992 y 1997). El PNN Sanquianga se encuentra en la cuenca de sedimentación del pacífico.

El segundo elemento de análisis es el clima: bajo el

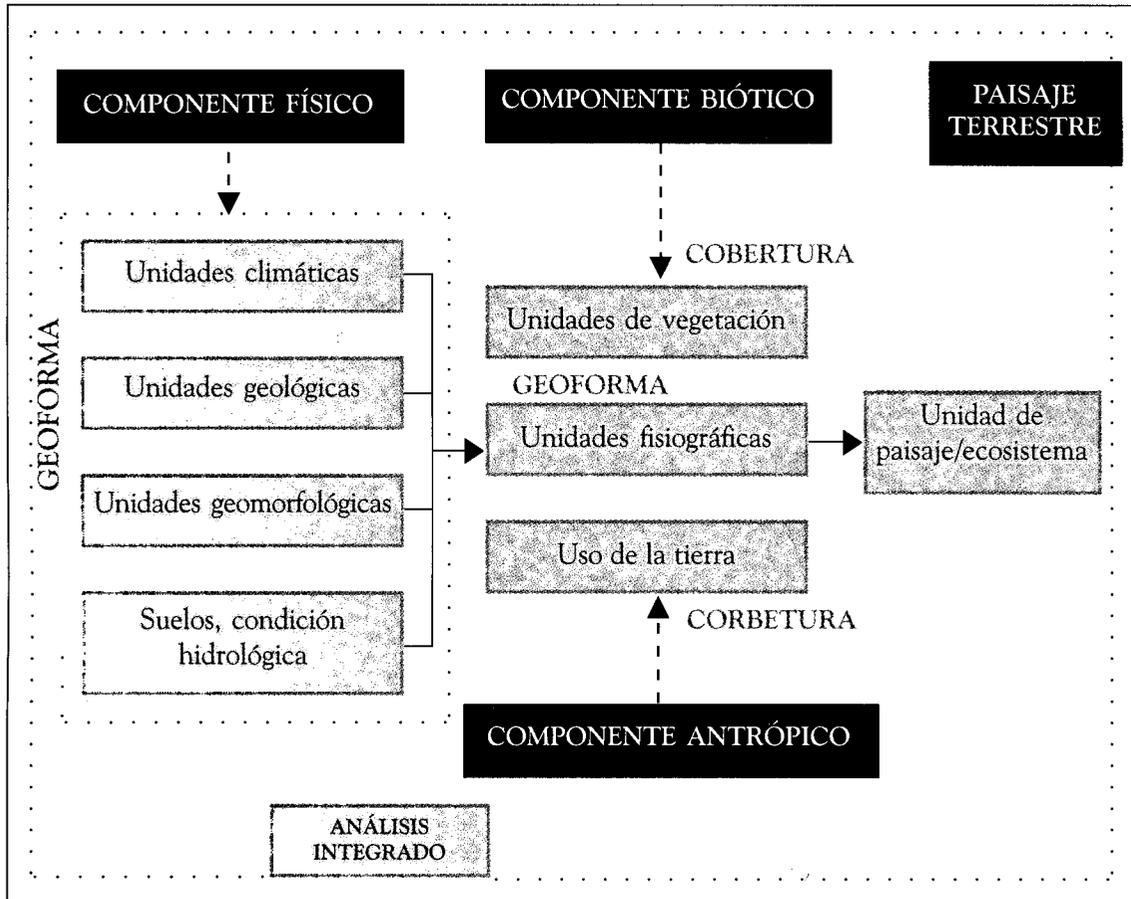


enfoque de la fisiografía, la unidad climática abarca las tierras cuya temperatura promedio anual y la humedad disponible son lo suficientemente homogéneas como para reflejarse en la génesis específica de los suelos y en consecuencia de su cobertura o en el uso de la tierra (Villota, 1992).

La principal aplicación se da en terrenos montañosos cordilleranos con considerables diferencias en altitud y en la orientación y configuración de su relieve, debido a que esas características tienen una fuerte incidencia en las diferencias de temperaturas y precipitación que se suceden de un sitio a otro (Villota, 1997).

Figura 18

Esquema conceptual de los Factores Formadores de los Ecosistemas/paisajes terrestres adaptado de Romero, M. (2002).



El tercer elemento de análisis es el relieve -geoformas-, denominado análisis geomorfológico. Para el caso que nos ocupa, desde el punto de vista de la fisiografía, este componente es analizado desde los niveles de gran paisaje, paisaje y subpaisaje fisiográfico.

El Gran Paisaje Fisiográfico comprende asociaciones o complejos de paisajes con relaciones de parentesco de tipo climático, geogenético, litológico y topográfico. El parentesco geogenético define que la morfología general del relieve se debe a proceso geomórficos endógenos y/o exógenos mayores que la originaron: plegamiento, volcanismo, denudación, se-

dimentación, entre otros. El parentesco litológico se entiende como grupos de rocas: sedimentarias, volcánicas, plutónicas y metamórficas, etc; y las relaciones topográficas se dan en el nivel de mesorrelieve y se refieren a la morfología general del relieve ligada a su origen (Villota, 1992 y 1997).

El paisaje fisiográfico abarca porciones tridimensionales de la superficie terrestre, resultantes de una misma geogénesis, que pueden describirse en términos de unas mismas características climáticas, morfológicas, de material litológico y de edad, dentro de los cuales se puede esperar una alta homogeneidad pedológica, y una

cobertura vegetal o uso de la tierra similares. Este paisaje se establece con base en la morfología específica, determinada por procesos tecto y morfodinámicos activos, a la cual se le adicionan atributos diferenciadores: el material (es) litológico (s) subyacentes y/o edad en términos relativos (muy antiguo, antiguo, subreciente, reciente, subactual, actual); o en términos de niveles (alto, medio, bajo) como sería el caso de las terrazas aluviales (Villota, 1992 y 1997).

Los subpaisajes fisiográficos generalmente se establecen recurriendo a criterios morfométricos como la posición dentro del paisaje (cima, ladera, rellano, cuerpo, albar-

dón, basín, orillares). Esta posición se califica, a su vez, a través de uno o más atributos relacionados con los procesos morfogenéticos activos -forma y/o grado de la pendiente; tipo y grado de la erosión acelerada; remoción en masa; clase de condición del drenaje (en llanuras); grado de disección natural o geológica (en altiplanicies y geoformas agradacionales)-.

Los subpaisajes se pueden definir haciendo levantamientos generales, semidetalados y detallados que se apoyan en la interpretación de fotografías aéreas a escalas 1:100.000 y mayores, que son prácticamente imposible de delinear mediante interpretación monoscópica de

imágenes de radar y satelital.

Para el caso de los Parques Nacionales, en los niveles preliminares de análisis, se puede utilizar la clasificación de gran paisaje fisiográfico (macrorrelieve), cuando el área es mayor a 60.000 has. (Escala menores a 1:50.000) y no hay datos con mayor detalle en la información secundaria.

En los niveles básicos de análisis se utiliza la clasificación de paisaje fisiográfico para áreas con extensiones entre 20.000 y 60.000 has. (Escala entre 1:25.000 y 1:50.000).

Para los niveles básicos de análisis se utiliza la clasificación de subpaisaje fisiográfico en áreas menores a

20.000 has. (escalas 1:10.000 y mayores).

Con el fin de contar con un vademécum sobre los tipos de geoformas se sugiere consultar a (Villota, H. 1991 y Flórez A. 2003).

El cuarto componente de análisis es la cobertura que en las geoformas. La zonificación ecológica diferenció bosques, gramíneas, hidrología, mosaicos de vegetación. Entre los bosques define categorías andino, subandino y aluviales; estos últimos se subclasifican en arbustal de mangle y vegetación herbácea.

El quinto componente es el uso de la tierra, que es un elemento caracterizador y diferenciador de las unidades del paisaje.

Tabla 13

Algunas de las unidades del paisaje del PNN Sanquianga ajustadas de IGAC, 1999

Código	Geoforma	Cobertura	Uso
E-BM-AM	Esteros	Bosques de manglar	Aprovechamiento de manglar
E- BM-CES	Esteros	Bosques de manglar	Cacería de especies silvestres de fauna
E-BM- AP	Esteros	Bosques de manglar	Aprovechamiento de piangua
E- ADBN	Esteros	Pozas	Aprovechamiento doméstico de bosques de natal
E- P-CCOE	Esteros	-Laguna	Criadero de camarón y otras especies
E-L-CEMR	Esteros	Bosques de manglar poco desarrollados	Criaderos especies de mar y río
E-BMPD	Esteros		Extracción de piangua
BM-CPB		Bosques de manglar	Camarón y pesca blanca
E-IFCPPMA- R- GNEA	Conjunto de Islotes, firmes	Cultivos de pancoger, plantas medicinales y alimenticias- Ranconchales- guandal y naidizal y sus especies asociadas	
PB- SR- RC- AEMP- VA	Playas de barrera	Arena	Sitios de recreación- lugares de vivienda- recolección de conchas- anidación de especies marinas y playeras, - vegetación asociada

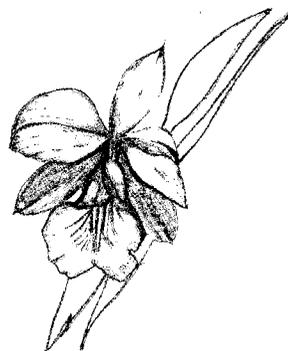
Ejemplo 2.

Zonificación ecológica del PNN Pisba

El PNN Pisba, con el apoyo de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, realizó la zonificación ecológica del paisaje utilizando el análisis fisiográfico. El esquema metodológico utilizado fue el siguiente:

Los factores formadores de las unidades de paisaje se clasifican de manera general en dos categorías: los que determinan la geoforma, es decir, la morfología de la superficie terrestre (clima, geología, geomorfología); y los que definen la cobertura-recubrimiento de la superficie terrestre-. Una vez realizadas la clasificación y la zonifica-

ción de los paisajes, se caracteriza el área de dos maneras: por la composición y por la configuración o estructura (fisionomía o patrones del paisaje); la primera hace re-



ferencia a los elementos que la componen y la segunda a la manera como se relacionan y distribuyen los elementos.

En relación con el primer nivel jerárquico, la unidad

más grande en que puede dividirse el territorio es la unidad climática, que se define por la acción de los siguientes indicadores de factores formadores: bioma, piso bioclimático y régimen de humedad; el siguiente nivel jerárquico se define por la acción de dos indicadores de los factores formadores como la geología y la litología del área; el tercer nivel jerárquico se define a través de tres factores formadores: la geoforma, la morfoestructura y la morfogénesis del modelado de la superficie, aspectos íntimamente relacionados con la forma del relieve, la pendiente y el contenido pedológico (características del suelo).

Debe destacarse que para describir las diferentes unidades de paisaje en este estudio, se definieron tres grandes categorías, en función del origen y de la intervención humana sobre la cobertura vegetal:

1. *Cobertura vegetal natural*, con poca o ninguna intervención humana, por lo que incluye la vegetación primaria, los bosques poco alterados y los bosques secundarios en etapas muy avanzadas de recuperación.
2. *Cobertura vegetal seminatural*, que agrupa áreas en donde se presenta intervención humana bastante evidente, pero que presentan una franca recuperación o sucesión ecológica de la vegetación original. Dentro de este tipo se incluye la vegetación secundaria incipiente, vegetación secundaria en etapa intermedia y bosques maduros muy intervenidos.
3. *Cobertura vegetal cultural*, localizada en áreas donde se desarrollan actividades productivas o de subsistencia para el hombre, donde dominan los elementos culturales introducidos. Incluye pastizales, plantaciones agrícolas y forestales, y cultivos en general.



En este trabajo se realizó un análisis en el cambio de coberturas del paisaje para el periodo 1993 - 2003, e incluye no sólo el área del parque sino también el área de influencia cercana, debido a que es objeto de utilización antrópica, y produce un mosaico sobre el uso actual de la tierra.

El estudio no profundiza en el análisis de los sistemas de producción, sin embargo en Ciontescu, 2004, se realiza un interesante estudio de relación entre las unidades del paisaje y los sistemas de producción en la zona de influen-

cia del PNN Pisba, teniendo en cuenta que ahí se encuentran las respuestas relacionadas con las amenazas a los valores objeto de conservación.

Para identificar las unidades del paisaje o ecosistemas, se consideraron todos los factores formadores. En la metodología esos factores se dividieron en dos grupos: los primeros son aquellos sobre los cuales se fundamenta la caracterización del fenosistema; y los segundos son los que se constituyen en atributos de los primeros y cuya observación e interpretación hace parte del criptosistema o conjunto de relaciones que no se ven. De esta forma, las unidades del paisaje o ecosistemas se definieron conside-

rando los siguientes factores: piso, régimen de humedad, génesis de la cobertura y la fisionomía de la cobertura vegetal. La caracterización de estas unidades se comple-



mentó con información sobre los factores de periodo geológico, formación geológica y geomorfología.

La división del territorio en unidades de paisaje muy pequeñas -en área-, es de poca utilidad práctica para la toma de decisiones. Por ello en el estudio se homogeneizó la información base, tomando como unidad mínima 70 has. para los factores de régimen de humedad, periodo geológico, formación geológica y geomorfología y de 50 has. para la génesis y fisionomía de la cobertura vegetal. El desarrollo de este procedimiento permitió dividir el paisaje del PNN Pisba en 43 unidades del paisaje o ecosistemas.

Ejemplo 3.

PNN Nevado del Huila

Las unidades de paisaje del PNN Nevado del Huila y la propuesta de zona amortiguadora fueron identificadas a partir del mapa de Ecosistemas de los Andes Colombianos del Instituto Humboldt (Rodríguez, N. et al. 2004)² a escala 1: 250.000.

La metodología utilizada para la elaboración del mapa, retomó los criterios considerados en la ecología del paisaje, basados en la interrelación de variables biofísicas como la geomorfología, el clima, suelos, geología y cobertura vegetal (considerando que esta

última incluye el uso del suelo, como una variable antrópica) (ver Figura 20). Dentro de este contexto, la unidad de paisaje se considera como la traducción espacial del ecosistema en un mapa.

Los elementos del paisaje en la construcción del mapa de ecosistemas o paisajes han considerado el bioclima, la información se obtuvo en los registros de precipitación y temperatura a partir de un modelo de elevación digital del terreno. A través de SIG se elaboró un modelo de distribución de humedad y temperatura usando técnicas de interpolación; adicio-

nalmente se revisó la información de zonificación climática existente; y posteriormente se analizaron espacialmente las condiciones climáticas del área para definir y delimitar los pisos bioclimáticos y las categorías de humedad más relevantes.

Para delimitar las unidades geomorfológicas, el estudio del Instituto Alexander von Humboldt adoptó la metodología usada para la zonificación agroecológica de Colombia (IGAC-CORPOICA 2002). Esta zonificación se basa en elementos climáticos, geomorfológicos y pedológicos relacionados con la apti-

² Este estudio también sirvió de base para la zonificación ecológica de los PNN Puracé, Munchique y Hermosas.

tud de usos de la tierra (Rodríguez, N. et al. 2004).

Para el análisis de la cobertura se realizó una interpretación digital con imágenes de satélite (Landsat TM y ETM), mediante un proceso de clasificación mixta (supervisada y no supervisada), y una verificación visual. Se tuvo en cuenta información temática de estudios detallados sobre cobertura del suelo, y se comprobó en campo (Rodríguez, N. 2004).

La cobertura se discrimina en dos categorías organizadas jerárquicamente: la primera abarca seis clases -*natural, seminatural, antrópica, hídrica, erial e infraestructuras* (Tablas 38, 39 y 40)-. La segunda está conformada por 35 clases se-

paradas en función de la fisonomía-estructura general de la vegetación, y/o la discriminación de clases de cobertura relacionadas con diferentes usos del suelo (cultivos, pastos, áreas urbanas, etc.). (Adaptado de Rodríguez, N. et al. 2004).

La cobertura vegetal natural se divide de acuerdo con los biotipos dominantes (bosque, arbustal, páramo, etc), luego se utilizan descriptores para clasificar altura, densidad, número de estratos y características de las hojas usando rasgos UNESCO (1973) (Adaptado de Rodríguez, N. et al. 2004). Las coberturas se corrigieron para el área del parque y la propuesta de zona amortiguadora,

utilizando información de la experiencia y conocimiento de campo de los funcionarios del parque; se describieron áreas sin información y se identificaron coberturas no incluidas en el mapa original.

El mapa de ecosistemas / paisajes se obtuvo de integrar los componentes: bioclima, cobertura, geomorfología y suelos, a través de un sistema de información geográfica (Figura 20). El proceso metodológico es una combinación de dos métodos: uno sobre posición de mapas y el otro de análisis de factores que controlan la distribución de ecosistemas, basándose en la mayor importancia que tienen unos factores sobre otros -vegetación y bioclima-

Como se mencionó, la clasificación final de los ecosistemas / paisajes observada en la leyenda del mapa, tiene tres niveles de integración: tipo general de bioma, bioma y ecosistema / paisaje (ver Figura 21). El tipo general de bioma sigue los lineamientos de la propuesta de biomas de Colombia (Hernández y Sánchez, 1992). El bioma parte de las unidades biogeográficas de Colombia (Hernández et al. 1992). Finalmente, el código final está conformado numéricamente relacionando el bioma correspondiente asociado a un tipo particular de cobertura vegetal (4), seguido por la condición de humedad (h) y la unidad geomorfopedológica dominante (MF).

Figura 20

Esquema del procedimiento metodológico de integración de información para la obtención del mapa de paisaje / ecosistemas de los Andes. (Rodríguez, N. et al. 2004).

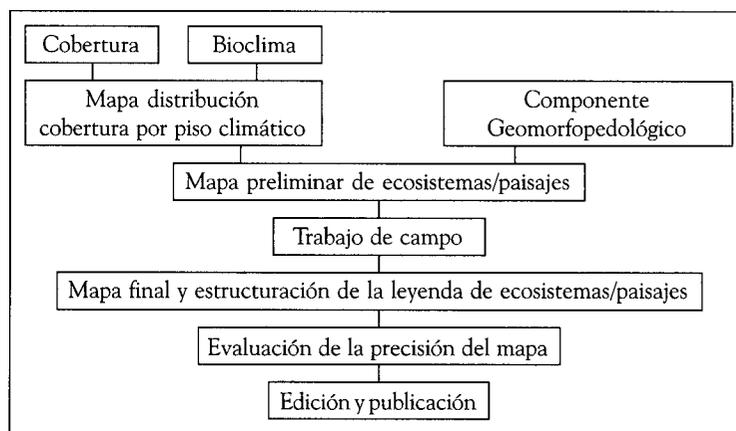
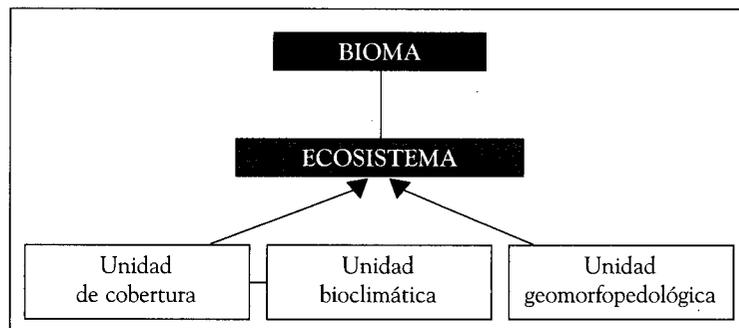


Figura 21

Esquema de la estructura leyenda del mapa de unidades / ecosistemas PNN Nevado del Huila. Tomado de Uaesppn, 2005 (c) ajustado del mapa de ecosistemas de los Andes (Rodríguez, N. et al. 2004).



Ejemplo 4.

La zonificación ecológica del SFF Iguaque³

El Santuario de Flora y Fauna de Iguaque contaba con una zonificación y caracterización ecológica del paisaje hecho a partir de un estudio realizado por Fandiño Lozano, M. 1996. En términos generales, el procedimiento en esta experiencia fue el siguiente:

1. Se realizó el procesamiento de información climática en escala detallada de la siguiente manera:

a. Se estableció la relación temperatura-altitud mediante la utilización de ecuaciones de regresión.

b. Se calcularon las variables agro-climáticas derivadas, utilizando la metodología LECS y programas como Ms. Word y Dent, 1983, modificado por Fandiño. Basados en la precipitación y temperatura promedio mensuales se calculan las siguientes variables climáticas para cada estación:

- 1) Precipitación posible (75% de probabilidad) esperada para 3 o 4 años.
- 2) Longitud del periodo de crecimiento definido como el periodo en el que la precipitación posible excede la mitad de la evapotranspiración potencial.
- 3) Duración del periodo húmedo, que es el periodo en que la precipitación posible es mayor que la evapotranspiración potencial.
- 4) Exceso del agua durante el periodo húmedo. Esta es la cantidad acumulada de precipitación por encima de la evapotranspiración potencial durante el periodo húmedo.
- 5) Índice de agresividad de la precipitación -basados en la precipitación promedio mensual, el número de días lluviosos por mes y la precipitación media máxima en 24 horas por mes-.

³ Fandiño, 1996.

c. Extrapolación espacial de los datos puntuales. Mediante el módulo de regresión múltiple SYSTAT (Wilkinson et al., 1992, citado por Fandiño 1996).

d. El paso final fue el de transferir las ecuaciones resultantes del análisis de regresión múltiple mediante el módulo de MapCalculation del software ILWIS, utilizando los mapas de longitud, latitud y altitud como insumos. Para cada variable climática se produjo un mapa.



2. En relación con la cobertura, la descripción de la vegetación se hace con base en la composición florística o de comunidades vegetales y la es-

trutura vegetal o arreglo vertical de los individuos en los diferentes estratos.

El análisis florístico es fundamental en la caracterización de la vegetación respecto a las especies ausentes/ presentes para las acciones de

conservación; también es importante el análisis de otros usos potenciales como el económico para la recuperación de ecosistemas deteriorados. De manera complementaria, la estructura vegetal ofrece información necesaria para definir los límites de las uni-



dades homogéneas de tierra durante el proceso de mapeo, así como la descripción fisonómica de los diferentes tipos de vegetación (Kuchler y Zonneveld, 1988 citados por Fandiño, 1996).

La metodología de análisis en la cobertura contempla los siguientes aspectos:

- a. Descripción de la vegetación bajo el método de relieve (Mueller-Dombois y ElleMBERG, 1974, citados por Fandiño, 1996), a lo largo de transectos orientados de manera perpendicular al gradiente altitudinal principal, en intervalos altitudinales de aproximadamente 150 m. (Hammen et al, 1989) y muestreos estratificados después de la fotointerpretación preliminar (Zonneveld, 1995, citado por Fandiño, 1996)
- b. Las especies, de acuerdo con la cobertura, se procesan en un archivo de datos condensado, el formato que se requiere para este análisis cluster está en TWINS-PAN (Hill, 1979); por su parte en CANOCO (Braak, 1987, citado por Fandiño, 1996) se hace el análisis de gradiente (in)directo. También se pueden usar datos de información secundaria.



La clasificación florística se realizó utilizando TWINS-PAN (Hill, 1979, citado por Fandiño, 1996), generando una matriz ordenada por sitios y especies. La estructura vegetal se clasificó sobre la base de los estratos presentes en cada uno de los puntos de muestreo, la cobertura total y la altura de cada uno de los estratos. La clasificación resultante se representa en un diagrama bidimensional (Wyngaarden, 1985, citado por Fandiño, 1996).





3. *Análisis de relaciones vegetación-ambiente.*

Con los datos extraídos de los relieves, no se tienen en cuenta especies raras de la vegetación natural.

Se preparan las siguientes variables ambientales:

- ▶ Localización: latitud, longitud, altitud, distancia de cultivos o vías.
- ▶ Clima: temperatura y precipitación media, duración del periodo húmedo, exceso de agua en el periodo húmedo y duración del periodo de crecimiento.
- ▶ Terreno: exposición, inclinación y forma de la pendiente.
- ▶ Características físicas del suelo: tipo de drenaje, profundidad efectiva y textura.
- ▶ Datos químicos del suelo: pH, saturación de bases, bases totales, porcentaje de carbono, fósforo y aluminio intercambiable.

Las relaciones ambiente - vegetación pueden ser analizadas a través del gradiente directo (Fandiño, 1996). Para facilitar el análisis se utilizaron programas como CANOCO (Braak, 1987) y CANODRAW (Smilauer, 1992) para la presentación de los resultados. Según la autora del estudio, debido a que muchas especies muestran una respuesta unimodal a las condiciones ambientales en un espacio montañoso, el análisis de correspondencia canónica (DCCA) es la técnica apropiada (Jongman et al., 1987). La aplicación de este método en Iguaque se puede ver en Fandiño, 1996.



4. *Delimitación de las unidades de paisaje, patrones corológicos y definición de su contenido.*

Se determinaron los límites de las unidades, sus relaciones y patrones corológicos, el contenido y distribución de los atributos individuales e interacción para definir unidades individuales.

La leyenda del mapa ecológico del paisaje fue estructurada en una forma integrada, registrando los tres principales paisajes de acuerdo con las características geológicas y geomorfológicas (montañas en arenisca de la formación Arcabuco, colinas en lutitas de la formación Paja, y paisaje aluvial y coluvial) (ver Figura 22). Estos tres paisajes principales

fueron subdivididos en 10 paisajes, teniendo en cuenta la altitud, las características del suelo, la estructura de la vegetación y la composición florística. El propósito de esto es organizar las unidades del paisaje de tal forma que fueran agrupadas en categorías directamente relacionadas con las variables que tenían en común. Esta estructura también permite colocar en el paisaje los agrosistemas del ambiente físico (vegetación potencial).

De acuerdo con lo anterior, las unidades específicas de mapeo están descritas según sus componentes, es decir, complejos y homogéneos de acuerdo con el tipo y subtipo florístico de la vegetación,

estructura de la vegetación, geoforma, tipo de suelo, promedio altitudinal, pendiente (%), temperatura media, precipitación promedio, duración del periodo húmedo, exceso de agua durante el periodo húmedo, duración del periodo de crecimiento, área en hectáreas, porcentaje total del área total, y número de polígonos para cada unidad de mapeo. Las últimas 10 variables fueron obtenidas utilizando diferentes operaciones de un SIG (ILWIS, 1994) (Fandiño, 1996).

La autora plantea que, si bien se presenta el mapa ecológico integrado del paisaje, es posible extraer información temática de dicho mapa a través de operaciones SIG.

Figura 22

Esquema general de la leyenda del Mapa de unidades del paisaje del SFF Iguaque
(Fandiño, M. 1996)

Paisaje principal

Paisaje

Unidad de mapeo	Composición (%)	Tipo florístico	Tipo de estructura	Geofoma	Tipo de suelo	Altitud (m)	Pendiente (%)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm/año)	Duración período húmedo (días)	Exceso de agua durante período húmedo (mm)	Duración del período de crecimiento (días)	Área en hectáreas	% del área total	Número de polígonos
-----------------	-----------------	-----------------	--------------------	---------	---------------	-------------	---------------	------------------	------------------------	--------------------------------	--	--	-------------------	------------------	---------------------

1. Montañas en areniscas de la Formación Arcabuco

11 Franja de páramo

12 Franja de bosque alto andino

13 Cinturón de bosque sub andino

14 Franja de matorral alto andino

15 Franja de matorral sub andino

2. Colinas en lutitas de la Formación Paja

21 Franja de bosque sub andino

22 Franja de matorral sub andino

3. Paisaje Coluvio-aluvial

31 Abanicos fluvio-glaciales

32 Pendientes coluviales

33 Valles aluviales

Ejemplo 5.

Zonificación ecológica de un área marina: PNN Corales del Rosario y San Bernardo

El enfoque ecológico del paisaje para este parque se realizó sobre los ecosistemas terrestres; sin embargo, en los últimos años se han realizado aproximaciones a los ecosistemas marinos.

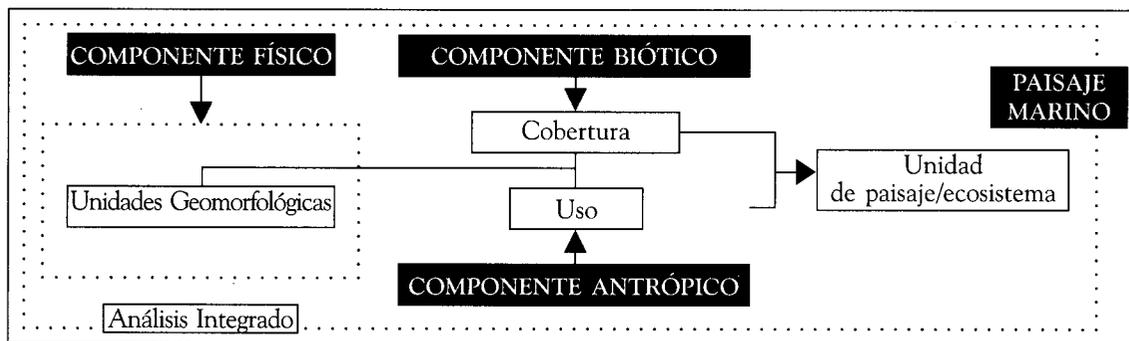
Las Unidades Ecológicas del Paisaje (UEP) se delimitaron definiendo claramente los espacios no sumergidos y los sumergidos, y se zonificó el litoral en unidades físicas como: infralitoral, mesolitoral y supralitoral. Se hizo la correlación de los factores físicos - ecológicos que generan las unidades, basados en

los criterios aplicados por Becerra et al., (1998), citado por Invemar, et al. 2003, para la elaboración de unidades de paisaje en pequeños sistemas insulares⁴.

Se combinaron después las unidades de geomorfología, cobertura y uso actual de los recursos por parte de los actores que hacen presencia en

Figura 23

Esquema para la elaboración de las unidades ecológicas del paisaje / ecosistema marino a partir de la integración de la geomorfología, la cobertura y el uso actual



⁴ Este enfoque se utilizó para realizar una aproximación de la zonificación ecológica de los PNN Gorgona, Old Providence y el SFF Malpelo.



el área protegida -zonas emergidas como sumergidas-. El resultado establece los conflictos generados en las diferentes unidades del paisaje (ver Figura 23).

Posteriormente se analizaron los diferentes componentes del paisaje a través de aspectos físicos como el clima, geomorfología, geología y suelos; aspectos bió-

gicos como la cobertura, y aspectos humanos como los usos. El análisis del paisaje marino solo consideró las geoformas, las coberturas bióticas y los usos.

En relación con las unidades del paisaje marino, en el enfoque metodológico descrito arriba, se consideró lo físico para la definición de las unidades del paisaje, es decir,

el supralitoral corresponde a la parte terrestre, el mesolitoral corresponde a la parte costera y el infralitoral esta relacionado con la plataforma y el talud continentales dentro del mar (ver Figura 24).

Las coberturas relacionadas con las geoformas de cada una de estas tres unidades y los usos, constituyen las unidades del paisaje. Sin embargo, se han dado discusiones en torno a que en el paisaje marino se debería considerar la columna de agua como otro elemento de la zonificación ecológica (comunicación verbal funcionarios PNN Gorgona), que podría ser dividida en tres subzonas: epipelágica, mesopelágica y batipelágica, ver propuesta en Figura 25.

Figura 24

Modelo DTM (elaborado por el PNN Gorgona) que ilustra los elementos para la definición de las unidades del paisaje marino del área protegida

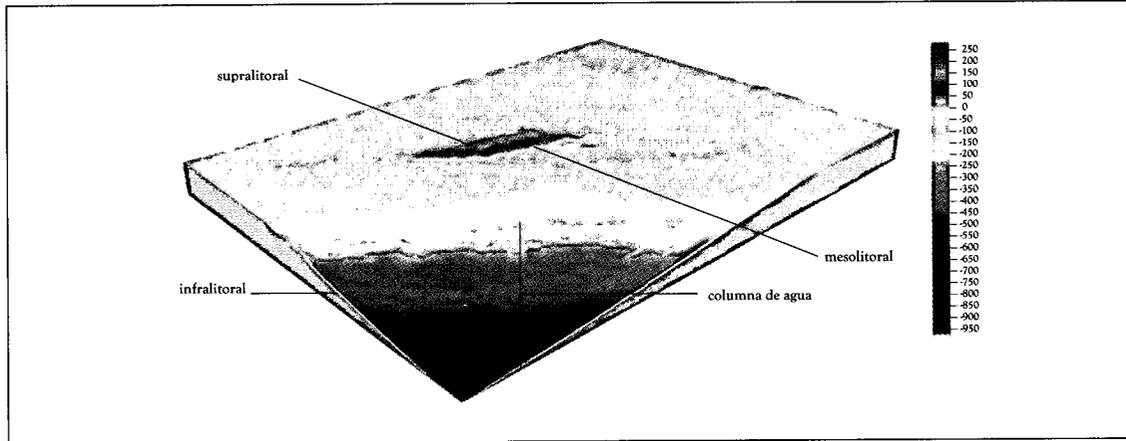
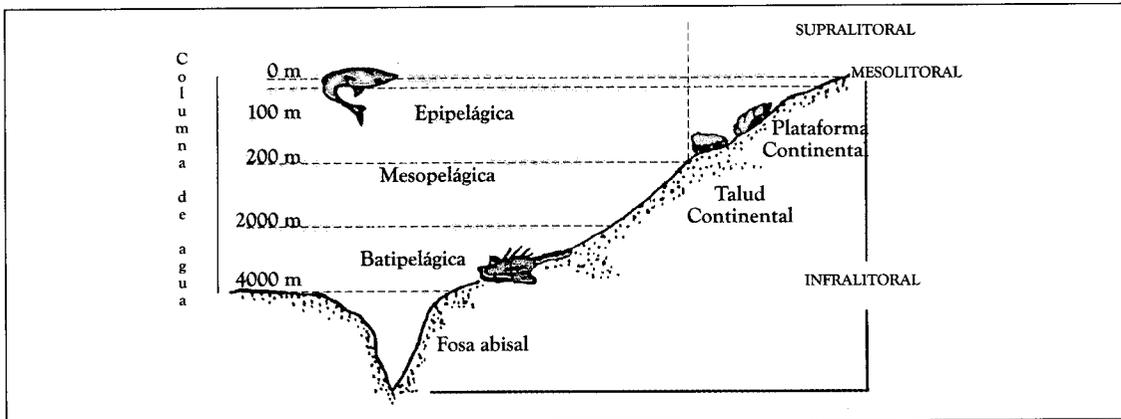


Figura 25

Esquema que muestra los elementos para la delimitación de las unidades del paisaje marino



Las unidades ecológicas del paisaje en el PNN Corales del Rosario y San Bernardo, se determinaron tomando como base la cartografía elaborada por el INVEMAR en la “*Elaboración de un modelo de desarrollo sostenible para los Archipiélagos del Rosario y San Bernardo*” (INVEMAR, et. al., 2003).

Ellos identificaron 133 unidades de paisaje en una

escala de 1:10.000, 1:50.000 y 1:125.000.

Tomando lo anterior como base, el equipo del Parque definió 36 unidades de paisaje que fueron sintetizadas teniendo solo en cuenta la geoforma y la cobertura. En la Tabla 14 se presenta una descripción parcial de cada Unidad Ecológica del Paisaje.

Bajo este enfoque metodológico, el PNN Corales

del Rosario obtuvo un total de 133 unidades, de las cuales 60 se encuentran en el infralitoral (porción de la costa sumergida); 9 en el mesolitoral (porción de tierra que se cubre y descubre con las mareas) y 63 en la costa emergida – Supralitoral (porción emergida que siempre permanece por encima del nivel de más alta marea).



Tabla 14

Leyenda parcial mapa de unidades del paisaje del PNN Corales

ID	UEP	COBERTURA	GEOMORFOLOGÍA	AREA (M ²)	TIPOS DE USO	ACTORES	UBICACIÓN
1	Acantilado-Roca Desnuda	Sin Cobertura (Roca Desnuda)	Acantilado	9.047	Pesca Recreación	Ocupantes de casas de recreo Pescadores artesanales	Barú, Rosario
2	Bajo-Coralino Algas	Algas	Bajo Coralino	3.971.771,5	Pesca artesanal Recreación Transporte Conservación	Turistas, pescadores artesanales, agencias de buceo, operadores turísticos, ocupantes de casas de recreo, población nativa e instituciones	Rosario
3	Bajo-Coralino Coral	Corales	Bajo Coralino	134.445.635,6	Pesca artesanal Recreación Transporte Conservación	Turistas, pescadores artesanales, agencias de buceo, operadores turísticos, ocupantes de casas de recreo, población nativa e instituciones	Barú, San Bernardo, Rosario
4	Bajo-Coralino Fanerógamas	Praderas de Fanerógamas	Bajo Coralino	467.912,3	Pesca artesanal Recreación Transporte Conservación	Turistas, pescadores artesanales, agencias de buceo, operadores turísticos, ocupantes de casas de recreo, población nativa e instituciones	San Bernardo
5	Bajo-Coralino Fondo Sedimentario	Fondos Sedimentarios	Bajo Coralino	676.020,5	Pesca artesanal Recreación Transporte Conservación	Turistas, pescadores artesanales, agencias de buceo, ocupantes de casas de recreo, población nativa e instituciones	Rosario
6	Barra-Manglar	Bosque de Manglar	Barra	556.167	Recreación Conservación	Operadores turísticos, ocupantes de casas de recreo, población nativa e instituciones	Barú
7	Cresta-Algas	Algas	Cresta	3.239.209,5	Pesca artesanal Recreación Transporte Conservación	Turistas, pescadores artesanales, agencias de buceo, operadores turísticos, ocupantes de casas de recreo, población nativa e instituciones	Barú, Rosario
8	Cresta-Coral	Corales	Cresta	1.896.742,3	Pesca artesanal Recreación Transporte Conservación	Turistas, pescadores artesanales, agencias de buceo, operadores turísticos, ocupantes de casas de recreo, población nativa e instituciones	Barú, Rosario

Fuente: Modificado de INVEMAR et. al., 2003



Planeación de la etapa de recolección de datos en campo

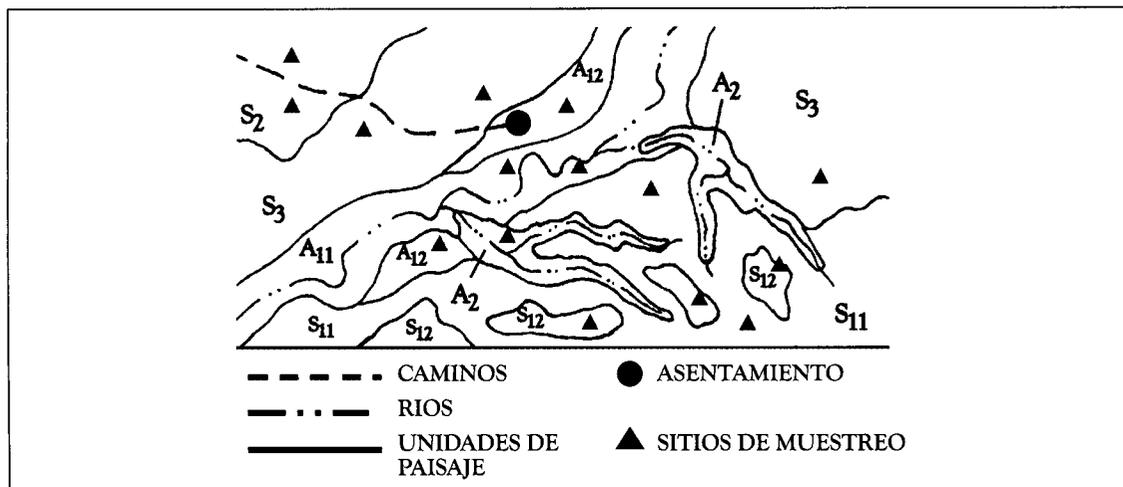
Se debe diseñar el muestreo -transectos y/o estratificados- con base en las unidades de paisaje preliminares (ver Fandiño, 1997) ver Figura 26. Es necesario tener en cuenta el número, la

ubicación, la accesibilidad y relaciones espaciales de las unidades de paisaje (tipos de ecosistemas), todo en función de la escala cartográfica de análisis. Igualmente, de acuerdo con las características climáticas del área puede ser necesario definir una o más fases de campo

según la estacionalidad. La fase en la que se toman los datos de campo debe maximizar la información a ser recolectada, en términos de recursos humanos y financieros disponibles, de manera que las rutas de acceso deben diseñarse con ese fin (Etter, et al. 2001).

Figura 26

Ejemplo de un transecto y sitios de muestreo planificados para campo RNN Puinawai Nukak. (Etter, et al, 2001)



Articulación de las fuentes de información a bases de datos

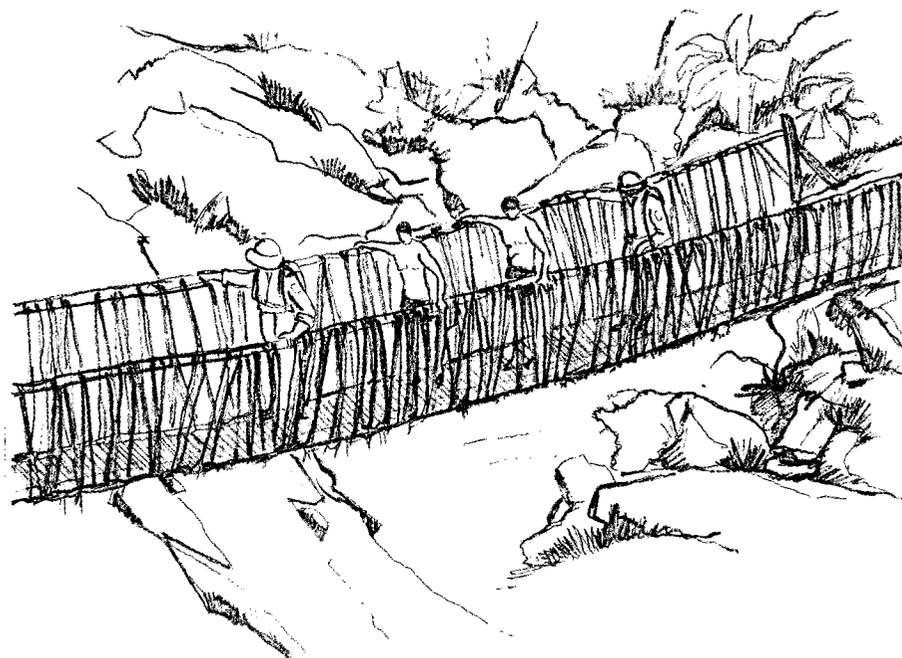
Es necesario hacer uso de bases de datos para el manejo de información, especialmente con una estructura de tipo relacional preferiblemente, en la que se minimi-

ce la redundancia en la información (Etter, et al. 2001). Las bases de datos deben incluir puntos de amarre a la base geográfica empleada, unidades de paisaje, unidades de uso del territorio, sitios de muestreo y asentamientos humanos,

entre otros. En este caso puede ser útil usar el aplicativo de objetivos de conservación y amenazas de la Unidad de Parques, entre otros que han sido elaborados por el grupo SIG de la Institución (Corzo, G. 2004).



Etapa de campo -diagnóstico de las unidades del paisaje-



En esta etapa se efectúa la comprobación y caracterización específica de las unidades de paisaje preliminares, idealmente involu-

crando los actores clave del área de trabajo. Se realizan muestreos y observaciones y se recolecta la información complementaria dis-

ponible en el área de estudio. A continuación se detallan algunas de las actividades que componen esta etapa.

Los actores locales y el proceso de caracterización

La participación social, además de enriquecer el estudio, lo hace más práctico y fortalece las relaciones del PNN con las comunidades. Cuando no se dispone de la información primaria o secundaria requeridas, se deben establecer estrategias de “diagnóstico participativo” (cartografía social), en las que las comunidades contribuyen aportando información proveniente del conocimiento tradicional del territorio o área de trabajo.

Existen metodologías como la cartografía social (IGAC, 1997). Ejemplos de aplicaciones se pueden ver en

Pinilla, M. 2002 y Restrepo, R. 2002 para el caso del PNN Amacayacu con comunidades indígenas; también en el plan de manejo del PNN Sanquianga se ha realizado un ajuste y caracterización de las unidades del paisaje definidas en el estudio de zonificación ecológica del Pacífico, a través del trabajo conjunto con las comunidades afrocolombianas del área.

El Proyecto Desarrollo Sostenible Ecoandino, mediante la estrategia de Sistemas Sostenibles, desarrollada en las zonas amortiguadoras de algunos Parques Nacionales, presenta un enfoque metodológico para la caracterización de unidades del paisaje y los factores formadores en

el terreno, con la participación de las comunidades campesinas (ver Zambrano, H. 2005 u Olarte, M. et al. 2003).

Perfiles topográficos generales en los sitios de muestreo seleccionados

La toma de datos debe realizarse en los mismos puntos de muestreo, preferiblemente con la participación de todos los integrantes del equipo. Se referencia el sitio descrito de acuerdo con el patrón de heterogeneidad interna de la unidad de paisaje; se describe la fisonomía y estructura generales de la cobertura vegetal e indican aspectos como la presencia de claros naturales,



procesos geomorfológicos activos, actividad humana, etc. (Etter, et al. 2001).

Se posicionan geográficamente las observaciones con un GPS (Sistema de Posicionamiento Global), referenciando con precisión los sitios en los mapas. Esto facilita establecer vínculos con los patrones espectrales (de color y textura) en las imágenes de satélite, para refi-

nar la interpretación digital y visual posteriormente (Etter, et al. 2001).

Una vez cumplido

el paso anterior se levanta la información a través de hojas de toma de datos. Los formatos disponibles para el levantamiento de esta información incluyen todos los aspectos básicos de información y deben ser diligenciados por los integrantes del equipo interdisciplinario de trabajo, buscando favorecer los vínculos temáticos que propicien una visión de conjunto.

A continuación se describen aspectos relacionados con los factores físicos del paisaje: aspectos geomorfológicos, suelos, vegetación, fauna y aspectos culturales (económicos y sociales). La información sobre los tipos de formato existentes está disponible en cualquier institución que adelante caracterizaciones de este tipo y sirven como guías para ajustar la información a los requerimientos de cada área, ver a Etter, et al. 2001., Romero, M. 2002 y Villáreal, et al. 2004.

En el estudio de Etter, et al, 2001 realizado en las reservas Nacionales Naturales Puinawai y Nukak, se describieron en campo los siguientes aspectos generales:

1. **Descripción de las características del terreno:** perfil del terreno, geomorfología y procesos geomorfológicos, aspectos geológicos (litología y estructuras geológicas), aspectos hidrológicos y perfil de suelos.
2. **Descripción de las características de la vegetación:** a través de parcelas ajustadas a la forma del terreno, se efectúan los muestreos y se describe en ellos la fauna y las actividades humanas; se realizan observaciones de la fisionomía y estructura generales de la vegetación.
3. **Fauna:** ante las restricciones de personal y tiempo se puede priorizar el estudio de los grupos de aves, mamíferos, hormigas y escarabajos estercoleros. Las observaciones se deben relacionar con las unidades de paisaje y los tipos de vegetación caracterizados. En cuanto a los peces se puede trabajar con tres fuentes de datos: capturas, observaciones directas de especímenes y conversación con los guías y pobladores de la región, quienes pueden informar acerca de sus actividades pesqueras y conocimientos sobre las especies, su comportamiento y relaciones con otros elementos del ecosistema. Para los invertebrados las observaciones y colecciones se realizan colectando en los mismos sitios de los levantamientos de suelos y vegetación, hormigas y escarabajos estercoleros.
4. **Aspecto económicos:** análisis de la relación actual e histórica entre las poblaciones humanas, los ecosistemas y sus recursos biológicos. Se analiza el contexto local y regional en las formas de apropiación del territorio y uso de recursos para interpretar la situación actual. Es necesario responder a preguntas como ¿cuáles son las condiciones que han determinado la conservación o la desaparición de ecosistemas o recursos biológicos específicos? La información debe indicar, al menos de manera general, las actividades humanas presentes, en qué unidades de paisaje y con qué nivel de intensidad.

En los asentamientos indígenas se realiza la recolección de la información etnobotánica y etnoecológica, sobre el uso de los recursos específicos y las prácticas de manejo en los sitios de inventarios de flora y fauna; esta información se obtiene a través de entrevistas con la gente en sus viviendas. Se puede establecer el uso temporal de los recursos mediante la elaboración de calendarios anuales de actividades, refiriendo los sitios donde éstas se realizan, y teniendo en cuenta las unidades definidas en el Mapa de Unidades de Paisaje. Los datos recogidos se enfocan en la caracterización de los sistemas de producción y sistemas de extracción,

manteniendo presentes los recursos biológicos existentes, agroecosistemas, extensión, temporalidad del uso, relaciones sociales de producción, etc.

En el caso de comunidades indígenas, negras u otras que hagan aprovechamiento de ecosistemas silvestres, es necesario orientar el trabajo hacia los sistemas de extracción, ya que estos tienen una relación directa con el aprovechamiento de la biodiversidad y ayudan a determinar las presiones sobre los valores objeto de conservación.

El estudio de fincas campesinas se hace a través de visitas personales con “colonos” y propietarios. Con ellos

se caracterizan los sistemas de producción, agroecosistemas y recursos biológicos con que cuentan. Se identifican también los problemas de las actividades agrícola y ganadera, y con ellas las amenazas sobre los recursos. Finalmente se identifican los recursos que se extraen de las áreas silvestres circundantes, la temporalidad y los sitios específicos con referencia a las Unidades de Paisaje.

Existe una base de datos elaborada por el Proyecto Desarrollo Sostenible Ecoandino, que recoge la caracterización de sistemas de producción y que puede ser utilizada como guía.

En relación con la cacería y pesca es importante tener

en cuenta las formas de aprovechamiento de la biodiversidad practicadas por las comunidades; se trata de conocer las especies aprovechadas.

Puede ser útil comprender la temporalidad e intensidad de estas actividades, y las relaciones históricas del uso tradicional con el estado ac-

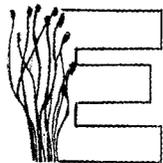
tual del recurso. En la medida en que estos datos puedan referenciarse con las unidades de paisaje identificadas y caracterizadas en el estudio, mayor es la posibilidad de maximizar el uso de la información.

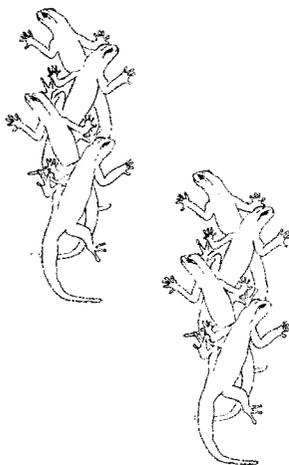
Para las caracterizaciones biológicas en campo se recomienda el manual de méto-

dos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad del Instituto Humboldt (Villareal, et. al, 2004). En aspectos relacionados con la caracterización de sistemas de producción se recomienda consultar a Rojas A. et al. 2005, *Conceptos y Metodología del Proyecto de Desarrollo Sostenible Ecoandino*.



Etapa final

 Esta es la etapa de análisis, procesamiento y elaboración del informe final:



Procesamiento final de información

1. **Recolección adicional de información.** Aquí se registra información secundaria de carácter institucional (registros, censos); información que no se había colectado inicialmente y que se detectó posteriormente como útil para los análisis.
2. **Identificación del material biológico colectado durante el trabajo de campo.** Este trabajo se realiza en herbarios y museos nacionales y regionales. Para las muestras de suelos y geología se realizan análisis de laboratorio como los de IGAC e Ingeominas.
3. **Proceso de depuración y homogenización de los datos.** Aquí se alimentan las bases de datos con la informa-

ción recogida y se estructuran las tablas temáticas que garantizan la articulación de la base de datos al sistema de información geográfica.

4. **Análisis de datos y clasificación.** Consiste en analizar estadísticamente la información para establecer los Índices de similaridad entre los levantamientos, y la agrupación de los datos con análisis de cluster, y los índices de diversidad (ver Etter et al., 2001, Fandiño, 1996).
5. **Análisis de correlación.** Una vez definidos los grupos y las unidades de clasificación de los temas, se realizan los análisis de correlación entre estos para interpretar la estructura y el funcionamiento, y los condicionantes de las unidades de paisaje. Se realizan análisis multivariados (Fandiño, 1996) y se calculan los índices de similaridad por unidad de paisaje.
6. **Reinterpretación de imágenes.** Para elaborar la cartografía ecológica final, este paso incluye la revisión y ajuste de los mapas preliminares en función de la información disponible después del trabajo de campo.
7. **Redacción del informe final.** Este documento incluye el diagnóstico, las propuestas de investigación futura, las recomendaciones metodológicas y de manejo ecosistémico, entre otros.
8. **Presentación, discusión y entrega de resultados a los actores involucrados.** Esta etapa es determinante en la generación de alternativas futuras de manejo e investigación. Además de la comunidad científica, la información debe ser socializada entre grupos diferentes, en particular los actores directamente implicados como las comunidades habitantes del área de estudio y sus alrededores.

Este proceso, como se mencionó anteriormente, no termina en esta etapa; es necesario plantear una serie de preguntas sobre información faltante en las tres etapas del proceso, de manera que a futuro se pueda contar con información más integrada y participativa,

que aporte al manejo efectivo de las áreas. Este es un proceso de retroalimentación permanente.

Análisis de la zonificación ecológica del paisaje

A continuación se presentan algunas de las apli-

caciones del análisis ecológico del paisaje.

Evaluación del contexto paisajístico

En la Figura 27 se muestran los elementos que componen el análisis del contexto paisajístico.



Figura 27

Esquema de los elementos que conforman el análisis del componente paisajístico
(Junta de Andalucía, 2002)

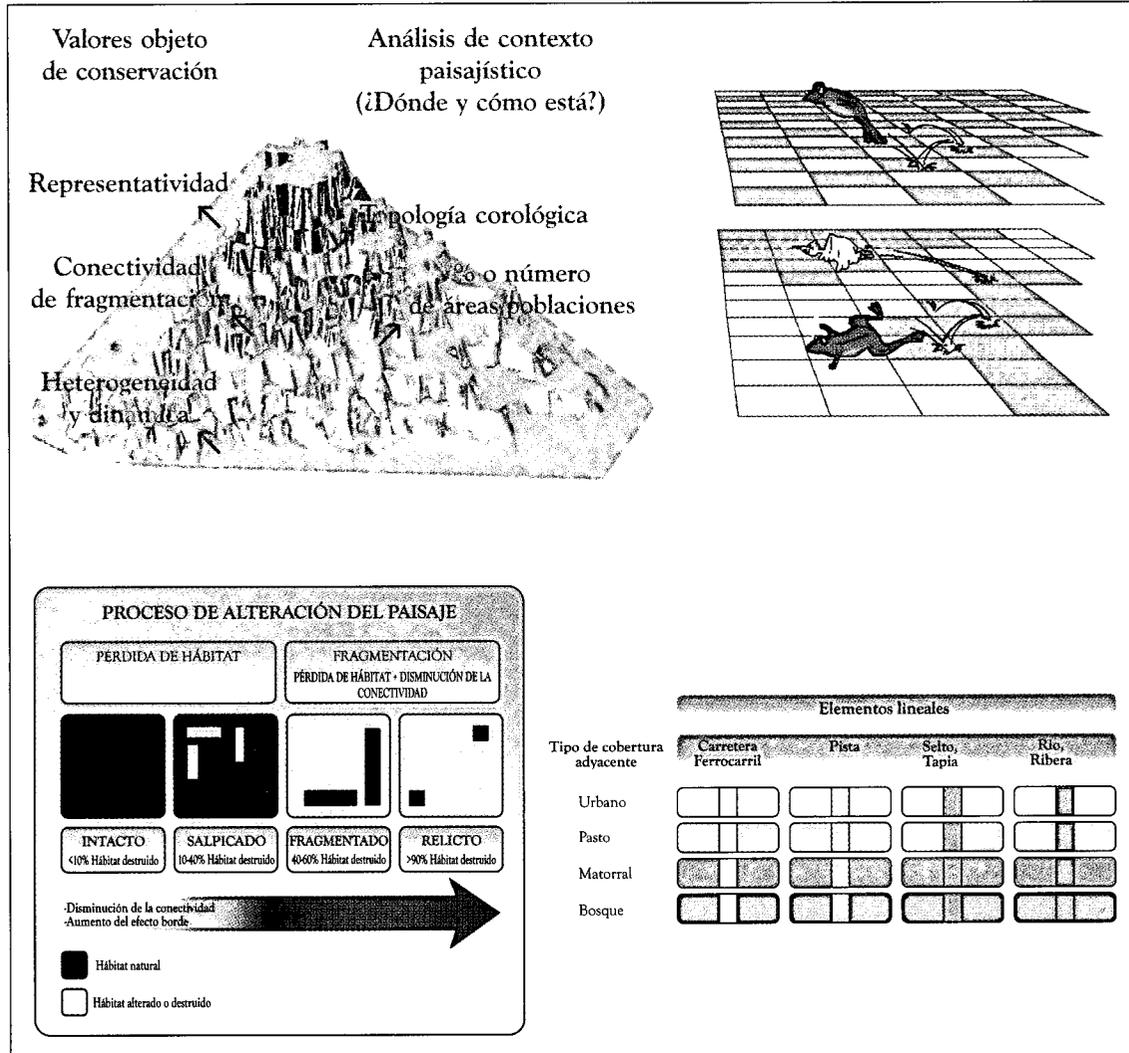


Tabla 15

Procedimiento metodológico para el análisis del contexto paisajístico

Insumos

Mapa de unidades de paisaje del área protegida y su entorno, información asociada -Mapa de valores objeto de conservación-

Información primaria y secundaria de apoyo sobre el área protegida (listados de representatividad del Instituto Humboldt (Instituto Humboldt, 2003), información regional o local sobre ecosistemas (p.ej. áreas, corredores ecológicos, nivel de fragmentación) brindada por la caracterización de unidades de paisaje

Procedimiento

Pasos	Descripción
<p>1. Descripción y análisis de conectividad y fragmentación</p>	<p>La descripción de los corredores incluirá información sobre especies que componen el corredor, estructura y función. La descripción de barreras irá acompañada de información asociada a los fragmentos identificados como insumo para determinar su viabilidad.</p> <p>Herramientas: bases de datos asociados a sistemas de información geográfico; mapa de zonificación ecológica.</p>
<p>Ejemplo: <i>".. los fragmentos mejor conservados se encuentran en la vertiente occidental de la cordillera con un corredor casi continuo... es prudente evidenciar que las interrupciones en los valles formados por el río Penderisco y algunos de los ríos que nacen en las estribaciones del páramo de Frontino o del Sol, inmediaciones del PNN Orquídeas contribuyen a que el carácter de integridad se vea afectado.</i></p>	

... procesos de fragmentación, avance de frontera agrícola y apertura de vías ponen en grave riesgo las posibilidades de flujo de las poblaciones hacia el sur rumbo a Santa Ana y Santa Isabel en inmediaciones de Cerro Plateado en el Municipio de Salgar y hacia el municipio de Betulia.

Igual anotación corresponde hacer a la conectividad con el Alto Murri y la Blanquita, uno de los lugares de mayores reportes en especies endémicas, tanto en flora como en anfibios. En otras palabras, los flujos y “vías” para la dispersión en sentido sur-norte que permiten mantener la biodiversidad y la integridad del corredor Caramanta, Citara, PNN Orquídeas, Alto Murri, se encuentran en un estado de alta fragilidad. (Tomado del PNN Orquídeas).

2. Análisis de representatividad

Se calcula la representatividad de los sistemas ecológicos, comunidades o poblaciones de especies presentes en el área protegida, con relación a su representación en escalas local, regional o nacional determinadas.

Herramientas: listado de contribución de ecosistemas en el Sistema de Parques Nacionales (Instituto Humboldt, 2003); cartografía sobre zonificación ecológica.

Ejemplo: (Tomado de PNN Puracé)

Tipo general de bioma	Bioma	Ecosistema	Área del ecosistema en el PNN (Ha)	% del ecosistema en el PNN	% del ecosistema del PNN con respecto al total de ecosistemas del país	% del ecosistema sobre el total de ecosistema protegido en el país
Zonobioma del bosque húmedo tropical	Orobioma Andino	Bosque bajo denso Altoandino húmedo y de niebla	49.052	63,1	1,5	0,0
		Páramos húmedos	18.222	23,4	1,5	2,2
	Pedobioma Andinos	Bosque medio denso andino y altoandino de roble	10.508	13,5	3,0	18,1
TOTAL DE ECOSISTEMAS NATURALES			77.782	99,98		
General	Ecosistemas transformados	Áreas rurales intervenidas no diferenciadas	15	0,02	0,0	0,0
TOTAL ECOSISTEMAS TRANSFORMADOS			15	0,02		
EXTENSIÓN TOTAL			77.797	100		

Nivel intermedio	Nivel avanzado
<p>Representatividad: La representatividad en un nivel intermedio debe ser complementada por el cálculo de la representatividad corológica, que se calcula como el porcentaje con el que cada ecosistema contribuye a su arreglo corológico en el área protegida y a su tipo corológico en la situación original * 100 (Van Wyngaarden & M. Fandiño - Lozano, 2002). Otra aproximación interesante puede ser la de Biocolombia (Fundación Biocolombia., 2000), en el caso de la valoración representatividad biogeográfica o de sistemas de producción, siempre y cuando se mejore la información de base de las unidades biogeográficas como los señalan los autores.</p>	<p>Pasos adicionales:</p> <p>Análisis de contexto paisajístico: TNC presenta una metodología para analizar, valorar y seleccionar valores objetos de conservación focales a partir de un análisis composición, estructura y viabilidad (TNC, 2000). La metodología califica cualitativamente cada uno de los criterios, permitiendo una aproximación más efectiva a la selección o evaluación de áreas protegidas.</p>
<p>Fragmentación: éste análisis puede ser complementado con el uso de software especializado (FRAGSTATS y el PACH ANALYST) para determinar porcentaje de cobertura, índice de parche mayor, distancia al parche más cercano, distancia o rango máximo de dispersión, relacionado con el área efectiva por especie o comunidad biológica.</p>	<p>Análisis de contexto paisajístico: Se asignan valores al contexto paisajístico para calificar los criterios utilizados, sobre una base de mayor información científica y puntos de referencia para la medición de representatividad, conectividad y fragmentación. Al respecto, el Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt" ha desarrollado algunos avances.</p>

Análisis de diseño del área

Insumos

Identificación de valores objeto de conservación organizados en jerarquías o niveles de organización biológica y escalas.

Resultados y cartografía asociada al análisis de condición.

Resultados y cartografía asociada al análisis de contexto paisajístico.

Información primaria y secundaria de apoyo sobre especies, comunidades, ecosistemas y su importancia derivada del análisis de unidades de paisaje.

Tabla 16

Procedimiento metodológico para el análisis del diseño del área

Paso	Descripción
1. Superficie	<p>En un nivel básico, la superficie del área protegida se obtiene de la resolución de creación o haciendo el cálculo del área en la cartografía asociada a un sistema de información geográfico.</p> <p>Esta información ha sido recogida por el Grupo SIG de la Unidad de Parques Nacionales Naturales (Corzo, 2004).</p> <p>Herramientas: resolución de creación, cartografía digital del área con su límite, software especializado (p.ej. ArcGis, Ilwis, Erdas).</p>
2. Forma	<p>La forma de un área protegida es un factor que puede hacerla más vulnerable a cambios drásticos en el paisaje por intervención. Así, se analizará la forma del área protegida.</p> <p>Las áreas con formas redondeadas presentan menor perímetro susceptible de ser afectado por amenazas externas; las que tienen formas alarga-</p>

Paso	Descripción
	<p>das y estrechas, en contraste, serán más susceptibles de afectación. El índice área – perímetro se obtiene de la fórmula $\sqrt{\text{área}/\text{perímetro}}$, calculada para todas las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales (Corzo, 2004). Para un área de forma redonda, el índice equivale a 0,315, por ello cualquier valor menor a esto implica un mayor efecto borde o vulnerabilidad a amenazas externas.</p> <p>Herramientas: resolución de creación, cartografía digital del área con su límite, software especializado (p.ej. ArcGIS, Ilwis, Erdas).</p>
<p>3. Gradiente altitudinal</p>	<p>El gradiente altitudinal se obtiene al calcular el porcentaje de pendiente en el perímetro del área protegida por sectores. Así, se identificarán los sectores que en el límite del área protegida son más vulnerables a amenazas externas por pendientes < 30%.</p> <p>Herramientas: resolución de creación, cartografía digital del área con su límite, información primaria o secundaria de pendientes en el área protegida, software especializado (p.ej. ArcGis, Ilwis, Erdas).</p>
<p>4. Contexto paisajístico</p>	<p>El contexto paisajístico del área protegida permite analizar si efectivamente el valor del índice área – perímetro refleja un problema de efecto en el área.</p> <p>El análisis, en un nivel básico, identifica y describe los ecosistemas comunes dentro y fuera del área, y caracteriza su estado. La información final muestra si la matriz sigue siendo natural, existen corredores claramente diferenciables, o por el contrario hay severos procesos de fragmentación.</p>

Paso	Descripción
	La representatividad de estos ecosistemas permitirá, en cierta manera, estimar su viabilidad en términos de las metas de conservación nacionales.
5. Cuestionamiento	<p>En un nivel básico, el análisis de diseño del área se sustenta en la resolución de las siguientes preguntas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ ¿Cuál es el análisis que se puede hacer sobre el efecto borde del área, al comparar la información del índice área-perímetro, tamaño, forma, gradiente altitudinal y análisis de contexto paisajístico (representatividad, fragmentación, conectividad)? ▶ ¿Qué tan funcional es el área en términos de diseño, para garantizar el logro de los objetivos de conservación? ▶ ¿Se requiere rediseñar el área para garantizar los objetivos de conservación? ▶ ¿Qué alternativas o estrategias de manejo se pueden sugerir para incrementar la funcionalidad del área, además de su redelimitación?
<p>Ejemplo:</p> <p><i>Teniendo en cuenta el valor numérico del índice área perímetro (0.188, valor ideal 0.315) y su forma, podría pensarse que el área afronta un efecto de borde de intensidad media, haciéndole perder funcionalidad al reducir el área núcleo efectivamente conservada y poniendo en riesgo la viabilidad de poblaciones de algunas de las especies allí protegidas conocidas o desconocidas.</i></p> <p><i>Sin embargo, al considerar que el área no presenta asentamientos humanos en su interior y por ende, no hay actividades productivas directas que transformen paisajes y ecosistemas, no hay</i></p>	

fragmentación interna y presenta un gradiente altitudinal ininterrumpido, puede asegurarse con un alto nivel de certeza que el área es funcional en las condiciones actuales. Otro hecho que refuerza esto es su conexión física ininterrumpida con el Parque Nacional Darién en Panamá, con una superficie de 575.000 ha; en términos de la continuidad de la cobertura boscosa en buen estado de conservación y con la serranía del Takarkuna, la cual presenta la mayor altura de la región (1850 m.s.n.m.). Los dos sectores donde hay problemas de continuidad con el entorno son el Cuarenta – carretera Panamericana y Peye – Ungía, donde hay procesos severos de transformaciones paisajísticas debido a presiones como tala, potrerización, canalizaciones y desecación de humedales. Procesos de ampliación de la frontera agrícola están actualmente activos en la región del Darién, al sur del Parque, donde se están estableciendo plantaciones de palma africana (*Elaeis oleifera*). En términos de su diseño el área puede considerarse funcional... Puede también incrementarse la funcionalidad del área estableciendo estrategias de manejo integradas a los planes de ordenamiento de los territorios colectivos de comunidades negras y a los planes de vida de los resguardos indígenas presentes en su zona aledaña.

(Tomado de PNN Katíos)

Nivel intermedio	Nivel avanzado
<p>Pasos adicionales:</p> <p>Superficie: su conocimiento puede complementarse mediante el cálculo de : Superficie de ecosistemas, unidades de paisaje o cualquier otro sistema ecológico identificado sobre la superficie total del área protegida.</p>	<p>Pasos adicionales:</p> <p>Superficie: su conocimiento puede complementarse mediante el cálculo de: <i>Superficie ocupada por los valores objeto de conservación sobre la superficie área protegida.</i> Estas relaciones pueden dar una idea sobre la REPRESENTACIÓN de los sistemas eco-</p>

Nivel intermedio	Nivel avanzado
<p>Estas relaciones pueden dar una idea de REPRESENTACIÓN de los sistemas ecológicos en relación con el área protegida.</p> <p>Herramientas: resolución de creación, cartografía digital del área, unidades de paisaje y ecosistemas con su límite, software especializado (p.ej. ArcGis, Ilwis, Erdas, FRAGSTATS y/o PATCH ANALYST 2.0).</p>	<p>lógicos y áreas ocupadas por valores objeto de conservación en relación con el área protegida.</p> <p>Herramientas: resolución de creación, cartografía digital del área, unidades de paisaje y ecosistemas con su límite, información primaria o secundaria de distribución o cobertura de valores objeto de conservación, software especializado (p.ej. ArcGis, Ilwis, Erdas).</p>
<p>Forma: la relación o índice <i>área / perímetro</i> puede ser igualmente calculada para unidades más pequeñas dentro del área, así (Junta de Andalucía, 2002):</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Índice $\sqrt{\text{área de parches de ecosistemas, unidades de paisaje del área protegida / perímetro de parches de ecosistemas, unidades de paisaje del área protegida.}}$ <p>Herramientas: resolución de creación, cartografía digital del área, unidades de paisaje y ecosistemas con su límite, información primaria o secundaria de distribución o cobertura de valores objeto de conservación, software</p>	<p>Forma: se complementará con el cálculo de los siguientes valores (Junta de Andalucía, 2002):</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Índice $\sqrt{\text{área ocupada por un valor objeto de conservación - perímetro del área ocupada.}}$ ▶ Elongación (longitud máxima / área) ▶ Tortuosidad del perímetro (perímetro / longitud máxima) <p>Herramientas: resolución de creación, cartografía digital del área, unidades de paisaje y ecosistemas con su límite, información primaria o secundaria de distribución o cober-</p>

Nivel intermedio	Nivel avanzado
especializado (p.ej. ArcGis, Ilwis, Erdas, FRAGSTATS y/o PATCH ANALYST 2.0).	tura de valores objeto de conservación, software especializado (p.ej. ArcGis, Ilwis, Erdas).
	<p>Gradiente altitudinal: se puede analizar a la luz de la representatividad corológica, que se calcula como el porcentaje con el que cada ecosistema contribuye a su arreglo corológico en el área protegida y a su tipo corológico en la situación original * 100 (Van Wyngaarden & M. Fandiño - Lozano, 2002)</p>
<p>Contexto paisajístico: un análisis más detallado del contexto paisajístico puede derivarse de la cuantificación de la siguiente información (Junta de Andalucía, 2002):</p> <p><i>Fragmentación:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Número de fragmentos. ▶ Superficie de cada fragmento y tamaño medio de los fragmentos. <p>Distancia entre fragmentos.</p> <p>▶ <i>Heterogeneidad:</i></p> <p>Número de usos del suelo y tipos de vegetación.</p> <p>Diversidad de usos del suelo o de tipos de vegetación.</p>	<p>Contexto paisajístico:</p> <p>El análisis puede ser más enriquecedor tomando como base estudios sobre los requerimientos mínimos de los valores objeto de conservación en el área (MAR).</p> <p>El (MAR) arroja respuestas sobre el tamaño necesario de área en cada ecosistema para mantener los procesos ecológicos que soportan las especies existentes, a perpetuidad. De esta manera, produce mejores resultados evaluar si el área dentro del parque es suficiente para mantener las especies en condiciones adecuadas (Kay, 1993).</p>

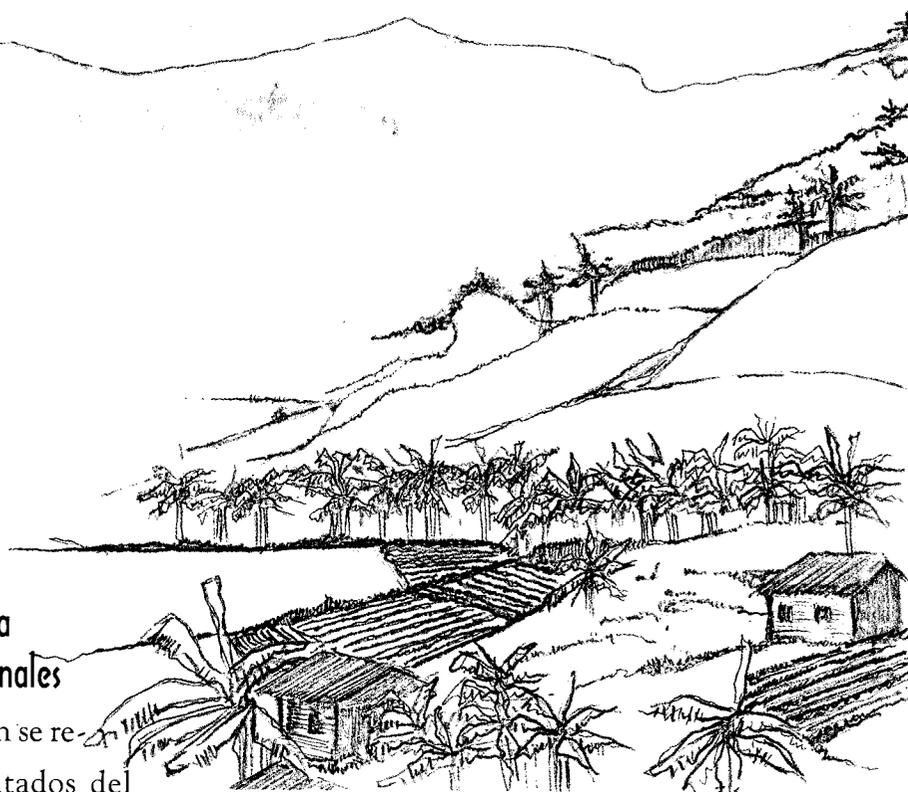
Nivel intermedio	Nivel avanzado
<p>► <i>Conectividad:</i> Longitud de barreras. Número de corredores o conectores identificados en el área protegida o entre el área y su entorno.</p> <p>► <i>Integridad/perturbación</i> Superficie intervenida – superficie no intervenida. Distancia de la zona protegida a la zona intervenida.</p> <p>Herramientas: Se pueden calcular índices de fragmentación y área efectiva para especies, sobre la base de coberturas de imágenes de satélite o fotografías aéreas de las áreas protegidas, utilizando los programas <i>Fragstat</i>⁵ y <i>Patch Analyst 3.1</i>.⁶, u otros de menor refinamiento como <i>Arc View 8.3</i> y <i>Erdas 8.6</i>. La información debe estar respaldada por estudios en campo que expliquen la condición de los valores objeto de conservación y su contexto paisajístico, dadas por la caracterización y la evaluación de las unidades de paisaje.</p>	<p>(MAR) se obtiene de multiplicar la población mínima viable (MVP) por una fracción de la densidad de la población efectiva (Kay, 1993).</p> <p>El análisis puede utilizar como criterio adicional: el establecimiento de sistemas de áreas protegidas a partir de la selección de una o varias áreas de las más extensas y en buen estado de conservación, donde se acoplen MARs de especies paisaje.</p>

⁵ <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

⁶ <http://flash.lakeheadu.ca/~rrempel/patch/>

Algunos resultados del análisis del paisaje en áreas del Sistema de Parques Nacionales

A continuación se resumen los resultados del análisis del paisaje en el PNN Nevado del Huila, AME Macarena, PNN Pisba y PNN Corales del Rosario. Estas experiencias sirven de ejemplo para establecer la utilidad de este enfoque metodológico para el manejo.



PNN Nevado del Huila

La aplicación de las unidades del paisaje en el PNN Nevado del Huila permitió evaluar aspectos de representatividad como, por ejemplo, el significado de su

importancia ecosistémica, y ofreció elementos y criterios para la zonificación y toma de decisiones del manejo (Uaesppn (d), 2005).

Las unidades del paisaje con mayor representativi-

dad en el parque son el páramo muy húmedo en montaña glaciárica, el bosque bajo denso muy húmedo en montaña fluviogravitacional, y el páramo muy húmedo en montaña fluviogravitacional; estas tres unidades coinciden con la gestión que adelanta el parque en la conservación de los procesos ecológicos, especialmente los hidrobiológicos - regulación de los ciclos hidrológicos y biogeoquímicos-. Estas condiciones han sido involucradas dentro de la zonificación de manejo.

Las unidades del paisaje / ecosistemas mencionados, son espacios en los que se desarrollan procesos cultu-

rales importantes para las comunidades indígenas y para las instituciones involucradas en los procesos de conservación. Estas unida-



des son altamente vulnerables a procesos ecológicos de origen físico como altas pendientes, y suelos con baja profundidad efectiva y

superficial con tendencia a la erosión.

Con respecto a las presiones e impactos del uso, se muestran actividades extractivas en la zona amortiguadora, a través de cultivos de uso ilícito, explotación minera —oro— en Páez, y presencia de ganadería. Esta última actividad ha provocado parches denominados agroecosistemas ganaderos en ecosistemas de páramo, agroecosistemas ganaderos de páramo en montaña glaciárica, y otros parches como rastrojos y bosques secundarios dentro del área. Estas unidades de paisaje o parches se han tenido en cuenta dentro de la zonificación como áreas de recuperación.

Área de Manejo Especial de la Macarena (AMEM)

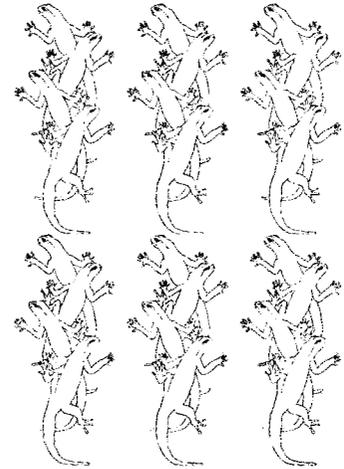
El análisis del paisaje para las áreas protegidas localizadas dentro del AMEM (PNN Macarena, PNN Sumapaz, PNN Tinigua y PNN Picachos) permitió obtener los siguientes resultados:

1. Definición de escenarios de ordenamiento⁷

El resultado obtenido en la definición de las unidades de paisaje de las áreas del AMEM fue la base física sobre la que se espacializaron los valores objeto de conservación, las amenazas y las oportunidades para la con-

⁷ Fonseca, C. 2004.

servación. Los valores objeto de conservación y las presiones identificadas permitieron definir cuatro tipos de escenarios de ordenamiento con los que se estableció la zonificación del manejo. El siguiente fue el procedimiento utilizado:



a. Análisis espacial de información socio ambiental del territorio integrada a escenarios de ordenamiento

1) Representación topológica de los paisajes:

- a) El mapa de unidades de paisaje elaborado se llevó a formato Ráster.
- b) Sobre el mapa de unidades de paisaje se trazó una grilla de 20.000 m. x 20.000 m. considerando que arrojaba los resultados para un mejor análisis y caracterizaba las condiciones de diversidad de las unidades de paisaje propuestas.
- c) Se determinaron las condiciones de diversidad a partir del conteo de las unidades de paisaje involucradas en

cada uno de los cuadros de la grilla. A mayor número de unidades de paisaje / tipo contenidas, mayor diversidad.

d) Se hizo un barrido manual de verificación para identificar falencias de representatividad en el área y ajuste de adiciones.

e) A partir de la metodología propuesta por Fandiño, 1996, se calculó la representación topológica de las unidades de paisaje. Se estableció el área de cada tipo de paisaje, contenida dentro del área protegida, en relación con la existente en toda el área de estudio (AMEM).

2) Identificación de la representación de los ecosistemas con el fin de adicionar paisajes / ecosistemas no representados.

- ▶ Bien representados -área por encima del 10%-
- ▶ Mal representados -área por debajo del 10%-
- ▶ No representados -área con valor igual a "0"-

3) Se determinaron las áreas de mayor representatividad y se estableció un rango entre 7 y 13 unidades de paisaje por cuadrícula, que corresponderían a un mayor rango de diversidad, en relación con aquellas donde el valor se encontraba por debajo de 10%, dando como resultado el parámetro de diversidad para la selección. Este procedimiento permitió definir, no solo las condiciones de diversidad en los Parques Nacionales, sino en toda el Área de Manejo Especial.

La información obtenida sirve de apoyo a las propuestas de ampliación para algunos Parques, y focalización y priorización de áreas para manejos especiales, -subregión, los SIRAP's, o el soporte técnico para definir áreas amortiguadoras-.

b. Propuesta de los escenarios de manejo

Se seleccionó un área con información suficiente, cuyo análisis permitió hacer propuestas de escenarios. A partir de la información sobre indicadores de estado, se identificaron las unidades de paisaje más vulnerables -con mayores ocupaciones humanas-. Identificando las condiciones ambientales de cada unidad se generó la zonificación del manejo que incluyó el área del PNN y las zonas alrededor suyo. La selección de las variables para el análisis se realizó de la siguiente manera:

- 1) *Remanencia para cada unidad de paisaje*: se calculó el área total de la unidad de paisaje, la deforestación en cada una entre 1988 y 1999, y el porcentaje de remanencia entre esas mismas fechas; se obtuvo como resultado el porcentaje de pérdida de cobertura y áreas críticas para cada unidad.
- 2) *Red vial*: se identificaron las vías existentes a través de los datos tomados del DANE, la identificación en imágenes de satélite y el conocimiento de los funcionarios.
- 3) *Población*: los datos procesados después del trabajo de campo arrojaron información sobre el número de familias y personas que las componen. Esta información no reflejó el comportamiento real, por ello en el momento del análisis esta variable tuvo menos importancia, con el fin de disminuir el rango de error probable.

c. Modelamiento de la información

El modelamiento se dividió en tres secciones: la primera definió el área de análisis, la segunda seleccionó las variables que identificaron situaciones o condiciones de vulnera-

bilidad; y la tercera delimitó los escenarios. Los temas de análisis fueron los siguientes: diversidad, rareza, cobertura vegetal, remanencia, vías de acceso, población y producción, límites ajustados al estado legal del territorio.

2. Evaluación del estado de conservación de un sector del Área de Manejo Especial de la Macarena⁸

Para el sector de la Serranía de la Macarena se puso a prueba un método de priorización de acciones de conservación basado en indicadores de *estado y presión* en el ecosistema / paisaje, a través de datos obtenidos de sensores remotos y análisis cuantitativo en Sistemas de Información Geográfica. El objetivo era proponer un

marco de análisis para construir escenarios de ordenamiento en áreas protegidas y complementar la identificación y priorización de amenazas a la conservación mediante una aproximación objetiva y replicable.

El trabajo fue orientado a través de la metodología de Dinnerstein, et al (1995), que indica una serie de parámetros a través de los cuales se establece el estado de conservación en la ecorregión. Los componentes de

este análisis son: *pérdida de hábitat, bloques de hábitat, fragmentación / degradación, tasa de conversión y grado de protección*. Estos parámetros se ponderan de acuerdo con las particularidades de cada ecorregión, y al final se re-clasifican las unidades resultantes según la clasificación de estado de conservación dada por la UICN.

Las variables empleadas en este caso fueron: *remanencia, tasa de conversión, número y tamaño de bloques -parches de*

⁸ Fonseca Claudia & Sarmiento Carlos, 2004



vegetación remanente-, número de vías terrestres y singularidad del tipo de paisaje y del tipo de vegetación esperado – potencial-. Cada variable se calculó para cada unidad de paisaje y se analizaron algunos parámetros estadísticos para definir “grupos naturales” en cinco niveles. De acuerdo con los resultados del análisis se estableció una

escala de calificación entre muy alto y poco significativo. La evaluación final para cada unidad dependió del nivel calculado en cada variable.

Las variables seleccionadas, tanto para estado como para presión, se obtuvieron de integrar los datos de cobertura vegetal con los de unidades de paisaje fisiográ-

ficas (geoformas); esto determinó el cálculo para cada polígono. De esta manera, el análisis no generalizaba los resultados para el total del área de estudio y permitía diferenciar unidades fijas de referencia, además estableció tendencias espacio-temporales en las dinámicas de ocupación del espacio. Esto se considera el fin último de un programa de monitoreo en áreas protegidas con grandes procesos de colonización.

Los parámetros de fragmentación se calcularon a través del software FRAG-

STATS; la ubicación de cada unidad de paisaje dentro de las categorías propuestas por la UICN, se hizo de



acuerdo con el nivel obtenido en cada parámetro, de acuerdo con los criterios presentados en la Tabla 17.

Tabla 17

Categorías y criterios para establecer el estado de conservación de un paisaje-ecosistema (Fonseca y Sarmiento, 2004)

Categoría	Sigla UICN	Criterio
Extinto a nivel local	EX	La vegetación natural ha sido totalmente transformada (>95%) y reemplazada por arreglos para uso urbano y/o agropecuario.
En peligro Crítico	CR	La cobertura vegetal transformada está en niveles entre 50 y 80%; existen vías en el interior de la unidad y poblaciones cercanas. El tamaño y número de los fragmentos de hábitat está por debajo de los límites aceptables para el mantenimiento de poblaciones viables.
En peligro	EN	La cobertura vegetal transformada está en niveles entre 20 y 80%; existen vías en el interior de la unidad y poblaciones cercanas; hay varios fragmentos de vegetación natural, pero en tamaños inferiores a 100 Km ² ; la distancia entre fragmentos hace poco probable el movimiento amplio de especies y facilita el aislamiento de poblaciones.
Vulnerable	VU	La transformación de la cobertura natural está entre 5 y 20%, no hay un número considerable de vías pero sí hay tendencia al aumento, de acuerdo con la cercanía de poblaciones de menor tamaño. No existen evidencias de fragmentación o no es considerable.
Casi Amenazado	NT	La cobertura natural está entre el 95 y 98%, no hay evidencia de fragmentación, pero se encuentra bajo un posible frente de ocupación humana. Las unidades vecinas se encuentran en estado vulnerable.
Preocupación Menor	LC	La cobertura natural es superior al 98%, sin fragmentación y su ubicación relativa, así como sus características físicas, hacen posible esperar que no presenten procesos de transformación en el corto plazo.

Los resultados obtenidos de este análisis se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18

Resultados obtenidos del análisis - estado de conservación en un área de la Macarena (Fonseca y Sarmiento, 2004)

Tipo de Indicador	Indicador	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
Estado	Bloques de hábitat	348-554	169-347	81-168	27-80	1-26
	Remanencia total	0-1.500	1.500-5.600	5.600-9.700	9.700-15.500	15.500-35.700
	% de remanencia	0,169-0,264	0,264-0,389	0,389-0,566	0,556-0,742	0,742-1
Presión	Vías terrestres	214-449	105-213	45-104	23-44	1-22
	Poblaciones	8-11	6-7	4-5	2-3	0-1
Estado de conservación	CR	EN	VU	NT	LC	

Los indicadores anteriormente descritos fueron cartografiados para ofrecer un panorama de la distribución espacial de cada uno de ellos, y determinar patrones y tendencias.

Este ejercicio permitió focalizar los esfuerzos de conservación en áreas prioritarias, de acuerdo con los niveles de presión y/o amenaza. No se incluyeron parámetros de distinción biológica,

representatividad o diversidad biológica debido a la falta de información; estas variables serían fundamentales a la hora de escoger áreas para ejecutar proyectos de recuperación.

Zonificación del manejo en el Parque Nacional Natural Pisba⁹

El siguiente ejercicio de análisis del paisaje se realizó en el PNN Pisba.

1. Análisis de fragmentación y conectividad

Este análisis se realizó considerando la totalidad del

paisaje, los tipos de ecosistemas y la cobertura vegetal dentro del ecosistema natural.

Para la totalidad del paisaje se analizaron los índices de diversidad y abundancia según Shannon. El *índice de diversidad* identifica valores iguales o mayores a cero sin límite; el valor se acerca a

cero cuando el paisaje está compuesto por un único parche, y se hace mayor cuando aumenta el número de tipos de parche o cuando es más equitativa la distribución de parches en el paisaje.

El *índice de abundancia* tiene un rango entre 0 y 1. Se acerca a cero cuando el pai-



⁹ UPTC, 2005.

saje tiene un solo parche o cuando una proporción alta del paisaje está dominada por un solo tipo de cobertura, es decir, cuando el parche es la matriz. Se acerca a 1 cuando los parches de vegetación presentan una distribución proporcional sin observarse la abundancia de uno en particular.

La cobertura vegetal, de acuerdo con su génesis y sus

tipos, se analizó teniendo en cuenta la métrica del paisaje. Esta medida tuvo en cuenta las siguientes consideraciones: *número de parches*, *índice de parche mayor -porcentaje del paisaje abarcado por el parche más grande-*, y *tamaño medio del parche*.

El número de parches y el índice de parche mayor definen el grado de compleji-

dad del contorno de los parches en relación con su área-perímetro.

La métrica de fragmentación y los índices de proximidad se refieren a la cercanía de un parche al vecino más cercano de su mismo tipo; mientras la métrica de conectividad o yuxtaposición es la cercanía del parche al vecino más cercano de tipo diferente.

Tabla 19

Resultados del análisis de la métrica para la totalidad del paisaje del PNN Pisba

Métrica	En 1993	En 2003	Observación
Diversidad	3,2641	3,2281	En 2003 se observa una leve disminución respecto a 1993, lo cual indica que para el final de la década en observación, se hace un poco menor el número de parches, esto es, en 2003 el paisaje se observa un poco más homogéneo respecto a 1993.
Abundancia	0,8343	0,8294	En 2003 se observa una leve disminución respecto a 1993, lo cual indica que para el final de la década en observación, la composición del paisaje es un poco más homogénea.

Tabla 20

Resultados del análisis de la métrica para la Cobertura Vegetal por su Génesis (UPTC, 2005)

Índices por Génesis	Cultural		Seminatural		Natural	
	1993	2003	1993	2003	1993	2003
Número de parches	799,00	680,00	1.944,00	1.060,00	1.081,00	1.002,00
Índice de parche mayor	3,39	1,96	7,29	14,25	34,50	26,37
Tamaño medio parches	6,33	6,60	6,37	12,76	15,61	15,91
Índice de forma	1,39	1,39	1,54	1,56	1,52	1,53
Índice de proximidad	486,41	392,80	3.123,20	9.933,48	23.036,48	15.647,91
Índice de yuxtaposición	62,48	68,26	61,53	60,84	31,67	23,71

Tabla 21

Ejemplo de resultado del análisis de la métrica en los tipos de cobertura vegetal en áreas naturales del bioma páramo.

Métricas/Cobertura Vegetal	Subpáramo/ Pastizal cerrado		Subpáramo/ Pastizal matorral		Subpáramo/ Matorral abierto		Subpáramo/ Matorral cerrado		Subpáramo/ Bosque cerrado	
	1993	2003	1993	2003	1993	2003	1993	2003	1993	2003
Número de parches	73,00	51,00	115,00	44,00	719,00	529,00	542,00	496,00	72,00	94,00
Índice de parche mayor	0,09	0,02	0,12	0,04	0,45	1,09	0,59	0,57	0,04	0,04
Tamaño medio parches	3,35	1,28	2,18	2,34	3,84	5,80	4,54	3,79	0,97	1,34
Índice de forma	1,58	1,34	1,45	1,45	1,54	1,57	1,50	1,50	1,37	1,32
Índice de proximidad	56,83	6,77	40,29	11,88	445,97	548,25	248,68	248,74	26,15	18,48
Índice de yuxtaposición	40,90	47,80	35,93	45,52	35,08	31,19	40,59	34,71	33,92	23,61

2. Análisis del estado de conservación

El estado de conservación se define como la relación que hay entre el tipo de génesis y la combinación de métricas del paisaje analizadas para cada tipo de cobertura dentro del área del PNN Pisba.

La calificación del estado de conservación se hace a través de la combinación de letras: una de ellas califica parcialmente el estado de conservación como “alto”, “medio” o “bajo”, según la génesis a la cual pertenezca la cobertura para el año 2003.

El análisis considera que las zonas donde hay cobertura natural están en buen estado de conservación; don-

de hay cobertura seminatural el estado de conservación es medio; y donde hay cobertura cultural el estado de conservación es bajo. Esta calificación está ligada con los objetivos de conservación del área protegida.

La otra letra completa la evaluación del estado de conservación, de acuerdo con el tipo de cobertura del paisaje, considerando la variación de las métricas del paisaje aplicadas a esas coberturas entre 1993 y 2003. La Tabla 22 presenta los criterios de calificación.

Veamos un ejemplo: una cobertura de pastizal - matorral identificada en el 2003 como cobertura cultural, tiene una calificación a través

de la letra “B” (de bajo); esta cobertura se analiza en el cuadro de criterios donde se comparan las métricas del paisaje para los años 1993-2003 (Tabla 21).

Pero si en esta misma cobertura, después de algunos años el número de parches disminuye y el tamaño medio de los parches aumenta, y por otro lado los índices de forma y proximidad disminuyen, la letra que definirá la calificación del estado de conservación será la “M” (de medio) -observe la novena columna de la Tabla 21-. En consecuencia, la cobertura de pastizal-matorral analizada, tendrá una calificación baja-media (BM) para su estado de conservación.

3. Identificación de las áreas prioritarias de preservación y restauración

Las áreas para la preservación (conservación según el estudio) son aquellas cuyas coberturas vegetales se encuentran en buen estado, sus coberturas actuales y potenciales no crean conflicto, y sus estructuras dentro del paisaje les confieren poten-

cialidades por los bajos niveles de fragmentación y alta conectividad.

Las áreas destinadas a la restauración son aquellas cuyas coberturas vegetales se encuentran en mal estado, sus coberturas actuales y potenciales crean conflicto, y sus estructuras dentro del paisaje son débiles por los altos niveles de frag-

mentación y baja conectividad.

Las áreas prioritarias para la preservación y la restauración del PNN Pisba se establecieron mediante la reclasificación de los valores de conservación en las coberturas vegetales representadas en el Parque, atendiendo a los criterios presentados en la Tabla 21.

Tabla 22

Criterios para la clasificación de áreas prioritarias para preservación y restauración

Valor de Conservación	Prioridad de Conservación	Prioridad de Restauración
AA	Muy Alta	
AM	Alta	
AB		
MA	Moderada	
BA		Muy Alta
BM		Alta
BB		
MM		Moderada
MB		

De acuerdo con el análisis del estado de conservación en las coberturas del paisaje, las áreas prioritarias para la preservación son las que tienen valores de conservación -AA, AM, AB y MA-. Estas áreas tienen coberturas vegetales naturales o seminaturales en etapas sucesionales avanzadas, están menos fragmentadas, más conectadas y tienen formas más estables.

Por su parte, las áreas prioritarias para la restauración son las que tienen valores de conservación - BA, BM, BB, MB y MM-. Estas son zonas con coberturas

vegetales seminaturales, y con sucesiones tempranas y culturales.

Zonificación del manejo de un área marina protegida¹⁰

La siguiente propuesta metodológica fue realizada por INVEMAR 2003, para adelantar la zonificación del manejo en un área marina protegida. Su aplicación se hizo en el PNN Corales del Rosario y San Bernardo. Figura 28.

1. Definición de los criterios de zonificación:

A partir de la definición de unidades ecológicas del paisaje, el primer paso fue esta-

blecer los criterios de zonificación de acuerdo con los objetivos específicos del Área Marina Protegida (AMP).

a) Criterios Biofísicos

1) Variedad de ecosistemas:

este criterio estima que la variedad es baja cuando se presentan dos ecosistemas en una misma área, media si se presentan entre tres y cuatro, y alta si hay entre cinco y seis ecosistemas.

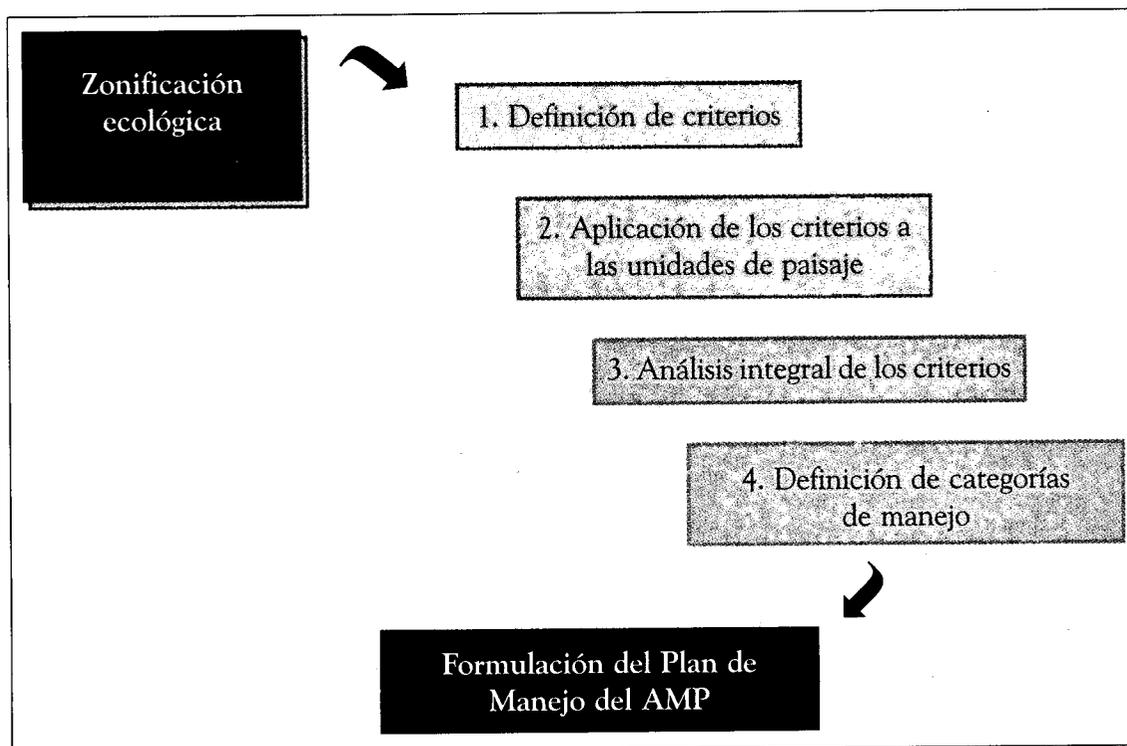
2) Funciones del ecosistema:

son los servicios y el valor ambiental que puede ofrecer un ecosistema, de acuerdo con los procesos ecológicos esenciales que lo sustentan.

¹⁰ Invemar et al 2003.

Figura 28

Etapas de un proceso de zonificación de Áreas Marinas Protegidas y su identificación y delimitación en las posibles categorías de manejo (Invemar, et al. 2003).



Las funciones de los ecosistemas se valoraron por componentes: *físico, ecológico, social y económico*. De acuerdo con su presencia la

calificación es (1), con su ausencia es (0), y en los casos en que un ecosistema tiene una función muy importante para la sostenibilidad

de área y ofrece beneficios sobresalientes para las especies o el hombre, recibió un valor mayor (valoración doble (2)) (ver Tabla 23).

Tabla 23

Valoración de las funciones de los ecosistemas y clasificación del grado de importancia (Invemar, 2003)

Funciones	Físicos							Ecológico				Económicos			Sociales		Total	Grado de importancia
	Control de inundaciones	Filtros biológicos (remoción de materia orgánica)	Control fuerza del oleaje	Estabilización de sedimentos	Regulación de gases	Exportación de nutrientes	Reciclaje de nutrientes	Producción alimento (soporte de redes alimenticias)	Hábitat de especies	Hábitat para cría de especies (salacuna)	Hábitat para desove de especies	Valor recreativo	Valor estético (paisajístico)	Sustento de actividades económicas	Valor cultural existente o potencial	Valor investigativo y educativo		
Ecosistemas																		
Bosque seco	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	13	Medio
Manglar	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	15	Alto
Lagunas	0	1	0	0	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	15	Alto
Ciénagas	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10	Medio
Playas	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	2	1	2	1	0	1	13	Medio
Litoral rocoso	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2	0	1	0	1	8	Bajo
Fondos sedimentarios	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	2	0	1	6	Bajo
Praderas de pastos	0	0	0	2	1	1	1	1	1	2	1	0	0	0	0	1	11	Medio
Arrecifes coralinos	0	0	2	0	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	17	Alto

0: Ausencia

1: Presencia

2: Doble valor de presencia

NA: No aplica

Posteriormente se hizo la sumatoria de las funciones presentes por cada ecosistema, clasificando su importancia de acuerdo con el número mínimo y máximo de funciones presentes. Esta operación permitió establecer tres niveles de importancia: *alta* cuando el ecosistema presenta un rango entre 14 y 17, *media* en un rango entre 10 y 13, y *baja* en un rango entre 6 y 9 funciones.

3) Estado de conservación del ecosistema: es el estado en que se encuentran la vegetación (bosque seco y manglares), y las unidades ecológicas de las áreas corallinas (lagunas costeras, ciénagas y pantanos de man-

glar, playas y litoral rocoso) en la actualidad.

Arrecifes coralinos: a partir del porcentaje relativo en la cobertura de coral vivo, en cada uno de sus hábitat, dentro de cada Unidad Ecológica de Paisaje (UEP), se dieron tres valores de acuerdo con su estado de conservación: *bueno* cuando el porcentaje promedio de cobertura de coral vivo es mayor al 60%, *regular* cuando está entre 30 y 60%, y *malo* cuando el porcentaje es menor del 30%.

Bosque seco y manglar: para este ecosistema se hizo una evaluación proporcional, con base en el grado de intervención antrópica sobre los ecosistemas -tala, uso y manejo de recursos en cada

UEP-. Se establecieron tres niveles de acuerdo con el estado de conservación: *bueno* en áreas donde no hay evidencias de uso y aprovechamiento o la cobertura del bosque ha sido intervenida hasta en un 25%; *regular* cuando la cobertura ha sido intervenida entre el 25% y el 50%; y *malo* cuando ha sido intervenida en más del 50%.

Lagunas costeras, ciénagas y pantanos de manglar: en estos ecosistemas se evaluó el estado de sus características naturales frente a los efectos de la contaminación por residuos sólidos y líquidos, la colmatación de canales de intercambio de agua, la deforestación de la vegetación de borde, la evidencia de sig-

nos de deterioro en los cuerpos de agua -sedimentación de lagunas, deterioro de la vegetación, disminución en los niveles del agua-.

La calificación es *bueno* en sitios donde no es evidente la presencia de efectos contaminantes, ni hay signos de deterioro en los cuerpos de agua; *regular* cuando se registra ocasionalmente contaminación y algunos signos de deterioro en los cuerpos de agua; y *malo* cuando hay registros de efectos contaminantes altos y signos de avanzado estado de deterioro.

Playas y litoral rocoso: estos ecosistemas se evaluaron a partir del grado de alteración ocasionada por procesos erosivos en su estructura y fun-

cionamiento, en cada UEP. Con base en ello se establecieron tres niveles de conservación: *bueno* para los procesos erosivos bajos; *regular* si los procesos erosivos son moderados; y *malo* cuando existen altos procesos erosivos.

4) Hábitat esenciales: estos son los ecosistemas utilizados por la biota, al menos en una etapa crítica de su ontogenia y por las especies o poblaciones de interés especial. Se evalúa de manera cualitativa con las categorías de presencia / ausencia.

5) Nivel de amenaza de los ecosistemas: se define de acuerdo con el grado de impacto ocasionado por las presiones y amenazas potenciales en los hábitat que consti-

tuyen los ecosistemas. Se produce un *alto* nivel de amenaza cuando el impacto es alto y hay amenazas potenciales; *medio* cuando el impacto es medio y hay amenazas potenciales; y *bajo* cuando el impacto es bajo y no se presentan amenazas potenciales.

b) Criterios socioeconómicos

1) Densidad: evalúa el grado de presión antrópica local sobre los recursos de cada UEP. Es *alta* por encima de la densidad de población media en el corregimiento; *media* cuando la densidad poblacional es media; y *baja* por debajo de la densidad media del corregimiento. Este criterio no aplica si la UEP corresponde a cuerpos de agua.

2) **Organización comunitaria:** evalúa la factibilidad de procesos organizativos para la generación de beneficios comunes; está compuesta por dos elementos: receptividad de las comunidades a programas de desarrollo y nivel de organización actual.

3) **Beneficio económico:** evalúa el grado en que la protec-

ción afectará la economía local en el largo plazo. Las áreas donde el esquema de conservación tenga efectos positivos obvios deben tener rangos mayores.

2. Definición de las categorías de manejo

Una vez aplicados los criterios sobre las unidades de paisaje, se hizo un análisis

integral y definieron las categorías de manejo de acuerdo con la valoración que he-cha sobre ellas (ver Tabla 24). En el estudio no se utilizaron las categorías definidas por el decreto 622 de 1977.



Tabla 24

Zonas de manejo en el AMP según valoración de criterios de zonificación (Invemar, 2003)

CRITERIOS ZONAS	Variabilidad de hábitats	Funciones del ecosistema	Estado de conservación del ecosistema	Hábitats esenciales	Nivel de amenaza del ecosistema	Densidad	Organización comunitaria	Beneficio económico
Zona de protección	Alta Media	Alta Media	Bueno Bueno a Regular	Sí/No	Medio Bajo	Baja NA	NA	Alto
Zona de recuperación	Alta Media	Alta Media	Regular a Bueno Regular a Malo	Sí/No	Alto (con posibilidad de control de amenazas)	Media Baja NA	Media Baja NA	Medio
Zona de uso especial	Media Baja	Alta Media Baja	Regular	No	Medio	Media Baja NA	Alta Media Baja NA	Medio
Zona de uso sostenible	Media Baja	Media Baja	Regular Malo	No	Alto Medio	Alta Baja NA	Baja NA	Bajo

Conclusiones

1. La zonificación ecológica del paisaje permite caracterizar integralmente los ecosistemas de las áreas protegidas y sus zonas amortiguadoras.



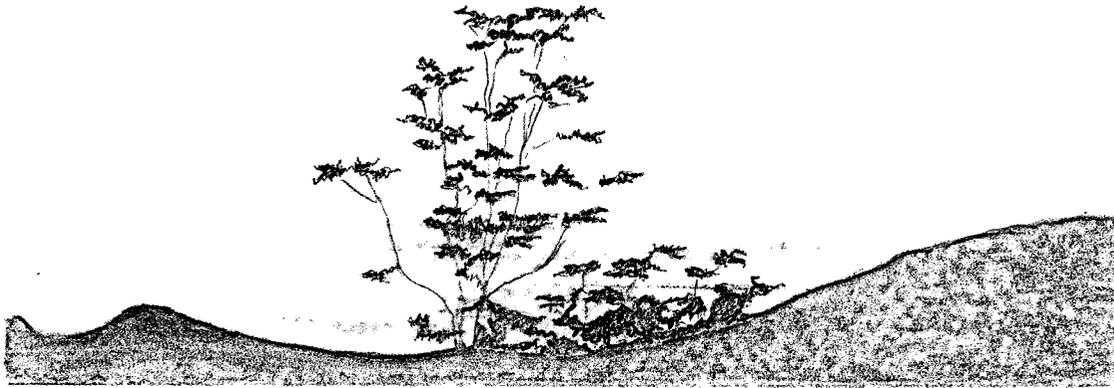
2. La zonificación y caracterización ecológica ayudan a identificar los valores objeto de conservación que definen los objetivos de conservación del área.



3. A través de la zonificación ecológica se pueden identificar espacial y temporalmente las presiones a los valores objeto de conservación, y apoyar la definición de niveles de vulnerabilidad y riesgo sobre ellos a nivel ecosistémico.



4. Involucrar a las comunidades en el proceso de caracterización, en campo, ofrece insumos técnicos para la reconversión de modelos de uso, producción y extracción no sosten-



nibles, y permite ganar legitimidad e implementar procesos efectivos de conservación a través de propuestas de manejo ecosistémico.



5. A partir de la zonificación ecológica se pueden realizar análisis de contexto paisajístico para determinar la representatividad; análisis de conectividad y fragmentación; y evaluaciones del diseño del área protegida.



6. La zonificación ecológica es un insumo para el análisis de integridad ecológica de las áreas.



7. La zonificación ecológica, junto con el análisis de integridad, se constituyen en soportes para elaborar la zonificación y reglamentación del manejo de las áreas protegidas, además de orientar la priorización de acciones de manejo a nivel ecosistémico.



8. La zonificación ecológica es un referente espacial para la estrategia de monitoreo, porque identifica los indicadores de estado y presión, y los niveles de vulnerabilidad y riesgo de los valores objeto de conservación a nivel ecosistémico.



9. En el proceso de caracterización se identifican vacíos de información temática en diferentes escalas de análisis que pueden orientar el desarrollo de planes de investigación.



10. El enfoque ecológico del paisaje apoya la construcción de un sistema de información integrado de componentes biofísicos y culturales.



11. Tener una representación espacial y temporal del paisaje del área protegida y su contexto, permite definir lineamientos en torno a la construcción de redes de conservación local y regional, aportando a la definición de zonas amortiguadoras y sistemas de áreas protegidas.



Bibliografía

- Andrade, A. *Zonificación ecológica como base para el estudio integral del paisaje y la planificación del uso de las tierras.*
- Bermúdez, S. H. Documento conceptual *Ecología del Paisaje*. Documento interno Subdirección Técnica. Unidad de Parques Nacionales. Bogotá D.C. 2001.
- Bermúdez, S. H. *Avances, aspectos conceptuales y metodológicos sobre unidades del paisaje*. Documento interno Subdirección Técnica. Programa de Fortalecimiento Institucional. Unidad de Parques Nacionales. Bogotá D.C. 2003.
- Bernáldez, G. *Ecología y paisaje*. H. Universidad autónoma de Madrid. Blume ediciones. 1981. 250 p.
- Bertalanfy, L. (1968). *Teoría General del Sistemas*. Fondo Cultura Económica. Bogotá D.C., 1994. 311 p.
- Burgos G. P. *Unidades de Paisaje de la Cuenca Alta del Río Quindío*. Corporación Herencia Verde. 2003.

- Camargo, G. *Lineamientos Técnicos para la conservación y la restauración. Una aproximación desde el enfoque ecosistémico*. Documento interno. Subdirección técnica. Unidad de Parques Nacionales de Colombia. Bogotá D.C.. D.C. 2004.
- Chávez, M. E. *La vulnerabilidad de la biodiversidad, variable en la planificación y el manejo de áreas protegidas*. In C. M. Villa (Ed.), *Memorias del V Congreso Interno Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - Áreas Protegidas* - (pp. 73 - 83). Bogotá: Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2002.
- Ciontescu Nicolai A. *Análisis de los procesos recientes de transformación ecosistémica en dos sectores de la zona de amortiguación del Parque Natural Nacional Pisba (1955 - 2001)*. Tesis de Grado Ecología. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Carrera de Ecología. Bogotá D.C. 209 p. 2004.
- Corzo, G. *Información para la planeación y seguimiento de la gestión de la conservación de la biodiversidad «in situ»*. Informe final. Bogotá, Colombia: Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales; Programa de Fortalecimiento Institucional de los Reales Países Bajos - Subprograma 5 & Corpacot.91 p. 2004.
- De Leo, G. A., & Levin, S. *The multifaceted aspects of ecosystem integrity. Conservation Ecology* [online]1(1): 3. Available from the Internet. Retrieved, URL: <http://www.consecol.org/vol1/iss1/art3/.1997>.
- Dinerstein, E. et al. *A conservation assesment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. The international bank for reconstruction and Development/The World Bank , Washington, D.C. 1995.

- Etter, Andrés. Introducción a la Ecología del paisaje. *Un marco de integración para los levantamientos rurales*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de docencia e investigación. Unidad de levantamientos rurales. Bogotá. 88 p. 1991.
- Etter, A. et al, Puinawai y Nukak. *Caracterización ecológica general de dos reservas nacionales naturales de la Amazonia Colombiana*. Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Javeriana. Bogotá. 2001.
- Fandiño-Lozano, M. T. *Framework for Ecological Evaluation Oriented at the Establishment and Management of Protected Areas*. A case study of the Santuario de Iguaque, Colombia. ITC., The Netherlands, 195 p. 1996.
- Fandiño-Lozano, M. T. *Introducción a la Ecología del Paisaje*. Notas de clase. CIDER. Universidad de los Andes. 1995.
- Flórez, Antonio. *Colombia: evolución de sus relieves y modelados*. Universidad Nacional de Colombia. Unibiblos. Bogotá D.C. D.C. 238 p. 2003.
- Forman t., R. *Land Mosaics*. (1997). *The Ecology of landscapes and regions*. Harvard University. Cambridge University Press. 628 p.
- Fonseca, C. *Análisis territorial por unidades de paisaje de las áreas protegidas del Área de Manejo Especial de La Macarena*. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Dirección Territorial Amazonia-Orinoquia; Programa de Fortalecimiento Institucional de los Reales Países Bajos. Bogotá D.C. 2004.
- Fonseca, C. y Sarmiento, C. *Evaluación del estado de conservación de un sector del Área de Manejo Especial de la Macarena*. Documento interno de trabajo. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Dirección Territorial Amazonia-

- Orinoquia; Programa de Fortalecimiento Institucional de los Reales Países Bajos. Bogotá D.C., 2004.
- Franco, A. M., Múnera, C., Romero, M., Baptiste, M. P., & Rodriguez, A. (-). *Identificación de prioridades de conservación de fauna (aves y mamíferos) de la jurisdicción de la CVC*. Colombia: Informe final Línea de investigación especies focales - Convenio No. 080 CVC - IAvH.52 p.
- Fundación Biocolombia. *Diseño de estrategias, mecanismos e instrumentos requeridos para la puesta en marcha del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas*. Informe Final. Bogotá, Colombia: Fundación Biocolombia - Unidad de Parques Nacionales Naturales. 2000.
- Hernández C., J. y Sánchez PH. *Biomasa Terrestres de Colombia*. Nuevos Parques Nacionales de Colombia, Inderena, 1990.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. *Revista Informativa del proyecto SIG-Pafc*. año 3. Numero 12. 160 p. 1996.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. *Paisajes Fisiográficos de Orinoquia y Amazonía ORAM*. 1999.
- Instituto de investigación e información geocientífica, Minero-ambiental y nuclear. Ingeominas.. *Introducción a la geología con ejemplos de Colombia*. Bogotá D.C. 2001.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. *Informe Nacional sobre el estado de la Biodiversidad 1997*. Colombia editado por Maria Elfi Chaves y Natalia Arango. Santa fe de Bogotá D.C.: Instituto Humboldt, PNUMA, Ministerio del Medio Ambiente. vol 1. 1998.

- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. *Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica y Protocolo de Cartagena sobre seguridad en la Biotecnología*. Santa fe de Bogotá D.C.: Instituto Humboldt. 99p. 2000.
- Instituto Humboldt. *Representatividad de ecosistemas protegidos a nivel Nacional* (Fuente: Mapa de Ecosistemas, Andrés Etter, 1998). Bogotá: Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos. Alexander von Humboldt. Documentos PDF a nivel nacional y por área protegida. 2003.
- INVEMAR – Unidad de Parques Nacionales Naturales – CARDIQUE - EPA CARTAGENA - DIMAR. *Elaboración de un Modelo de Desarrollo Sostenible para los archipiélagos de Nuestra Señora del Rosario y San Bernardo*. Informe técnico. Resolución del MAVDT número 456 de 2003. 256 p. anexos. 2003.
- Junta de Andalucía. Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos. Consejería de Medio Ambiente. Retrieved, 29-05-2004, http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/documentos_tecnicos/integra_territorial/integterri.htm. 2002.
- Kay, J. J. *On the Nature of Ecological Integrity: Some Closing Comments*. In S. Woodley & J. Kay & G. Francis (Eds.), *Ecological Integrity and the Management of Ecosystems* (pp. 210-212.). Delray, Florida: St. Lucie Press. 1993.
- Matallana, C. L., Arango, N., & Puyana, J. *Representatividad: un análisis del grado de protección de la biodiversidad en áreas protegidas*. In C. M. Villa (Ed.), *Memorias del V Congreso Interno Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - Áreas Protegidas* - (pp. 73 - 83). Bogotá: Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2002.

- Montenegro, M.I. (2005a). *Análisis de Integridad Ecológica. Marco conceptual y metodológico. Informe de avance I (Julio, 2005)*. CORPACOT - Programa de fortalecimiento institucional – embajada real de los Países Bajos. Unidad de Parques Nacionales Naturales (Subdirección Técnica). Bogotá, D.C. – Colombia. 100 p.
- Montenegro, M.I. *Análisis de Integridad Ecológica. Marco conceptual y metodológico. Informe de avance II (Septiembre, 2005)*. CORPACOT - Programa de Fortalecimiento Institucional-Embajada Real de los Países Bajos – Unidad de Parques Nacionales Naturales (Subdirección Técnica). Bogotá D.C. D.C. 100 páginas. 2005b
- Noss, R. F. *Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach*. Citado en Rozzi, R et. al. 2001, ¿Qué es la diversidad biológica? In R. Primarck & R. Rozzi & P. Feinsinger & R. Dirzo & F. Massardo (Eds.), *Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas* (First Edition ed., pp. 61). México: Fondo de Cultura Económica. 1990.
- Olarte Z. Dora, et al. *Luz de América: Comunidad y Biodiversidad Amazónica*. Centro Internacional para la Investigación Forestal. <http://www.cifor.cgiar.org>. Subur Printing, Indonesia. 90 p. 2003.
- Ospina, M. *Análisis situacional de las áreas del sistema de parques nacionales naturales de Colombia*. Documento metodológico. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Programa de Fortalecimiento Institucional. Subdirección Técnica. Bogotá D.C., D.C. 18 p. 2003.
- Pardo, P. M., & Bermúdez, H. *Ajustes al análisis de amenazas de los objetivos de conservación de las áreas del Sistema de Parques Nacionales*. Bogotá, D. C.: Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales - Ministerio del Medio Ambiente. 17 p. 2003.

- Pardo, P. M. *Guía técnica para la construcción de planes de manejo de los Parques Nacionales de Colombia*. Subdirección Técnica. Programa de Fortalecimiento Institucional. 2005.
- Pinilla H. M.C. *Uso del Paisaje en el sector sur del Parque Nacional Natural Amacayacu (Amazonas-Colombia)*. Trabajo de Grado. Carrera de Ecología. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C.. D.C. 76 p. 2002.
- Phillips, A. *Management Guidelines for IUCN Category V. Protected Areas: Protected Landscapes/Seascapes*. IUCN Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 122 p. 2002.
- Poiani, K., & Richter, B. *Paisajes funcionales y la conservación de la biodiversidad*. Documentos de trabajo para la ciencia de la conservación. The Nature Conservancy, No. 1, 12 p. 2000.
- Primarck, R., Rozzi, R., Feinsinger, P., Dirzo, R., & Massardo, F. *Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas (First Edition ed.)*. México: Fondo de Cultura Económica. 796 p. 2001.
- Restrepo, H. *Identificación y Priorización de objetos de conservación para las áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales*. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Programa de Fortalecimiento Institucional. Subdirección Técnica. Bogotá D.C., 39 p. 2003.
- Rodríguez N., Armenteras D., Morales M. y Romero M. *Ecosistemas de los Andes Colombianos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá D.C. Colombia. 155 p. 2004.
- Rojas A. Alberto. *El Ordenamiento Ambiental del Territorio y la Estrategia de Sistemas Sostenibles para la Conservación*. En *Conceptos y Metodología*. Proyecto de Desarrollo Sostenible Ecoandino. Programa Mundial de Alimentos. Parques Nacionales de Colombia. Tomo 1. p. 407- 430. Bogotá D.C., 2005.

- Romero M., Galindo G., Otero J., Armenteras, D. *Ecosistemas de la Cuenca del Orinoco Colombiano*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá D.C. Colombia. 189 p. 2004.
- Romero M., Sua S. *Metodología para la definición de ecosistemas. Indicadores de Seguimiento a la política de biodiversidad de la Amazonia Colombiana*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá D.C. Colombia. 50 p. 2002.
- Rozzi, R., Feinsinger, P., Massardo, F., & Primarck, R. *¿Qué es la biodiversidad?* In R. Primarck & R. Rozzi & P. Feinsinger & R. Dirzo & F. Massardo (Eds.), *Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas* (Primera Edición ed., pp. pp. 59 - 76). México: Fondo de Cultura Económica. 2001.
- Valdés L. Cesar. *Ecología del Paisaje. Aspectos conceptuales y metodológicos para levantamientos integrales*. Departamento de Biología. Unidad de Ecología y Sistemática. Universidad Javeriana. Bogotá D.C. 1999.
- Villa, A.. *Documentos del curso de Ecología del paisaje*. Instituto de Estudios Ambientales. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C. 2003.
- Villáreal H. M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A.M. Umaña. *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá. Colombia. 2004. 236 p. 2004.
- Villota, H. El Sistema CIAF de clasificación fisiográfica del terreno. *Revista CIAF*, volumen 13, No. 1. Bogotá D.C. 1992.
- Villota, H. 1991. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Instituto Geografico Agustín Codazzi. Bogotá D.C.

- Vreugdenhi, D. *Protected Areas System Planning and Monitoring*. Unpublished PhD Thesis, Wageningen University, 135 p. 2003.
- TNC. *Esquema de las cinco S para la conservación de sitios*. Manual de planificación para la conservación de sitios y la medición del éxito en conservación. The Nature Conservancy. Retrieved 26-06-05, conserveonline.org/2000/11/b/sp/PCS_V1_julio_01.pdf –2000.
- UICN. 5 Congreso Mundial de Parques. Durban, Sudáfrica. *El Plan de acción de Durban*. 2003. 43 p.
- Unidad de Parques Nacionales Naturales. *Política de Consolidación del Sistema de Parques Nacionales Naturales «Participación Social para la Conservación»*. Bogotá, Colombia: Ministerio del Medio Ambiente. 56 p. 2001.
- Unidad de Parques Nacionales Naturales. *Documento conceptual sobre planes de manejo*, subdirección técnica. Documento interno. 2002a.
- Unidad de Parques Nacionales Naturales. *El Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Conceptos y Estrategia*. 77 p. 2002b.
- Unidad de Parques Nacionales Naturales. 2003. Evaluación indicativa del proceso de formulación de planes de manejo. Subdirección técnica. Documento Conceptual Chequeo de la Ruta de Planificación. Documento interno.
- Unidad de Parques Nacionales Naturales. *Plan de Manejo del PNN Corales del Rosario*. Documento interno. Subdirección Técnica. Bogotá D.C. Colombia. 2005a.
- Unidad de Parques Nacionales Naturales. *Plan de Manejo del PNN Farallones de Cali*. Documento interno. Subdirección Técnica. Bogotá D.C. Colombia. 2005b.
- Unidad de Parques Nacionales Naturales *Plan de Manejo del PNN Gorgona*. Documento interno. Subdirección Técnica. Bogotá. Colombia. 2005c.

- Unidad de Parques Nacionales Naturales. *Plan de Manejo del PNN Nevado del Huila*. Documento interno. Subdirección Técnica. Bogotá D.C. Colombia. 2005d.
- Unidad de Parques Nacionales Naturales. *Plan de Manejo del PNN Sanquianga*. Documento interno. Subdirección Técnica. Bogotá D.C. Colombia. 2005e.
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC. *Grupo de Estudios en Sistemas Andinos GESA. Caracterización Ambiental del PNN Pisba y su montaje en un SIG*. Tunja. 456 p. 2005.
- Van Wyngaarden, W., & M. Fandiño - Lozano. *Parque Nacional Los Nevados. Un caso de selección y zonificación de áreas de conservación biológica*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo. Departamento de Ecología y Territorio -Ideade Det. Javegraf. 2002.
- Villota, H. *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de docencia e investigación. Bogotá D.C. 211 p. 1991.
- Villota, H. *El Sistema CIAF de clasificación fisiográfica del terreno*. Revista CIAF. Volumen 13. No. 1. IGAC. Bogotá D.C., 1992.
- Zambrano, H.. *Análisis Integrado del paisaje*. En Conceptos y Metodología, capítulo 7. Proyecto de Desarrollo Sostenible Ecoandino. Programa Mundial de Alimentos. Parques Nacionales de Colombia. Tomo 1. p. 407- 430. Bogotá D.C., 2005.
- Zev, N. y Lieberman. A. *Landscape Ecology. Theory and Application*. Segunda edición. Springer-Verlag. 338 p. 1994.
- Zonneveld, I. *The land unit - A fundamental concept in landscape ecology, and its applications*. Landscape Ecology vol. 3 no. 2 pp 67-86. 1989.